

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

# ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ  
XII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
ПОСВЯЩЕННОЙ 160-ЛЕТИЮ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ  
(Гомель, 24–25 ноября 2022 г.)

Часть 2

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2022

УДК 656.08  
ББК 39.18  
П78

Редакционная коллегия:

**Ю. И. Кулаженко** (отв. редактор), **Ю. Г. Самодум** (зам. отв. редактора),  
**А. А. Ерофеев** (зам. отв. редактора), **Т. М. Маруняк** (отв. секретарь),  
**К. А. Бочков, Т. А. Власюк, И. А. Еловой, П. В. Ковтун, Д. В. Леоненко,**  
**В. Я. Негрей, В. М. Овчинников, А. А. Поддубный, А. В. Пигунов, А. О. Шимановский**

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **В. В. Кобищанов**  
(Брянский государственный технический университет);  
доктор технических наук, профессор **Ю. О. Пазойский**  
(Московский государственный университет путей сообщения)

**Проблемы безопасности на транспорте** : материалы XII Междунар.  
П78 науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. (Гомель, 24–25 ноября  
2022 г.) : в 2 ч. Ч. 2 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь,  
Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. –  
Гомель : БелГУТ, 2022. – 447 с.  
ISBN 978-985-891-071-6 (ч. 2)

Рассматриваются теоретические и организационно-технические основы обеспечения безопасности транспортных систем; пути повышения безопасности и надежности подвижного состава и систем электроснабжения; информационная и функциональная безопасность систем автоматики, телемеханики и связи; энергетическая и экологическая безопасность транспорта; вопросы безопасности транспортной инфраструктуры; надежности и безопасности зданий и сооружений; безопасности пассажирских перевозок; естественные науки в обеспечении безопасности транспортных систем; экономическая безопасность транспортных систем; транспортная безопасность при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций.

Для ученых, преподавателей учебных заведений транспортного профиля, научных и инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектных организаций, предприятий и учреждений транспорта и строительства.

**УДК 656.08**  
**ББК 39.18**

ISBN 978-985-891-071-6 (ч. 2)  
ISBN 978-985-891-069-3

© Оформление. БелГУТ, 2022

## **УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!**

*Приветствую вас на XII Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте».*

*Безопасность транспортной деятельности неразрывно связана как с жизнью каждого человека, так и с деятельностью каждой организации.*

*Транспортная система Республики Беларусь является не только эффективной и технологичной, но и одной из самых безопасных в мире. За последнее время количество происшествий на объектах транспорта, повлекших причинение вреда жизни и здоровью человека, неуклонно сокращается.*

*В этом есть безусловная заслуга и участников данной конференции, которая проводится на базе Белорусского государственного университета транспорта уже на протяжении многих лет.*

*Стремительно меняющаяся международная обстановка порождает появление новых вызовов и угроз, на которые транспортная система должна реагировать. Наряду с традиционной повесткой конференции, связанной с вопросами надежности и безопасности транспортной системы, подвижного состава и объектов инфраструктуры, все большее внимание уделяется вопросам обеспечения экономической безопасности, защиты от киберугроз.*

*Совокупность исследований, выполненных научным сообществом в тесном взаимодействии со специалистами транспортного комплекса, позволяет переходить от решения отдельных локальных задач к формированию новых инициатив. Подтверждением тому является проведение по инициативе министерства ряда диалоговых площадок по актуальным вопросам совершенствования транспортного законодательства.*

*Желаю участникам конференции конструктивного диалога и совместной плодотворной работы, направленной на принятие конкретных решений по дальнейшему повышению безопасности на транспорте.*

**А. Н. АВРАМЕНКО,**  
**Министр транспорта и коммуникаций**  
**Республики Беларусь**

## **УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ, ДОРОГИЕ ГОСТИ!**

*Проходящая сегодня в Белорусском государственном университете транспорта XII Международная научно-практическая конференция «Проблемы безопасности на транспорте» носит символический характер, поскольку приурочена к 160-летию Белорусской железной дороги, а также имеет важное прикладное значение.*

*Современные интеграционные процессы на евразийском и постсоветском пространстве, в том числе в рамках Союзного государства и ЕАЭС, усиливают значимость транспортного потенциала страны. В складывающихся условиях обеспечение безопасности, недопущение нанесения вреда транспортной инфраструктуре являются первостепенными задачами государства. Более того, вопросы безопасного и эффективного функционирования транспортных систем и инфраструктуры государства, его информационная и функциональная защищенность приобретают исключительное значение.*

*В ходе разработки новой редакции Концепции национальной безопасности этим вопросам уделено особое внимание. Надежное и устойчивое функционирование национальных систем и инфраструктур, в том числе и транспортной, отнесено к основным национальным интересам Республики Беларусь, а нарушение безопасности их функционирования – к основным угрозам.*

*Актуальность и значимость мероприятия для профильных специалистов и ученых в различных сферах обусловлена трансформацией всего спектра рисков, вызовов и угроз национальной безопасности Беларуси и необходимостью постоянного совершенствования подходов по вопросам обеспечения безопасности транспортной инфраструктуры страны. В данном контексте видится актуальной и своевременной необходимостью разработки Закона Республики Беларусь «О транспортной безопасности».*

*Цель сегодняшнего мероприятия – детально обсудить с привлечением авторитетных ученых, экспертов и практиков наиболее важные организационно-правовые и научно-прикладные вопросы обеспечения безопасности критически важных систем и инфраструктур, выработать научно обоснованные рекомендации по совершенствованию механизмов их защиты.*

*Уверен, что конференция пройдет в деловой, творческой и конструктивной атмосфере, направленной на поиск новых решений.*

*Желаю участникам форума активной и плодотворной работы, а также конкретных практических результатов!*

**П. Н. МУРАВЕЙКО,**  
*первый заместитель Государственного секретаря  
Совета Безопасности Республики Беларусь,  
кандидат военных наук, генерал-майор*

## **УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!**

*От имени организационного комитета XII Международной научно-практической конференции «Проблемы безопасности на транспорте» приветствую вас, желаю успешной работы, плодотворного обсуждения вопросов безопасности на транспорте.*

*Конференция проводится в период 160-летия Белорусской железной дороги и посвящена этому знаменательному для нашего университета событию.*

*Белорусская железная дорога являлась одним из инициаторов проведения в университете ежегодной конференции «Проблемы безопасности на транспорте» и продолжает оказывать всемерную поддержку университету в её организации и проведении. Такое сотрудничество, активный диалог между наукой и производством по проблемам безопасности позволяет сформулировать новые подходы и найти эффективные решения актуальных задач безопасности транспортного комплекса.*

*Выполнение научно-исследовательских работ по транспортной тематике всегда являлось одним из приоритетных направлений деятельности ученых и специалистов Белорусского государственного университета транспорта. В тесном сотрудничестве со специалистами Белорусской железной дороги учеными БелГУТа решаются вопросы экономической, энергетической, экологической безопасности транспортных систем, надежности и безопасности подвижного состава, транспортной инфраструктуры.*

*Выражаю уверенность, что обмен мнениями по этим и другим вопросам, активное сотрудничество специалистов в различных направлениях деятельности позволят найти взвешенное, комплексное решение многих важнейших задач в области безопасности на транспорте.*

*В очной и дистанционной формах работы 10 секций конференции принимает участие около 500 докладчиков. Проведение конференции мы рассматриваем как возможность ознакомить участников с творческими достижениями специалистов и ученых вузов и научно-исследовательских институтов, установить новые контакты, оказать помощь транспортным и другим организациям в решении различных научно-технических задач.*

*Благодарю вас за участие в работе нашей конференции и желаю всем успехов в решении научных и производственных задач, личного счастья, крепкого здоровья, безопасного настоящего и будущего!*

**Ю. И. КУЛАЖЕНКО,**

*председатель организационного комитета конференции,*

*ректор Белорусского государственного университета транспорта,*

*доктор физико-математических наук*

## 6 НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 669.14.018.294.2

### НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В СТАЛЯХ, ОБРАБОТАННЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

*Ш. П. АЛИМУХАМЕДОВ, Н. К. ТУРСУНОВ, О. Т. ТОИРОВ*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Редкоземельные элементы (РЗМ, или R) – церий, лантан, неодим и другие обладают большим сродством к кислороду (большем, чем у алюминия) и к сере; образуют тугоплавкие оксиды и сульфиды:  $\text{Ce}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CeS}$ ,  $\text{Ce}_3\text{S}_4$ ,  $\text{Ce}_2\text{S}_3$ . В сталь РЗМ вводят в виде мишметалла, в котором содержится примерно 50 % Ce, или в виде ферроцерия.

Термодинамический анализ взаимодействия РЗМ с кислородом и серой в стали показал, что образования оксидов, оксисульфидов и сульфидов зависит от величины отношения  $[\text{O}]/[\text{S}]$ . Если это отношение равно примерно единице, образуется оксид  $\text{R}_2\text{O}_3$ ; при  $[\text{O}]/[\text{S}] < 0,1$  возможно выделение оксисульфидов  $\text{R}_2\text{O}_2\text{S}$ ; только менее окисленной ( $[\text{O}] < 0,01[\text{S}]$ ) стали возможно образование сульфидов  $\text{R}_2\text{S}_3$ , а затем  $\text{R}_3\text{S}_4$  и  $\text{RS}$ .

С целью экономии дорогостоящих РЗМ и уменьшения количества неметаллических включений, сталь предварительно раскисляют и понижают  $[\text{S}] < 0,015 \%$ .

РЗМ взаимодействуют не только с растворенным кислородом, но и с оксидами  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , восстанавливая их или образуя комплексные оксиды.

Подробные исследования изменения природы включений с увеличением добавок РЗМ показали, что уже при 0,01%-ном остаточном содержании РЗМ в металлическом расплаве начинается восстановление глинозема, образуя оксиды типа  $\text{RAl}_{11}\text{O}_{18}$ . С увеличением добавки РЗМ уменьшается количество  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , образуются  $(\text{R},\text{Al})_2\text{O}_3$ . При содержании РЗМ  $> 0,02 \%$  появляются оксисульфиды  $\text{R}_2\text{O}_2\text{S}$ , окруженные оболочкой сульфида  $\text{R}_x\text{S}_y$ . В стали с РЗМ  $> 0,03 \%$  глинозем отсутствует, образуются глобулярные двухфазные оксисульфиды  $\text{R}_2\text{O}_2\text{S} \cdot \text{RS}$  и сульфиды  $\text{RS}$ . Однако некоторые исследователи считают, что при вводе 0,06 % РЗМ в стали содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составляет примерно 10 % от общего количества оксидных неметаллических включений и только при 0,12 % РЗМ оксид алюминия практически отсутствует.

Во многих работах указывается, что в стали с небольшим количеством РЗМ ( $[\text{R}]/[\text{S}] < 3$ ) образуются комплексные сульфиды  $(\text{Mn}, \text{Ce})\text{S}$  или  $(\text{Ce}, \text{Mn})\text{S}$ . Уже при малом содержании церия в сульфиде  $\text{MnS}$  деформируемость стали существенно понижается; наряду с однофазными комплексными сульфидами образуются двухфазные сульфиды: сульфид  $\text{MnS}$  со светлой оболочкой сульфида церия. Когда величина  $[\text{R}]/[\text{S}] > 3$ , кристаллы глинозема не наблюдаются, не обнаруживается алюминий и в оксисульфидах; в сульфидах отсутствует марганец, т.е. комплексные сульфиды не образуются.

Большинство исследователей утверждают, что РЗМ являются десульфуратором стали, что их добавка приводит к значительному понижению содержания серы. Другие исследователи считают, что сера и РЗМ продолжительно сохраняются в жидкой стали после ввода РЗМ. Это возможно связано с неуспешными всплыть сульфидами РЗМ, свидетельством тому могут служить хлопьевидные скопления включений в поверхностной зоне слитков; однако, по-видимому, значительная часть введенного РЗМ некоторое время остается в жидкой стали в растворенном состоянии.

В слитках стали с РЗМ часто наблюдается значительная неоднородность в распределении серы и РЗМ по высоте: малое содержание в верхней части и очень большое в нижней, в конусе осаждения. Появление конуса осаждения зависит от содержания серы и количества введенного РЗМ, а именно от величины отношения  $[\text{R}]/[\text{S}]$ . Многими исследованиями показано, что при  $[\text{R}]/[\text{S}] > 3$  в стали не образуются сульфиды  $\text{MnS}$  и оксиды  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Все образующиеся включения представляют собой глобулярные сульфиды и оксисульфиды РЗМ, равномерно распределенные по сечению слитка. Однако, если это отношение становится больше 6, в слитке создается значительная химическая неоднородность: в нижней

части образуется конус осаждения с большим скоплением неметаллических включений – оксидов и оксисульфидов РЗМ. Хлопьевидные скопления содержащих РЗМ включений в поверхностном слое слитка и непрерывнолитой заготовки наблюдаются и при вводе небольших количеств РЗМ. Эта неоднородность распределения включений приводит к значительному понижению свойств литой стали.

В некоторых работах показано, что условие  $[R]/[S] = 3 \dots 6$  является необходимым, но не достаточным для равномерного распределения сульфидов РЗМ в слитке; для этого необходимо еще, чтобы  $[R] \cdot [S] \leq (1,0 \dots 1,5) \cdot 10^{-4}$ . Эти два условия графически представлены на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, эти условия определяют область составов сталей по РЗМ и сере, в слитке которых не образуется конус осаждения включений, а глобулярные сульфиды и оксисульфиды РЗМ равномерно располагаются по всему сечению слитка. Однако эта область определена для сталей с малым содержанием серы, меньше 0,01 %. В случае больших содержаний серы конус осаждения, по-видимому, образуется и при отношении  $[R]/[S] < 3$ .

Большое скопление сульфидов и оксисульфидов РЗМ в конусе осаждения наблюдали многие исследователи. Эти включения овальные и разнообразной неправильной формы (рисунк 2).

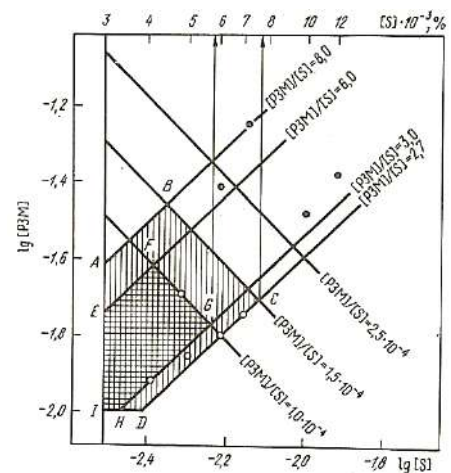


Рисунок 1 – «Зона РЗМ» для низкоуглеродистой стали



Рисунок 2 – Форма неметаллических включений (НВ) в конусе осаждения слитка: а –  $\times 100$  и б –  $\times 600$  не травлено; в –  $\times 200$  травлено пикратом натрия

Как видно из рисунка 2, нередко НВ объединяются в разветвленные образования (см. рисунок 2, а). При большом увеличении видно, что включения, как правило, двухфазные: состоят из серой сердцевинки и темной или оранжевой (при повышенных добавках РЗМ) оболочки (см. рисунок 2, б). Очень важно то, что скопления включений в конусе осаждения располагаются в междуветвиях дендритов аустенита. При небольших увеличениях это хорошо видно и на нетравленных шлифах и отчетливо после травления пикратом натрия (см. рисунок 2, в).

#### Список литературы

- 1 **Турсунов, Н. К.** Повышение качества стали за счёт применения редкоземельных металлов / Н. К. Турсунов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 нояб. 2021 г.: в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2021. – Ч.1. – С. 156–158.
- 2 **Kayumjonovich, T. N.** The metal refining problem and technical solutions for the active slag formation in induction furnaces / T. N. Kayumjonovich, O. T. Toirov, R. V. Zokirov // Web of Scientist : International Scientific Research Journal. – 2022. – Vol. 3, no. 5. – P. 1755–1760.
- 3 **Турсунов, Н. К.** Повышение качества стали, используемой для изготовления литых деталей подвижного состава, за счет применения модификаторов / Н. К. Турсунов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 нояб. 2021 г.: в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2021. – Ч.1. – С. 160–162.
- 4 **Турсунов, Н. К.** Исследование и совершенствование режимов рафинирования стали в индукционных печах с целью повышения качества изделий / Н. К. Турсунов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 нояб. 2021 г.: в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2021. – Ч.1. – С. 153–156.
- 5 **Тоиров, О. Т.** Совершенствование технологии выпечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // Universum: технические науки. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 4–2 (97). – С. 65–68.

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДОК И ДЕФОРМАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Е. К. АТРОШКО, И. П. ДРАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Опыт по строительству зданий и сооружений и наблюдений за их состоянием показал, что все они в той или иной степени подвергаются осадкам и деформациям, основной причиной которых является деформация грунта в основании сооружения под действием вертикальной нагрузки от его веса. При этом перемещение сооружения вниз называется осадкой, а перемещение в сторону сдвигом.

Различают осадки равномерные, когда сооружение всеми своими частями оседает на одну и ту же величину, и неравномерные. Равномерные осадки не снижают прочности и устойчивости сооружения, однако большие по величине равномерные осадки могут привести к нарушению технологического процесса эксплуатации сооружений [1]. Более опасные в этом отношении являются неравномерные осадки. Даже небольшие по величине, они могут вызывать, например, расстройство механизма лифта для высотных зданий, а также перенапряжение в отдельных несущих конструкциях. Неравномерные осадки вызывают такие виды деформаций, как крен сооружения, или его наклон; перекося конструкций; прогиб фундамента сооружения и кручение здания. Обычно неравномерную осадку выражают в виде отношения разности осадок точек к расстоянию между ними.

Современный этап строительства характеризуется появлением объектов, которые отличаются высокой чувствительностью к осадкам, например, высотные здания, атомные станции и другие инженерные сооружения. С точки зрения нормального режима технологического процесса эксплуатации такие объекты требуют постоянного наблюдения за стабильностью взаимного положения отдельных элементов оборудования, составляющих единую технологическую схему. Поэтому для определения величин осадок и деформаций таких сооружений организуются натурные наблюдения, которые могут проводиться как геодезическими, так и негеодезическими методами. Обычно негеодезическими методами измеряют величины относительных осадок или деформаций. Приборы для таких измерений устанавливают на самом сооружении. К таким приборам относятся клинометры, щелемеры, деформетры и др. Однако основными методами для измерения осадок являются геодезические. Они позволяют определить не только относительные перемещения точек, но также их абсолютную величину по отношению к неподвижным знакам геодезической основы. К геодезическим относятся: геометрическое, тригонометрическое и гидростатическое нивелирования [2].

Метод гидростатического нивелирования позволяет определить превышения с высокой точностью, порядка 0,1 мм, что позволяет автоматизировать процесс наблюдений. Однако он может использоваться лишь в помещениях с хорошими метеорологическими условиями. Это является существенным недостатком этого способа, ограничивающего его широкое применение на практике.

Метод тригонометрического нивелирования применяется для определения вертикальных смещений открытых и труднодоступных точек сооружений. Точность данного метода ниже точности геометрического и гидростатического нивелирования, поэтому он используется сравнительно редко.

Метод геометрического нивелирования является наиболее распространенным из геодезических методов определения осадок. Основным его достоинством является высокая точность и простота в производстве работ, позволяющая при помощи одного комплекта приборов проводить измерения для любого количества доступных точек на сооружении в любых погодных условиях. Методика геометрического нивелирования при наблюдениях за осадками имеет ряд особенностей. Такие факторы как вибрации от работы машин и транспортного движения, неравномерная освещенность помещения, потоки нагретого воздуха затрудняют работу и снижают точность измерений. Специфика измерений состоит также и в том, что необходимо определить осадки точек сооружения, расположенных на расстоянии от 10 до 30 м друг от друга.



Именно поэтому при наблюдениях за осадками применяют нивелирование с короткими плечами. Это обстоятельство должно было бы привести к увеличению средней квадратической погрешности в превышениях на 1 км нивелирного хода, однако этого не происходит, так как при нивелировании короткими лучами повышается точность отсчета по рейке и ослабляет влияние ошибок от внешних условий (рефракции, конвекции). Таким образом, точность геометрического нивелирования короткими лучами зависит от длины луча визирования и числа измеренных превышений на станции.

Общая схема определения осадок деформаций сооружений с помощью метода геометрического нивелирования состоит из следующих этапов:

1 Создание геодезической сети, состоящей из точек, закрепленных на сооружении (осадочных марок) и исходных реперов высотной основы, заложенных вне зоны оседания сооружения.

2 Периодическое измерение превышений между точками сети методом геометрического нивелирования.

3 Оптимальное определение осадок и деформаций сооружений по результатам измерений.

На первом этапе при создании геодезической сети, осадочные марки закрепляются обычно в местах наиболее чувствительных к неравномерным осадкам. Что касается размещения исходных высотных реперов, то их располагают на расстоянии до 100 м от сооружения, чтобы иметь возможность передать с него отметки при помощи 1–2 стоянок нивелира при длине луча визирования не более 30 м.

На втором этапе между точками геодезической сети прокладывают ходы геометрического нивелирования (замкнутые или разомкнутые), причем длина луча визирования между осадочными марками составляет в среднем 10–20 м. Нивелирование производится периодически (по циклам). Расхождение между величиной одноименных превышений в начальном и текущем циклах и является основной измерительной информацией о происходящих осадках.

Задачей третьего этапа является определение величин осадок и деформаций сооружений и оценки их точности по результатам геодезических измерений. Для этого выполняется уравнивание нивелирного хода по методу наименьших квадратов. При этом имеется два возможных варианта решения. В первом способе в начале определяют высоты осадочных марок в каждом цикле наблюдений, а затем уже вычисляют осадки точек, как разности высот осадочных марок. Во втором способе осадки точек определяют непосредственно по разностям измеренных превышений в двух циклах наблюдений.

Анализируя два способа, следует отметить, что если геометрия геодезической сети и точность измерения превышений от цикла к циклу не меняется, то оба способа определения осадок дают одинаковый результат. Если же в схеме сети или точность измерений от цикла к циклу происходят изменения, то преимущество в точности получает первый способ по разности уравниваемых высот в каждом цикле измерений. Основной причиной этого является то обстоятельство, что в случае определения осадок точек по разностям превышений происходит потеря измерительной информации (вместо  $2n$  превышений используется лишь  $n$  их разностей при уравнивании вторым способом), что приводит уменьшению точности определения осадок и деформаций сооружений.

Таким образом, метод геометрического нивелирования является наиболее надежным и оптимальным способом определения величин осадок и их разностей.

Данный метод был использован авторами при геодезических наблюдениях за осадками и деформациями сооружений на некоторых промышленных и гражданских объектах Гомельской области.

#### Список литературы

1 Пискунов, М. Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений / М. Е. Пискунов. – М. : Недра, 1980. – 248 с.

2 Брайт, П. И. Геодезические методы измерения деформаций оснований и сооружений / П. И. Брайт. – М. : Недра, 1965. – 298 с.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЕМ

*О. Н. АЧАПОВСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время в условиях существующей городской застройки можно отметить значительное количество зданий с большим запасом прочности и полным либо существенным моральным износом. Это либо здания с отжившей функцией, не отвечающей общественным потребностям, требующие замены функционального назначения, либо объекты, несоответствующие современным представлениям об архитектурном облике, пожарной безопасности, нормах проектирования, препятствующие размещению современного оборудования и др. Изучая данный вопрос можно с уверенностью утверждать, что реконструкция и модернизация общественных объектов на сегодня является самым перспективным и востребованным направлением в строительной сфере.

Целями реконструкции общественного здания являются повышение его эксплуатационных, функциональных и эстетических качеств. При реконструкции общественного здания должно произойти не только совершенствование его объемно-планировочных и функционально-технологических решений, но и восстановление или повышение социальной значимости объекта. Предпосылки к перестройке общественных зданий несколько другие, чем у жилых зданий. В результате реконструкции здания должна изменяться не только материальная, но социальная среда. После проведения перестройки в самом объекте реконструкции и вокруг него существенно изменяются процессы жизнедеятельности людей.

Организационно процесс перестройки общественных зданий проводить легче, чем жилых зданий, поскольку общественное здание обычно принадлежит одному собственнику. Это позволяет точно определить объем реконструктивных мероприятий, конкретизировать цели перестройки и границы экономических затрат. В то же время по сравнению с жилыми зданиями типы общественных зданий более разнообразны и структура общественного здания, как правило, сложнее. На принятие решения о реконструкции важное влияние оказывает инвестиционная привлекательность объекта, которая связана с его расположением в окружающей застройке – престижностью района, наличием значительного земельного участка, близостью к транспортным коммуникациям, возможностью расширения или надстройки, экономической надежностью инвестиций и т.д. [1].

Необходимость в перестройке общественного здания складывается из ряда предпосылок – градостроительных, социальных, экономических. Градостроительные предпосылки к перестройке связаны с тем, что в ряде случаев за время после строительства здания существенно изменяется ценность территории, на которой расположен объект. Так, внешний вид и вместимость здания, когда-то построенного для обслуживания жителей периферийного района, часто не соответствуют ситуации, когда это здание в результате развития города оказывается в городском центре и им пользуются не только местные жители, но и «дневное» население.

В связи с социально-экономическим развитием территории, на которой размещается перестраиваемое здание, могут существенно изменяться многие факторы – вырасти или уменьшиться численность постоянного или «дневного» населения, строиться новые жилые и общественные здания. Для сохранения экономической целесообразности использования существующего здания его функциональное назначение и объемно-планировочная структура должны адекватно реагировать на эти изменения. Для адаптации к изменившимся социальным требованиям общественное здание, имеющее хорошее физическое состояние, может быть перестроено различным образом:

- для развития по его первоначальному функциональному назначению;
- с дополнением здания помещениями для реализации параллельной функции;
- путем трансформации – полного изменения первоначального функционального назначения здания.

Перестройка здания для развития основной или параллельной функции может быть, как радикальной, так и минимальной. При трансформации обычно необходимо проведение большого объема строительных работ, т.к. существенно меняются требования к составу помещений, зонированию, размещению технологического оборудования. Перестройка здания по развитию его основной

функции предполагает перестройку здания в его габаритах с изменением планировки для оптимизации функционального процесса, пристройку или надстройку помещений основного или вспомогательного назначения [3].

При перестройке здания или совместной перестройке группы зданий используется большой арсенал методов реформирования их внешнего вида в диапазоне от максимального сохранения или восстановления до радикального обновления их стилового решения. При всем многообразии типов и стилистики архитектурных объектов, разных подходах к их перестройке могут быть выделены основные методы формирования внешнего образа здания: коллажирования, стилистического соответствия, контекстуальный модернизм, свободной стилистической интерпретации. Практика реконструкции зданий и фрагментов застройки последних десятилетий выделила также методы аппликации и фасадизма. Во многом выбор метода формирования внешнего образа здания при его перестройке определяет среда его размещения [2].

Здания и сооружения обладают рядом зрительно воспринимаемых свойств, которые формируются с помощью средств архитектурной композиции. При перестройках здания и реформировании застройки применяются те же средства архитектурной композиции, как и при новом строительстве, но приемы их использования имеют ряд особенностей, связанных с тем, что место размещения в застройке, стилистика окружающей среды, первоначальные параметры, общая архитектурная форма здания уже заданы. Тем не менее, используя широкий арсенал средств архитектурной композиции, при перестройке можно, если перед архитектором ставится такая задача, существенно изменить архитектурный образ здания. Архитектурная пластика – совокупность всех пластических средств, формирующих пространство и создающих художественный образ архитектурного объекта.

Проведя анализ и получив результаты проведенных исследований, определены основные этапы работы по реконструкции общественных зданий:

- обоснование необходимости, возможности и целесообразности реконструкции;
- обследование конструкций на предмет физического износа, разработка мероприятий по устранению проблем в случае необходимости;
- адаптация объекта под существующие нормы проектирования и строительства;
- создание внешнего облика, гармонично вписывающегося в существующее давно сложившееся окружение;
- внедрение оптимальных решений и примеров мирового опыта.

Необходимо составить алгоритм процесса разработки проекта реконструкции с применением современных информационных технологий для получения максимального экономического эффекта от использования существующих общественных объектов, а также коренного обновления застройки и оздоровления городской среды.

#### Список литературы

- 1 Рак, Т. А. Реконструкция объектов архитектуры и градостроительства : учеб.-метод. комплекс / Т. А. Рак. – Минск : БНТУ, 2019. – 142 с.
- 2 Гельфонд, А. Л. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений / А. Л. Гельфонд. – М. : Архитектура-С, 2007. – 280 с.
- 3 Гайдученя, А. А. Динамическая архитектура: Основные направления развития, принципы, методы / А. А. Гайдученя. – Киев : Будивельник, 1983. – 53 с

УДК 624.014

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЭНДВИЧ- ПАНЕЛЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

*А. Б. БЕЛОКОБЫЛОВА, С. Д. КОРОЛЁВ, Т. В. ЯШИНА*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Качественно новый подход к строительству требует предложения высокотехнологичных материалов, позволяющих минимизировать затраты на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений различного назначения. При возведении зданий и сооружений на транспорте все чаще при-

меняются сэндвич-панели. Их популярность объясняется рядом причин: они имеют низкую теплопроводность и превосходят по теплотехническим характеристикам традиционные материалы. Отличительным положительным фактором является высокая скорость сборки. Однако при производстве панелей и их монтаже возникают дефекты, влияющие на долговечность и безопасность конструкций.

Опыт работы с такими панелями, наблюдения за строительными работами и изучение их производства позволяют отметить, что основными дефектами при производстве сэндвич-панелей является: непрочность; неверный выбор листового металла обшивки; нарушение теплотехнических характеристик; некачественное профилирование замков; неправильная геометрия панелей.

Непрочность, например, возникает при нарушении технологии изготовления: при недостаточном обслуживании клеяздаточного станка может возникнуть засорение сопел, приводящее к неправильному расходу клея. Недостаточное количество клея приводит к отрыву обшивки от сердечника ввиду неправильно выполненной операции склейки, и ведет к разрушению конструкции панели при ее последующей эксплуатации. Надежное склеивание обшивки и среднего слоя панели можно достичь только при положительной температуре, если не соблюдать температурно-влажностный режим, то произойдет неправильное схватывание клея, что приведет к разрушению целостности панели.

Если происходит неверный выбор марок и характеристик стали, то это приводит к механическим повреждениям и коррозии металла обшивок панелей. Применять тонкий листовой материал не следует из-за невозможности выполнить качественный прокат обшивки, и это может привести к недостаточной прочности на сжатие, влияющее на надежность и безопасность конструкции.

Под нарушением теплотехнических характеристик понимается неверный выбор среднего слоя (утеплителя), а именно плотности. Это может привести к нарушению теплоизоляционных свойств панелей и дефектов, отмеченных ниже при применении разного вида утеплителя в случаях:

- сэндвич-панелей с наполнителем из полистирола – отсутствие или слишком короткая выдержка полистирола (вызывает отслоение облицовки от сердцевины, коррозию облицовки изнутри);

- сэндвич-панелей с сердечником из минеральной ваты и полистирола – расслоение, вызванное неправильным приклеиванием и расположением элементов сердечника (здесь следует отметить неправильное распределение клея на склеиваемых поверхностях, незаполненных частях сердечника и т. д.);

- сэндвич-панелей с пенопластом PIR / PUR – обшивка отслаивается от сердцевины из-за неправильной температуры и влажности воздуха на заводе, недостаточной дозировки компонентов пенопласта, подготовки внешней поверхности облицовки.

Некачественное профилирование замков приводит к проблемам с соединением сэндвич-панелей, что влечет нарушение теплоизоляции помещения и прочность конструкции. Конструкция замкового соединения должна исключать проникновение влаги в сердечник панели и возникновение капиллярного эффекта. Особенно опасно нарушение соединений для панелей кровельного типа, т.к. монтаж дефектных панелей может стать причиной обрушения кровли.

Нарушение геометрии панелей способствует возникновению щелей в кровле или стенах, что приводит к нарушению теплоизоляции, а также со временем это вызывает коррозию и повреждение утеплителя (о долговечности, надежности и безопасности таких конструкций не может быть и речи).

Рассмотрев основные дефекты, возникающие при производстве сэндвич-панелей, можно выделить наиболее вероятные проблемы, связанные с процессом производства:

- выбор сырья и материалов для производства панелей, не отвечающих требованиям действующих ТНПА;

- отсутствие квалифицированного сервисного обслуживания процесса производства;

- недостаточный технический и лабораторный контроль качества производства сэндвич-панелей.

Комплекс преимуществ сэндвич-панелей раскрывается только при правильном монтаже. Однако, все плюсы этого материала можно исключить, если допустить ошибки при монтаже. Поэтому анализ организации и проведения строительных работ и рекомендации по минимизации дефектов являются актуальными в наше время.

Дефекты сэндвич-панелей могут возникнуть при неправильном хранении на строительной площадке. Хранение материала обустроено, зачастую, с серьезными нарушениями – по нему ходят, оставляют под действием солнечных лучей и атмосферных осадков, что приводит к возникновению

царапин и потрескиванию покрытия, в этих местах могут скапливаться пыль и влага, являющиеся причиной развития коррозии.

Неправильная подготовка основания (прогоны, стропила), например, опор, не образуют плоскую поверхность (это может вызывать деформацию сэндвич-панелей), отсутствие надлежащей антикоррозионной защиты металлических элементов несущей конструкции кровли и т. д., все это может провоцировать коррозию.

Одним из основных дефектов, возникающих при монтаже сэндвич-панелей является замытие замкового соединения. Это может привести к неточности крепления трехслойных панелей между собой. А также способствует попаданию влаги в сердечник панели, что ведет к её разрушению, а также может быть нарушена герметизация теплового контура, что приводит к промерзанию здания.

Встречается перетягивание или слабое крепление саморезов. Типичной ошибкой является использование крепежа меньшей, чем нужно длины, что ведет к ненадежной фиксации панелей.

Бывает недостаточное число точек крепления панели. При ввинчивании важно соблюдать правильное усилие, но если перестараться, можно деформировать защитную шайбу, что приведет к образованию протечек или «мостика холода» и, как следствие, ухудшению изоляционных свойств конструкции.

Отмечается и несоблюдение вертикальности вкручивания. Саморезы, прошедшие через панель не под прямым углом, снижают прочность обшивки. Недостаточно закрепленные и перетянутые саморезы, кривизна вкручивания – это неправильное соединение с каркасом ухудшает прочность и даже герметичность всей конструкции.

Отсутствие или недостаточное нанесение герметика в замковое соединение существенно снижает долговечность.

Стыки между панелями должны быть герметично закрыты от проникновения влаги от атмосферных осадков и влаги изнутри помещения во внутренний слой сэндвич-панелей. Меняя свою плотность, влага выполняет роль своеобразного механического клина, который и разрушает саму структуру утеплителя. Как следствие, это приводит к потере теплоизоляционных характеристик наполнителя (теплоизолятора), появлению грибка, плесени, запаха, а в зимнее время – к механическому разрушению. Как правило, герметизация сводится к внесению уплотняющего герметика.

При строительстве зданий из сэндвич-панелей применяют уплотнительную ленту в основном для предотвращения соприкосновения с металлокаркасом и ликвидации мостиков холода, снижения вибрационных процессов, а также для исправления неточностей подконструкции.

Минимизация указанных дефектов при производстве и монтаже быстровозводимых зданий из трехслойных металлических сэндвич-панелей приведёт к улучшению их качества изготовления; к уменьшению сроков монтажа, повышению качества ограждающих конструкций в целом, что существенно увеличит эксплуатационные сроки зданий, надежность и долговечность объектов на транспорте.

УДК 621.644.002.2

## **СТРОИТЕЛЬСТВО И САНАЦИЯ ГОРОДСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПОЗИЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

*Г. Н. БЕЛОУСОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Система водоснабжения города Гомеля включает в себя 7 водозаборов со станциями обезжелезивания, 108 артезианских скважин, 64 повысительных насосных станций и 1109 километров водопроводных сетей. На всех стадиях водоподготовки качество воды непрерывно контролируется как ведомственной аттестованной лабораторией, так и лабораторией Гомельского городского центра гигиены и эпидемиологии [1]. В свою очередь, общая протяжённость канализационных сетей – 690 километров.

Выполненный анализ показал, что в городе Гомеле износ сетей водоснабжения составляет 35,9 %, сетей водоотведения – 56,2 %. Ежегодные строительные работы по замене сетей водоснабжения и

водоотведения составляют от 1,5 до 7 километров [1]. Остановка работы сетей водоснабжения и канализации вследствие аварий становится причиной сбоев в экономической и социальной сфере. Поэтому проблема износа наружных сетей приобретает комплексный характер и требует поиска эффективных методов повышения надежности и безопасности эксплуатации.

При дипломном проектировании студентам специальности «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» предлагается выполнить анализ существующих методов прокладки трубопроводов и строительства сооружений, осуществить их технико-экономическое обоснование и разработать предложения по их совершенствованию. В результате дипломного проектирования предполагается создание безопасной комплексно-механизированной технологии поточной прокладки инженерных сетей из отдельных труб, а также автоматизированного оперативного управления строительством.

Выполнен мониторинг реальных объектов строительства и установлены источники негативного влияния на трубопроводы. Анализ причин аварий на сетях водоснабжения, выполненный на предприятиях КПУП «Гомельводоканал», показал, что 43 % из них вызваны браком при изготовлении труб, 36 % – браком при монтаже трубопроводов, 14 % появились вследствие внешнего воздействия, 7 % – из-за старения и коррозии [1].

Проведен матричный анализ и математическое моделирование с целью оптимизации защитной технологии сооружения трубопровода, который определяет очередность ремонта дефектных участков методом графов [2]. Такое моделирование позволяет учесть все возможные варианты при выборе ремонтных участков.

Проанализирована концепция технической безопасной прокладки трубопроводов из отдельных труб комплексно-механизированным способом по новой защитной технологии. Проанализированы методы комплексного взаимосвязанного решения технологических и технических задач при выполнении строительно-монтажных работ по прокладке водопроводов [3].

На восстановление трубопроводных сетей значительное влияние оказывают: количество потребителей, подсоединенных к находящемуся на реконструкции водоводу, категория таких сетей по степени надежности водоснабжения, плотность застройки и насыщенность инженерными сетями и сооружениями, географическое расположение. Названные факторы определяют выбор материалов для реконструкции трубопроводов и способ выполнения строительных работ. Чтобы обеспечить долговременную эксплуатацию сетей водоснабжения, общепринятым является использование прочностного ресурса труб.

Трубопроводы реконструируются с помощью специальных строительных машин, оборудованных устройствами и приспособлениями для осуществления различных видов выполняемых работ. Их хранение осуществляется в отапливаемом помещении. Работы осуществляются при температуре не ниже 5 °С, если ведется реконструкция с использованием синтетических материалов.

Изношенность железобетонных коллекторов связана с физико-химическими воздействиями агрессивных веществ, образованием на своде коллектора кислородного конденсата, газовой коррозией. Некоторые части коллекторов подвержены абразивному износу, выщелачиванию и биообраществлению. Выполненные в основном из железобетонных элементов самотечные трубопроводы диаметром 500–3500 мм в случаях их повреждений или аварий становятся причиной негативных последствий для социальной и производственной инфраструктуры, наносят ущерб окружающей среде.

Если у сетей водоснабжения или канализации наблюдается сильный износ, либо они нуждаются в увеличении пропускной способности, то реконструкцию следует производить бестраншейными технологиями [4]. На основе готовых типовых проектов реконструкции старых водопроводных сетей разрабатываются специальные технологические схемы ремонта. Преимущества бестраншейных методов восстановления трубопроводов связаны с уменьшением затрат времени на земляные работы, вскрытие и восстановление дорожных покрытий. Кроме того, существенно снижается вероятность повреждения иных коммуникаций, расположенных под землей в непосредственной близости от ремонтируемого трубопровода.

Разработанная в одном из дипломных проектов бестраншейная прокладка осуществляется на глубине 20 метров методом горизонтального направленного бурения. При расчетном диаметре трубопровода 400 мм, длине проходки 2160 м продолжительность строительства по календарному графику составила 12 дней.

При необходимости полной замены ветхого трубопровода новым предполагается использование методов санации – с разрушением (реновация) или без разрушения (релайнинг) старой трубы [5]. Для формирования нового трубопровода необходимого диаметра, предлагаются, как правило, полиэтиленовые трубы, обладающие высокой технологичностью и долговечностью. Сохранение или увеличение диаметра санируемого трубопровода осуществляется бестраншейным способом. Основными достоинствами данной технологии являются высокая химическая стойкость и несущая способность элементов; удобство и легкость монтажа; возможность осуществления работ без вывода трубопровода из эксплуатации; сравнительно невысокая стоимость.

Результат исследований показывает, что большую роль в технической безопасности городской среды играет выбор метода прокладки трубопровода, а также выбор материала труб. Очень часто определяющей характеристикой трубы является ее долговечность, поскольку дешевые изделия, как правило, быстро приходят в негодность и нуждаются в замене. Ремонт трубопровода требует очень больших финансовых затрат, поскольку сопряжен с целым рядом сложностей. Поэтому при первоначальной разработке системы водоснабжения и канализации требуется проводить тендер, и по полученным предложениям, при поставленных технических заданиях оптимального сочетания качества труб и цены, оценивать качество проекта.

#### Список литературы

1 Щедов, А. Г. Особенности сетей водоснабжения в городе Гомеле / А. Г. Щедов. – Режим доступа : <http://gomel.gov.by/gu/news/bez-truda-ne-budet-chistoyu-voda/>. – Дата доступа : 20.09.2021.

2 Ишмеев, М. Р. Использование графов при определении очередности ремонта дефектных участков трубопроводов / М. Р. Ишмеев // Вестник ОГУ. – 2006. – № 13 (63). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-grafov>. – Дата доступа : 20.09.2021.

3 Современные экологичные технологии в водоснабжении и водоотведении – Режим доступа : <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2017/03/20/sovremennye-ekologichnye-tehnologii-v>. – Дата доступа : 20.09.2021.

4 Лопатина, А. А. Анализ технологий укладки труб / А. А. Лопатина, С. А. Сазонова // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2016. – № 1. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-tehnologiy-ukladki-trub>. – Дата доступа : 20.09.2021.

5 Санация трубопроводов. Виды санации. Сравнение. Обзор. – Режим доступа : [www.zaosi.com/2018/05/20](http://www.zaosi.com/2018/05/20). – Дата доступа : 20.09.2021.

УДК 625.881

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДЕФЕКТЫ ПЛИТОЧНОГО ПОКРЫТИЯ

*М. В. БЕСПАЛОВА, А. Б. ИНДРИЛЮНАС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Тротуарная плитка – универсальный и практичный строительный материал, который широко применяется для мощения автостоянок, площадей, тротуаров, пешеходных дорожек, остановок. В последнее время область применения данного материала расширяется: это и устройство отмосток по периметру здания, и покрытие эксплуатируемых кровель, и формирование пандусов и ступеней входных групп. Места массового перемещения людей должны удовлетворять ряду требований, главными из которых являются удобство и безопасность движения. Одним из важнейших средств обеспечения комфортного движения как раз является качественное покрытие, которое должно быть ровным, долговечным, прочным, иметь не скользкую поверхность.

Данный материал обладает рядом преимуществ перед асфальтобетоном. Преимущество состоит в улучшении эстетического состояния пешеходных зон и зон массового перемещения людей, возможности замены дефектных элементов покрытия новыми, разборки и обратной укладки покрытия при ремонте и прокладке различных коммуникаций. Стоимость укладки тротуарной плитки дорожке, по сравнению с асфальтобетоном, но долговечность плиточных покрытий, по данным производителей, составляет 15–30 лет, а опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий улиц в городских условиях показывает, что срок их службы составляет не более 4 лет [1]. Однако практический опыт показывает, что в отдельных случаях, технологически правильно выполненные плиточные покрытия начинают разрушаться уже в течение первых лет эксплуатации. Во время эксплуатации плиточ-

ное покрытие подвергается воздействию окружающей среды, находится под действием постоянно возрастающих нагрузок. В связи с этим через некоторое время возникает ряд дефектов, требующих устранения. Наиболее часто встречающиеся дефекты плиточного покрытия: отсутствие уклона, многочисленные дефекты в виде провалов, выбоин, щелей, трещин, неровностей, выкрашивание отдельных краев или участков, высолы, потемнение отдельных плиток в мощении. Основным фактором, вызывающим большинство дефектов, является потеря свойств по времени, однако имеется и ряд других факторов, влияющих на долговечность плиточного покрытия. Различные виды деформаций покрытия могут быть вызваны целым рядом причин.

Долговечность плиточных покрытий определяется внутренними и внешними факторами.

Внутренние факторы определяются основными исходными компонентами изделия. В качестве основных материалов используют цемент не ниже марки 500 без добавок и песок высшего класса, а также, для придания прочности и улучшения эстетического вида, ускорения «созревания» бетона, в смесь добавляют суперпластификатор и специальные химические добавки.

К внешним факторам, вызывающим эксплуатационные дефекты, относятся:

– физические (возникающие под действием окружающей среды: отрицательные и положительные температуры, избыточное увлажнение, загрязненность воздуха и воды, солнечная радиация, ветер);

– химические (действие кислот, щелочей и газов на строительные материалы);

– биологические (действие микроорганизмов, бактерии, грибов и т.д.);

– механические (значительное превышение уровня нагрузок, например, проезд тяжелого грузового автомобиля по плитке на пешеходной дорожке приводит к разлому материала. Небольшое, но постоянное превышение запланированных нагрузок деформирует элементы мощения, повышает их подвижность, нарушает правильный сток воды.).

Самая качественная тротуарная не может гарантировать долговечность покрытия, если в ходе работ нарушались технологии укладки изделий, использовались в основании некачественные материалы, присутствовала недоуплотненность основания. Эти технологические ошибки усугубляют эксплуатационные дефекты.

Одним из распространенных дефектов тротуарного покрытия является образование белесого налета на поверхности плитки в течение трех лет эксплуатации. Образование таких высолов на поверхности отдельных изделий относятся к категории «эстетических дефектов», что, безусловно, портит внешний вид изделия, но не оказывает существенного влияния на снижение эксплуатационных характеристик тротуарной плитки [2]. Минеральный состав высолов в основном представлен минералом кальцитом, иногда с добавлением незначительного количества доломита.

В процессе эксплуатации тротуарной плитки появление высолов связано с целым перечнем внешних факторов:

1 Значительное количество солей, содержащееся в атмосферных осадках (дождь, снег, туман) и грунтовых водах. Источниками высолов могут быть растворимые соли, поступающие с грунтовыми водами или из материалов, примыкающих к тротуарному покрытию. Использование щебня из осадочных пород в основании плиточного покрытия также может привести к избыточному образованию высолов.

2 Применение в качестве выравнивающего слоя (или в качестве заполнения межплиточных швов) цементно-песчаной смеси с избыточным содержанием щелочных оксидов в вяжущем. В данном случае в процессе эксплуатации тротуарной плитки высолы могут проявляться на поверхности, поступая по межплиточным швам наружу и нарушая эстетический вид мощения.

3 Отсутствие необходимого уклона в 5–9° для отвода воды. При отсутствии такого уклона вода застаивается под плиткой, провоцируя образование высолов. Кроме этого, вода со временем может размывать швы, и плитка потеряет устойчивость.

Темные пятна на поверхности тротуарной плитки также связаны с образованием кальцита и представляют собой продукт поверхностного загрязнения данного минерала. Дефектам такого типа подвержена плитка с высоким водопоглощением и низким качеством уплотнения.

Раскрашивание лицевой поверхности плиточного покрытия может быть вызвано развитием сульфатной коррозии. Источником образования сульфатосодержащих продуктов может служить: грунтовая вода, богатая сульфатами почва, химические противогололедные реагенты, серосодержащие примеси в заполнителе и т. д.



На поверхность плиточного покрытия могут негативно влиять биологически активные факторы, к которым относятся мох и грибок. Они постепенно разрушают плиточное покрытие и сокращают срок его службы. Мероприятия по профилактическому уходу за плиточным покрытием включают его обработку газонными растворами, содержащими сульфаты железа и аммония. Они предотвращают появление мха, лишайника, грибка.

Для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик плиточного покрытия пешеходных зон необходимо правильно подобрать конструктивно-технологическое решение тротуара. Выбор такого решения зависит от следующих основных факторов: категории и назначения улиц, интенсивности пешеходного движения (возможность заезда автотранспорта, в т.ч. специального назначения), климатических условий, режима грунтовых вод, грунтовых условий, расположения тротуара по отношению к проезжей части и газону.

Деформация плиточного покрытия может быть вызвана целым рядом причин. Чтобы устранить проблему и избежать ее повторения в будущем, в каждом случае нужно понять, чем конкретно были вызваны дефекты.

#### Список литературы

1 Котлярский, Э. В. Строительно-технические свойства дорожного асфальтобетона / Э. В. Котлярский. – М. : Техполиграфцентр, 2004. – 194 с.

2 ТКП 45-3.02-6-2005 (02250) Благоустройство территорий. Дорожные одежды с покрытием из плит тротуарных. Правила проектирования – Введ. 2006-01-01. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 56 с.

УДК 624.014.078.45:625.745.11

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЖЕСТКИХ ПОПЕРЕЧИНАХ БАЛОЧНОГО ТИПА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ПЕШЕХОДНЫХ МОСТАХ

С. М. БОБРИЦКИЙ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях применение конструктивных типовых решений широко используется в качестве основных элементов мостовых сооружений (металлические пролетные строения), при этом стыковые соединения несущих и вспомогательных узлов в фермах и балочных пролетных строениях между собой в основном исполнены сварными или болтовыми.

Разнообразие имеющихся конструктивных решений позволяет оценивать адаптивность их к использованию в подобных условиях применения. Так, например, имеется интерес к использованию унифицированных конструкций жестких поперечин балочного типа [1] в качестве пролетных строений пешеходных мостов. Так как общая конструктивная схем блоков ригелей (рисунок 1) схожа с конструкцией ферм пролетных строений мостов. В связи с этим предлагается рассмотреть возможность адаптирования рассматриваемых конструкций к применению в пешеходных мостах.

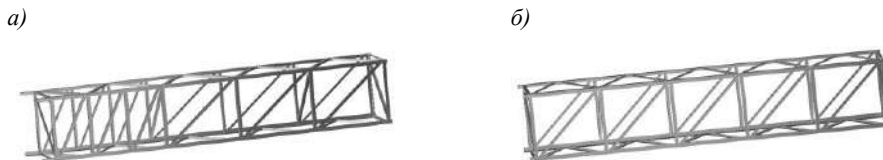


Рисунок 1 – Блоки ригелей расчетной длиной 5,5 м по рабочим чертежам [1]:  
а – блок крайний; б – блок средний

Основными действующими нагрузками на пешеходный мост являются: нагрузка от собственного веса; временная нагрузка от веса людей; ветровая нагрузка; снеговая нагрузка. Распределение действующих нагрузок на пролетное строение осуществляется по всем элементам, начиная с пешеходного настила на верхний пояс, далее подкосы, стойки, нижний пояс, а также раскосы поперечных и продольных связей. Наиболее уязвимыми местами восприятия и передачи нагрузок являются места связи между элементами, а в частности сварные соединения (рисунок 2).

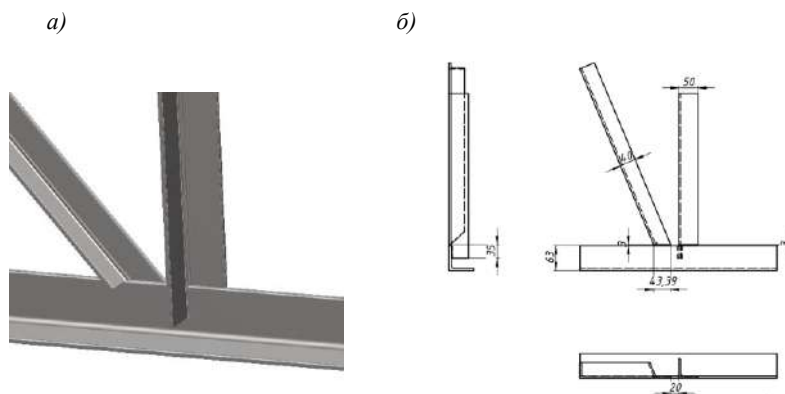


Рисунок 2 – Сварной узел нижнего пояса:  
*a* – общий вид; *б* – вид в трех плоскостях с основными размерами в мм

Надежность работы всей конструкции в значительной мере определяется надежностью сварных соединений. Прогнозирование их работы предлагается выполнять в такой последовательности:

- определить положение статического равновесия;
- оценить равнопрочность сварного соединения;
- проверить прочность сварного соединения.

Чтобы рассмотреть корректность и соответствие принципу статического равновесия узла и установить, пересекаются ли осевые линии элементов в одной точке, приведем данные о положении осевых линий рассматриваемых элементов. Расположение узла сварного соединения, представленного на рисунке 2, показывает, что наружная поверхность стойки соприкасается с внутренней поверхностью пояса, и ось смещена на 0,26 мм относительно центра тяжести пояса. Аналогичное несовпадение характерно и для крепления раскоса с поясом, где величина смещения центров тяжести составляет 0,58 см. Кроме того, подкос связан непосредственно с вертикальной полкой пояса стыковым сварным швом и фактически нагрузка на пояс передается через сварной шов, центр тяжести которого находится на расстоянии 1,71 см. Это приводит к дополнительной нагрузке, закручивающей пояс. В связи с этим, требуется определение величины крутящего момента:

$$M_{кр} = N_{рас} \cos \alpha e_{рас}, \quad (1)$$

где  $N_{рас}$  – усилие в раскосе, кН;  $e_{рас}$  – эксцентриситет,  $e_{рас} = 1,71$  см;  $\cos \alpha$  – угол расположения раскоса относительно пояса,  $\cos \alpha = 0,92$ .

Расчет показывает, что учет возникающего крутящего момента в раскосе соответствует увеличению усилия в стойке практически в 1,5 раза.

Также отметим, что нерационально выполнено крепление стойки к поясу угловым сварным швом длиной 35 мм. В результате этого нагрузка со стороны стойки также передается на пояс не по осевой линии, а через сварной шов.

Оценка прочности сварных швов производилась по общепризнанной методике, описанной в [2]. При этом учитывались условия принципов равнопрочности сварного шва и основного металла.

Определение допустимых усилий в элементах узла каждого элемента узла (пояса, стойки и подкосы) можно произвести по формуле:

$$N_{эл} = F_{эл} [\sigma_p], \quad (2)$$

где  $N_{эл}$  – усилие, возникающее в элементе узла, кН;  $F_{эл}$  – площадь сечения элемента узла по сортументу,  $\text{мм}^2$ ;  $[\sigma_{эл}]$  – допустимое напряжение для материала уголка при растяжении, оно равно  $\sigma_T/\gamma$ ,  $\sigma_T$  – предел текучести;  $\gamma$  – коэффициент запаса.

Напряжения в сварном шве, соединяющем элементы узла друг с другом, определяем по формуле касательных напряжений исходя из условия:

$$\tau_{эл} = \frac{N_{эл}}{F_{ср}} \leq [\tau_{ср}], \quad (3)$$

где  $F_{ср}$  – площадь среза сварного шва  $\text{мм}^2$ ;  $[\tau_{ср}]$  – допустимое напряжение материала сварного шва на срез,  $[\tau_{ср}] = 0,7 [\sigma_p]$ .

Далее принимаем материал шва равнопрочным основному металлу, тогда и осуществляем проверку по касательным напряжениям из условия (3). Отсюда получаем требуемый катет сварного шва, который должен быть соизмерим с толщиной свариваемых элементов.

Используя приведенную методику расчета сварного соединения в узлах ферм вантового пешеходного моста, произведена проверка прочности сварных соединений элементов узла (см. рисунок 2) типовых блоков ригелей (см. рисунок 1) под действующими нагрузками.

По результатам расчетов стало очевидно:

– во-первых, положение статического равновесия не обеспечивается за счет использования различных по сортаменту уголков и вследствие несовпадения осевых линий, что создает дополнительные крутящие моменты в узлах (выражение (1));

– во-вторых, площадь сечения сварных швов не обеспечивает условия выполнения равнопрочности материала элемента и шва, а по раскосу допустимое расчетное растягивающее усилие в шве подкоса с поясом превышает в 1,7 раза.

Проведенные расчеты демонстрирую недостаточную надежность сварных соединений в основных узлах, что снижает потенциал конструкции при эксплуатационной работе в качестве пролетного строения пешеходного моста. Для совершенствования конструкции блоков ригелей предлагается внести следующие изменения: исключить использование разных по сортаменту уголков и обеспечить равнопрочность сварного соединения по площади сварного шва. После принятых предложений необходимо произвести расчет сечений сварных узлов в условиях воздействия динамических нагрузок.

#### Список литературы

1 Унифицированные конструкции жестких поперечин балочного типа. Вып. 2 Металлоконструкции блоков ригелей. Рабочие чертежи 5254 : утв. Деп. электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» от 22 фев. 2007 г., № 9 // ОАО ЦНИИС. – 2006.

2 Николаев Г. А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование : учеб. для вузов // Г. А. Николаев, В. А. Винокуров ; под ред. Г. А. Николаева. – М. : Высш. шк., 1990. – 446 с.

УДК 711.4:712

## КОМПЛЕКСНОЕ БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

*О. А. БОДЯКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Комплексное благоустройство городских территорий – это объем мероприятий, направленный на создание комфортных социально-бытовых, санитарно-гигиенических и экологических условий для жизнедеятельности населения города. Оно включает в себя как проектирование новой застройки, так и модернизацию сложившейся.

Реконструкция городской среды представляет собой непрерывный процесс преобразования и обновления застройки неэффективно используемых территорий. Совершенствование планировочной городской структуры требуется по ряду причин: изменение численности населения и повышение социально-культурных запросов общества, совершенствование технического потенциала и усложнение информационного поля города, и, наконец, меняющиеся социально-экономические условия развития страны в целом. Целью реконструкции городских территорий является их сбалансированное развитие, как в границах города, так и на территориях пригородной зоны, а также создание комфортных и безопасных условий для проживания всех категорий населения [1]. Соответствовать современным требованиям жизни там, где велика доля физически и морально устаревших жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений, невозможно. Принято считать, что реконструкция сложившихся районов жилой застройки представляет собой один из наиболее сложных видов градостроительной деятельности.

В январе 2021 года в нашей стране была принята Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы», включающая 7 подпрограмм: «Доступность услуг», «Благоустройство», «Эффективное теплоснабжение», «Ремонт жилья», «Чистая вода», «Цель 99» (минимизация объема захоронения твердых коммунальных отходов), «Развитие электро-

энергетики и газификации населенных пунктов» [2]. Цель этой программы – обеспечение комфортных условий проживания и благоприятной среды обитания. Приведение территории в состояние, пригодное для эксплуатации зданий, сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, создания благоприятных условий для жизнедеятельности населения, формирования экологически и пожаробезопасной, эстетически выразительной среды обитания местных жителей, также предусматривается подпрограммой «Благоустройство» реконструкции и содержание застройки городов и населенных пунктов. Ее задачей является повышение уровня обустроенности территорий населенных пунктов, в процессе выполнения которой планируется производить капитальный ремонт и реконструкцию внутриквартальных дворовых территорий.

Понятие комфортной и безопасной среды проживания динамично во времени. В качестве ориентира принимается комфорт, обеспечиваемый новым жилищно-гражданским строительством. А это новые стандарты строительства и организации пространства для жизни. Основными критериями удобства проживания во вновь возводимых жилых образованиях городов являются этажность, интересные решения фасадов, оригинальные интерьеры межквартирных пространств, грамотное зонирование закрытой и благоустроенной дворовой территории. Важны транспортная доступность, наличие зоны для велопарковки, коммерческие помещения на первых этажах или торговые центры по соседству, развитая инфраструктура, которые возводятся вместе с жилым комплексом.

Благоустройство дворовых территорий сложившейся городской застройки предполагает комплекс работ по обустройству различных функциональных зон двора, чтобы сделать их более удобными для всех возрастных групп. Целесообразно организовать пешеходные зоны, дорожки для велосипедистов и роллеров, проезды и стоянки для вело- и автотранспорта, обустроить входы в подъезды зданий, сделав их удобными и для людей с физическими ограничениями, а также создать и оборудовать безопасные детские и спортивные площадки, зоны отдыха, организовать функциональное освещение, озеленение и установку малых архитектурных форм, оборудовать площадки для выгула домашних животных, для сбора и удаления мусора и т. п. [3].

Формирование комфортной и безопасной среды проживания в жилой застройке предполагает и комплексное благоустройство локального общественного пространства, т.е. пространства, объединяющего дворы и пространства вокруг и между домами в пределах квартала и (или) микрорайона. Такое благоустройство реконструируемых жилых территорий подразумевает и маршрутоориентированное благоустройство на всём протяжении популярных путей следования людей, например, в жилом микрорайоне к остановкам общественного транспорта, к школе, детскому саду, поликлинике, общественному центру.

Реконструкция сложившейся городской застройки предусматривает и выполнение мероприятий по адаптации архитектурной среды к возможностям физически ослабленных лиц. К ним относятся люди, чьи способности передвигаться ограничены по каким-либо причинам, в том числе: инвалиды различных нозологических групп, престарелые, беременные, дети дошкольного возраста, взрослые с детьми на руках или в колясках, больные-хроники и травмированные с ограничением подвижности. В действующем в настоящее время ТНПА СН 3.02-12-2020 «Среда обитания для физически ослабленных лиц» определяющим среди требований к проектированию доступной среды жизнедеятельности в зданиях и на открытых территориях установлена концепция «универсального дизайна». Ее суть: среда обитания, в том числе архитектурная, должна быть адаптирована к реальным возможностям всех категорий населения. Поскольку в Беларуси среди горожан более 30 % физически ослабленных лиц, то вторым по важности требованием является соблюдение принципа непрерывности безбарьерной архитектурной среды. Во всех пространствах деятельности человека и, прежде всего, на путях движения, не должно быть препятствий, делающих невозможным или значительно осложняющих передвижение и самообслуживание людей» [4]. Кроме того, входы во все учреждения обслуживания, остановки общественного транспорта, подходы к информационным стендам, банкоматам, киоскам, площадки отдыха и т.д. – должны быть доступны для инвалидов. Применительно к комплексному благоустройству на реконструируемых территориях доступная среда означает не только пандусы и подъёмники для колясок и наземные тактильно-контрастные указатели на пути движения людей на переходах, но также, например, «опущенные тротуары на пересечениях улиц, крупные буквы на указателях и объявлениях, преодолимые лестницы с невысокими ступенями и устойчивыми перилами, ровное качественное нескользкое покрытие тротуаров и дорожек, их достаточная ширина, наличие скамеек для отдыха и т.п.» [4]. Необходимо стремиться к

тому, чтобы обеспечить доступность среды не только в отдельно взятых дворах, микрорайонах, общественных зонах, но и во всем городе в целом.

Сегодня непрерывный процесс преобразования и сохранения, обновления и приспособления сложившейся застройки является неотъемлемой частью развития и города Гомеля. В последние годы выпускникам специальности «Архитектура» кафедрой «Архитектура и строительство» БелГУТа предлагаются темы по дипломному проектированию комплексного благоустройства разных участков городской застройки. При реконструкции и комплексном благоустройстве территорий различного назначения студенты учитывают комплекс факторов окружающей среды: градостроительные, архитектурные, санитарно-гигиеническое состояние, пожарные проезды, уровень шума, инсоляцию, аэрацию, освещенность и многие другие, влияющие на протекающие жизненно важные процессы жителей города. Изучение передового практического опыта и достижений научно-технического прогресса позволяет архитектурно-градостроительными средствами улучшить экологическое состояние и внешний облик города, создавая комфортные условия на жилых и общественных территориях. Комплексное благоустройство городских территорий – это следование концепции устойчивого развития и преобразования различных территорий городской застройки в инклюзивные, информативно и эстетически организованные экологичные пространства.

#### Список литературы

- 1 Федоров, В. Б. Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки / В. Б. Федоров. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 224 с.
- 2 Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 января 2021 г. № 50 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050>. – Дата доступа : 10.09.2022.
- 3 Благоустройство дворов: как подготовить и реализовать инициативный проект местного сообщества [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.urbanecomics.ru/sites/default/files/gorodsreda2018iue.pdf>. – Дата доступа : 11.09.2022.
- 4 Хачатрянц, К. К. Проблема создания городской среды, доступной для лиц с ограниченными возможностями / К. К. Хачатрянц // Градостроительство и архитектура: актуальные проблемы : сб. науч. тр. ; БНТУ, АФ. – Минск : Тэхналогія, 2002. – С. 182–185.

УДК 539.4.015.2

### ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВСЛЕДСТВИЕ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

*В. О. БОНДАРЕНКО, А. О. ШИМАНОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Увеличение срока службы эксплуатируемых железобетонных конструкций в условиях атмосферных климатических воздействий в настоящее время остаётся актуальной проблемой в промышленном и гражданском строительстве. Процесс их разрушения зависит от длительности протекания комплекса физических и химических процессов. Принимая во внимание процессы деградации и воздействующие на них факторы (свойства материалов, внешние процессы), можно рассчитать срок службы железобетонных конструкций [1]. Целью работы является разработка методики, позволяющей оценить изменение несущей способности железобетонных конструкций, связанное с карбонизацией бетона.

Отечественными и зарубежными учеными [2, 3] было отмечено, что скорость протекания карбонизации защитного слоя зависит от множества факторов, таких как относительная влажность бетона, его условия твердения, погодные условия (увлажнение при осадках), неоднородность в составе арматуры, конструкционные особенности железобетонных конструкций, понижение положительной температуры и др. В результате выполненных исследований [4] получены экспериментальные зависимости, позволяющие оценить величину карбонизации бетона в разных точках поперечного сечения железобетонных элементов. На основании выражения для определения изменения карбонатной составляющей во времени

$$KC_{\text{прог}} = KC_0 + A\sqrt{t},$$

где  $KC_0$  – показатель начальной карбонизации;  $A$  – коэффициент, учитывающий скорость карбонизации;  $t$  – время, годы, может быть определен срок эксплуатации конструкции, при котором про-

изойдет полная карбонизация бетона. Для этого используется предложенная в [5] методика определения предельной величины карбонизации (ПВК) по различным составам бетона. На рисунке 1 в качестве примера представлен график зависимости коррозионных повреждений от времени для бетона марки  $C_{20/25}$ .

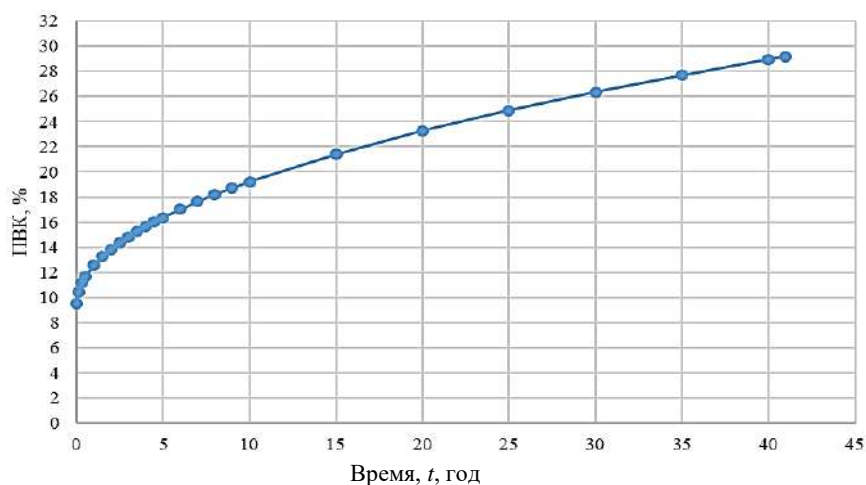


Рисунок 1 – График зависимости предельной величины карбонизации бетона от времени

В результате анализа исследований, выполненных различными авторами, удалось получить зависимости, определяющие механические характеристики защитного слоя бетона при различной величине карбонизации бетона. В таблице 1 приведены полученные параметры изменения модуля упругости бетона различного класса в зависимости от глубины карбонизации бетона, с помощью которых можно провести теоретические оценки прочности железобетонных элементов, позволяющие учесть влияние изменения физико-механических свойств бетона на долговечность конструкций.

Таблица 1 – Изменение модуля упругости в зависимости от глубины карбонизации защитного слоя бетона

Глубина проникновения хлоридов, мм	Модуль упругости бетона, МПа, класса			
	$C_{12/15}, E_1$	$C_{16/20}, E_2$	$C_{20/25}, E_3$	$C_{25/30}, E_4$
0	24000	27500	30000	32500
5	23400	26900	29400	32000
10	21900	25500	28000	30600
15	19800	23400	25800	28500
20	18400	21900	24300	27000

Разработана конечно-элементная модель изменения свойств композитных материалов с учетом физико-химических процессов коррозии бетона в различных условиях атмосферных климатических воздействий, представленная в конечно-элементном комплексе ANSYS [6].

В качестве объекта исследований рассматривалась консольная балка длиной 1 м и прямоугольным поперечным сечением 120×220 мм, армирование которой обеспечивалось тремя стальными стержнями диаметром 8 мм. Значение толщины защитного слоя бетона при условии эксплуатации в умеренной атмосферной среде принимаем 20 мм. Защитный слой модели через каждые 5 мм был разделен на объёмы с разными свойствами материалов, что позволяет моделировать процесс карбонизации бетона. Для расчётов приняты характеристики классов бетона по прочности  $C_{12/15} - C_{25/30}$ , поскольку при изготовлении железобетонных балок для зданий и сооружений повсеместно применяют бетоны данных классов прочности.

В результате вычислений получены схемы распределения напряжений и деформаций в элементах конструкции. Полученные результаты позволяют спрогнозировать несущую способность строительных конструкций с течением времени при влиянии карбонизации на физико-механические и химические свойства бетона, а также разработать своевременные меры по предотвращению разрушения конструкции.

## Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Оценка граничных значений характеристик надежности для различных категорий технического состояния железобетонных конструкций / А. А. Васильев, В. М. Швед, В. О. Бондаренко // World science: problems and innovations : сб. статей XL Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2020. – С. 28–30.
- 2 Corrosion-induced bond strength degradation in reinforced concrete – Analytical and empirical models / K. Bhargava [et al.] // Nuclear Engineering and Design. – 2007. – Vol. 237, Is. 11. – P. 1140–1157.
- 3 **Васильев, А. А.** Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 304 с.
- 4 **Васильев, А. А.** Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.
- 5 Неразрушающие методы оценки и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в воздушных средах : практ. пособие / Т. М. Пецольд [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 146 с.
- 6 **Шимановский, А. О.** Влияние физических и геометрических параметров включений на напряженно-деформированное состояние композита / А. О. Шимановский, А. Ю. Шуберт // Механика. Исследования и инновации. – 2019. – Вып. 12. – С. 206–211.

УДК 666.972.003

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА БЕТОНА

*А. А. ВАСИЛЬЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Для повышения объективности оценки и прогнозирования технического состояния железобетона предложен химический анализ бетона, входящий в комплексный метод оценки и прогнозирования технического состояния ЖБЭ (ЖБК) с учетом карбонизации бетона [1].

Оценку экономического эффекта применения химического анализа бетона определяли, используя справочно [2]. Расчеты сметной стоимости работ выполняли в соответствии с [3].

Экономическая эффективность использования химического анализа на  $100 \text{ м}^2$  конструкции

$$\Theta_k = Z_b - Z_{b,x}, \quad (1)$$

где  $Z_b$  – суммарные приведенные затраты для восстановления  $100 \text{ м}^2$  строительной конструкции при отсутствии химического анализа, бел. руб.;  $Z_{b,x}$  – суммарные приведенные затраты для восстановления  $100 \text{ м}^2$  строительной конструкции по результатам химического анализа, с учетом его стоимости, бел. руб.

Суммарные приведенные затраты для восстановления  $100 \text{ м}^2$  строительной конструкции при отсутствии химического анализа, бел. руб.,

$$Z_b = C_d \alpha_t, \quad (2)$$

где  $C_d$  – расчетная себестоимость единицы усиления  $100 \text{ м}^2$  конструкции, определяемая по сметным нормам, бел. руб. (на 01.01.2022 г.);  $\alpha_t$  – время, в годах, между моментом осуществления затрат и моментом приведения [2].

Суммарные приведенные затраты для восстановления  $100 \text{ м}^2$  строительной конструкции по результатам химического анализа, с учетом его стоимости, бел. руб.,

$$Z_{b,x} = (C_d + C_x) \cdot \alpha_t \quad (3)$$

где  $C_x$  – сметная стоимость химического анализа образцов цементно-песчаной фракции бетона на  $100 \text{ м}^2$  конструкции, бел. руб.

Экономический эффект на обследуемое здание

$$\Theta_3 = \frac{Z_b - Z_{b,x}}{100} \cdot F, \quad (4)$$

где  $F$  – площадь здания,  $\text{м}^2$ .

В качестве примера рассмотрим экономический эффект использования химического анализа бетона плит покрытия. Вариант 1. Здание общественное. На момент обследования эксплуатируется 25 лет. Покрытие – плиты пустотного настила типа ПК. Кровля плоская, рулонная.

По результатам общего обследования техническое состояние плит признано не вполне удовлетворительным, что соответствует III категории технического состояния конструкций согласно [4].

По результатам химического анализа получены значения степени карбонизации бетона в зоне расположения стальной арматуры  $СК = 36...38 \%$ . Они показывают, что карбонизация развивается быстрее расчетной для данных эксплуатационных условий, и через 15 лет техническое состояние плит в соответствии с [1] станет неудовлетворительным (IV категория технического состояния конструкций [4]), что не позволит их эксплуатировать до планируемого срока капитального ремонта, равного 65 лет [4] без усиления. С учетом прогнозируемого технического состояния плит покрытия усиление плит будет необходимо выполнить путем введения дополнительных арматурных каркасов с заменой участка кровли над усиливаемыми плитами. В соответствии с расчетом по [3] сметная стоимость такого типа усиления на  $100 \text{ м}^2$  плит покрытия составит 21,508 тыс. бел. руб.

Для продолжения безопасной эксплуатации плит покрытия до планируемого срока капитального ремонта достаточно выполнить их усиление путем введения дополнительных арматурных стержней с обработкой лицевой поверхности бетона составом проникающей гидроизоляции. В соответствии с расчетом сметная стоимость такого типа усиления на  $100 \text{ м}^2$  плит покрытия составит 6,830 тыс. бел. руб. Таким образом, приведенные затраты, тыс. бел. руб., на восстановление  $100 \text{ м}^2$  плит покрытия при отсутствии химического анализа бетона,

$$Z_b = C_d \alpha_t = 21,508 \cdot 28,6 = 615,129.$$

Здесь, для 35 лет,  $\frac{1}{\alpha_t} = 0,035$  [2].

Суммарные приведенные затраты для восстановления  $100 \text{ м}^2$  плит покрытия по результатам химического анализа, с учетом его стоимости

$$Z_{b,x} = (C_d + C_x) \cdot \alpha_t = (1,483 + 6,830) \cdot 6,7 = 55,697 \text{ тыс. бел. руб.}$$

Здесь, для 20 лет,  $\frac{1}{\alpha_t} = 0,149$  [2].

Сравнительная экономическая эффективность использования химического анализа на  $100 \text{ м}^2$  плит покрытия

$$\Theta_k = Z_b - Z_{b,x} = 615,129 - 55,697 = 559,432 \text{ тыс. бел. руб.}$$

Экономический эффект на обследуемое здание (из расчета  $F = 1000 \text{ м}^2$ )

$$\Theta_3 = \frac{Z_b - Z_{b,x}}{100} \cdot F = \frac{615,129 - 55,697}{100} \cdot 1000 = 5594,320 \text{ тыс. бел. руб.}$$

Вариант 2. Здание общественное. На момент обследования эксплуатируется 10 лет. Покрытие – плиты пустотного настила типа ПК. Кровля плоская, рулонная. По результатам общего обследования техническое состояние плит соответствует II категории технического состояния [4].  $СК = 30...32 \%$ . Рассчитанные величины показывают, что карбонизация развивается несколько быстрее расчетной для данных эксплуатационных условий, и через 30 лет техническое состояние плит станет неудовлетворительным (IV категория технического состояния конструкций согласно [4]), что не позволит их эксплуатировать до планируемого срока капитального ремонта без усиления.

С учетом прогнозируемого технического состояния плит покрытия и снижения их несущей способности усиление плит будет необходимо выполнить путем установки дополнительных стержней в штрабы, выполненные по лицевой поверхности плит с последующей обработкой лицевой поверхности составом проникающей гидроизоляции. А для продолжения безопасной эксплуатации плит покрытия до планируемого срока текущего ремонта достаточно (на данном этапе) выполнить обработку их лицевой поверхности составом проникающей гидроизоляции.

Расчет выполняем аналогично вышеприведенному. Экономический эффект на обследуемое здание (из расчета  $F = 1000 \text{ м}^2$ )

$$\Theta_3 = \frac{Z_b - Z_{b,x}}{100} \cdot F = \frac{310,765 - 20,192}{100} \cdot 1000 = 2905,730 \text{ тыс. бел. руб.}$$

Затраты на текущие ремонты и обслуживание не учитывались, так как они одинаковы для обоих вариантов эксплуатации здания. Также, предполагается, что в предлагаемых вариантах усиления обеспечивается одинаковая долговечность конструкций покрытий и, поэтому, приведенные затраты в сфере эксплуатации не учитывались.



Таким образом, применение химического анализа бетона не только значительно повышает объективность оценки состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре и технического состояния железобетона в целом, но и дает возможность значительно уменьшить эксплуатационные расходы.

#### Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.
- 2 Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций / НИИЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1981. – 56 с.
- 3 Обследовательские работы по выявлению технического состояния, разработка мероприятий по ремонту и усилению строительных конструкций жилых, общественных и производственных зданий и сооружений : сб. норм затрат трудовых ресурсов СНЗТ 18-2014. – Введ. 2014-07-01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2014. – 100 с.
- 4 СН 1.04.01-2020. Техническое состояние зданий и сооружений. – Введ. 2020-10-27. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2021. – 68 с.

УДК 712.4

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

*Н. Е. ВЕЛЮГИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одной из важнейших экологических проблем в городе является проблема зеленых зон. Экологическая ситуация в городах является своего рода "зеркалом", отражающим уровень социально-экономического положения страны, поэтому занимает одно из ведущих мест в политической и общественной жизни общества. С ростом городов и развитием промышленности экологическая проблема становится все более сложной: трудно создать нормальные условия для сохранения экосистемы города, обеспечить хорошие условия для жизни и деятельности человека.

Растительность как природно-рекреационная система обеспечивает комфортные условия жизни людей, проживающих в городе, контролирует газовый состав воздуха и степень загрязнения, климатические особенности городских территорий, снижает влияние шумового фактора, является источником эстетического отдыха людей. Поэтому воздействие человека на зеленое проектирование является очень важным вопросом, требующим глубокого изучения [1].

В настоящее время в целом накоплен большой опыт в озеленении города, создан богатый ассортимент растений и зеленых насаждений, разработана современная сельскохозяйственная техника для их выращивания, найдены необходимые методы озеленения, характерные для городов, и определены способы содержания зеленых насаждений.

Сегодняшние изменения климата, а также смягчение последствий этих изменений преобразует и будет все больше создавать широкий спектр тенденций во всем мире. В последнее время можно заметить, что все больше проектных работ посвящено смягчению последствий изменения климата во всем мире. Принимаемые инициативы охватывают широкий спектр от небольших инициатив (нормативные акты, социальные проекты) до изменения практики управления земельными ресурсами. Именно эта проблема повлияет на понимание принимаемых концепций и подходов зеленого проектирования в настоящем по компенсации выбросов углерода в последующие десятилетия.

Можно отметить следующие несколько наиболее заметных тенденций:

1 Акцент на ценности открытых пространств. В перспективе люди будут придавать большее значение открытым пространствам как местам для физических упражнений, встреч, обедов и отдыха. Отрасли (особенно искусство и досуг) начнут видеть, что небольшие мероприятия на открытом воздухе – это способ заставить людей посещать их с комфортом, что создаст большую нагрузку на парки и открытые пространства в городах.

Для реализации необходимо будет планировать и проектировать больше открытых пространств, которые могут облегчить многократное использование. Местный спортивный парк больше не будет предназначен исключительно для занятий спортом, ему, вероятно, придется интегрировать больше функций и объектов с тем же бюджетом.

Временные пространства будут по-прежнему использоваться городами для (ре)активации пространств, причем некоторые из них перейдут в постоянные пространства, включая обеды на открытом воздухе, велосипедные дорожки, уличные площади, художественные инсталляции [2].

2 Увеличение роли садов. За последние годы люди стали наслаждаться своими домашними садами и заново открывали для себя садоводство, индустрия увидит увеличение преобразования. Эти преобразования будут включать в себя садовые офисы, поскольку люди продолжают работать из дома, но хотят создать больше разделения между своей работой и домашней жизнью.

3 Сохранение и восстановление ландшафта, увеличение биоразнообразия и сокращение вторичных сорняков. В настоящее время большое внимание заостряется на сохранение биоразнообразия и управление сорняками как инструментах смягчения последствий изменения климата.

Эта тенденция имеет решающее значение для поглощения углерода, особенно в прибрежных условиях, которые могут хранить гораздо большее количество углерода, чем леса. Сохранение и восстановление лесов, торфяников, водно-болотных территорий – это важный «проект», который будет продолжаться в течение нескольких поколений.

4 Сорняки и дикорастущие растения как важный ресурс в возобновлении экосистемы города. Растения, которые спонтанно растут в городских районах (местные или неместные) выполняют важные экологические функции. Все растения, независимо от того, где они произрастают, могут играть важную роль в стабилизации ручьев и берегов рек, микроклиматов городов, улучшение состояния пустырей и полос автомобильного движения, снижение тепла в мощеных районах, борьбу с эрозией, устойчивость и восстановление загрязнения почвы и воздуха.

Архитекторам и специалистам в области ландшафтов нужно будет лучше понять, какие сорняки являются инвазивными и вредными, поскольку могут оказывать разрушительное экологическое и экономическое воздействие, а какие необходимо сохранять и внедрять в структуру озеленения города. Тенденция в борьбе с сорняками выйдет за рамки контрольного периода на этапе строительства и потребует целостного подхода на протяжении всего периода проекта от начала до технического обслуживания.

При этом дизайну, структуре посадок и состоянию почв должны быть отданы приоритеты (получение определенных растений становится все более сложным, из-за сокращения диапазона растений коммерцией, доступных (в пользу цветных или цветущих сортов) для промышленности.

5 Создание общественных садов. Используя доступные общественные пространства и создавая городские сады, где выращиваются различные фрукты, овощи, цветы и травы, возможно не только улучшение экологического состояния среды, но и генерировать некоторое количество источников пищи, которое может иметь большое значение для поддержки более бедных слоев населения. Выращивание пищи и уход за растениями также является приятным и полезным времяпрепровождением для людей всех возрастов!

6 Симбиоз растениеводства с городской средой. При современных темпах увеличения плотности застройки, а также анализе демографической ситуации, отмечается целесообразное проектирование предприятий растениеводства в районах с большой плотностью населения.

Современные предприятия растениеводства не только могут играть роль архитектурных доминант, прекрасно интегрируясь в городскую среду, но и способствовать таким процессам:

- как изменение геометрии сельскохозяйственных территорий (как производственных, так и селитебных);
- изменение масштаба сельскохозяйственных угодий (полей, лугов, пастбищ);
- расширение типологии зданий и сооружений (вертикальные фермы, крановые укрытия мостовых систем земледелия, мельницы, сооружения логистики и др.);
- изменение системы расселения и появление новых типов производств в селитебных комплексах (фермерских усадеб, семейных групп жилья по интересам, видам труда или производствам);
- появление ландшафтов и предприятий нового типа (агропарки, агротехнопарки, городские фермы и др.).

На современном этапе развития крупных городов Беларуси от специалистов требуется переосмысление ландшафтных приемов с учетом происходящих в городах средовых процессов, а также приспособление подходов к ландшафтному проектированию с учетом меняющихся градостроительных условий.

#### Список литературы

- 1 **Машинский, Л. О.** Город и природа: (Городские зеленые насаждения) / Л. О. Машинский. – М. : Стройиздат, 1973. – 228 с.
- 2 **Нефедов, В. А.** Ландшафтный дизайн и устойчивость среды / В. А. Нефедов. – СПб., 2002. – 295 с.

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

*М. Г. ГЕГЕДЕШ, Н. В. КОМАРОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Безопасность эксплуатации технологического комплекса, формирующего железнодорожную инфраструктуру, в первую очередь, зависит от прочности, устойчивости и надежности ее элементов. Не всегда возможно предсказать скорость деформации и механизм возможных разрушений сооружений, которые постоянно подвергаются разнообразным динамическим нагрузкам.

Первым элементом, воспринимающим динамические нагрузки от подвижного состава, является железнодорожный путь, конструктивные элементы которого участвуют в сложных колебательных процессах, возникающих при непосредственном прохождении участка пути поездом. Они обусловлены присутствием неровностей различного вида на соприкасающихся поверхностях колес и рельсов, деформируемостью пути и элементов ходовых частей, особенностями, связанными с характеристиками движения в рельсовой колее жестко соединенных осей подвижного состава при прохождении подвижного состава по изменяющемуся в плане и профиле пути.

Динамическое воздействие передается от элементов подвижного состава на путь через колеса и рельсы и представляет собой сложное силовое воздействие, включающее вертикальную нагрузку, приводящую к осадке пути и изгибу рельсов; боковое давление и продольные силы, являющиеся частыми причинами продольного смещения (угона) рельсошпальной решетки. Угон пути может быть вызван как деформациями рельсов под подвижной нагрузкой, так и силами торможения подвижного состава, температурными деформациями железнодорожного пути, ударами колес в рельсы на стыках и другими факторами, в том числе изнашиванием отдельных конструктивных элементов железнодорожного полотна.

Конструкция железнодорожного пути включает следующие элементы: верхнее строение, нижнее строение и искусственные сооружения пути. Верхнее строение пути состоит из рельсовых креплений, рельсов, рельсовых опор, балластного слоя и противоугонов. Нижнее строение пути включает земляное полотно, подготовленное для укладки верхнего строения пути.

Одним из наиболее часто встречающихся на практике вариантов соединения верхнего строения пути с опорным основанием является анкерное рельсовое крепление, которое включает в себя клемму, подклемник, анкер, монорегулятор, изолирующий уголок, прокладки из различных материалов. Наиболее изнашиваемыми элементами среди перечисленных являются прокладки, поскольку они принимают на себя непосредственные ударные воздействия от взаимодействия колес и рельсов.

Наиболее точная информация о состоянии отдельных элементов железнодорожной инфраструктуры может быть получена только экспериментальным способом, который часто является трудно осуществимым, трудоёмким и материально затратным, так как исследуемые объекты не всегда доступны для прямого инструментального контроля, располагаются на отдаленных участках и требуют внесения изменений в график движения поездов, что представляет собой не легкую задачу на участках с высокой интенсивностью движения железнодорожных составов.

Для прогнозирования срока службы, а также предварительного анализа поведения элементов под действием статических и динамических нагрузок, при изменении температур и воздействии иных внешних факторов, а также для расчета скорости и величины износа элементов железнодорожного пути, широко применяется компьютерное моделирование. Адекватно составленные и рассчитанные компьютерные модели позволяют реализовать различные конструкторские и технологические проекты, не прибегая к дорогостоящим и долгосрочным полевым и лабораторным работам. Неадекватная или неточная модель может привести к большим погрешностям конечного результата.

В научных исследованиях различных авторов часто исследования состояния элементов железнодорожного полотна и многих сооружений отождествляются только с их лабораторными испытаниями. Такой подход имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что количество таких образцов ограничено по размеру, а типичные образцы, для которых проводятся лабораторные испытания, представляют собой лишь ограниченную выборку из всех возможных вариантов. В то же время, провести лабораторные испытания для всех элементов железнодорожного пути на месте тоже не представляется возможным.

В настоящее время существует достаточно большое число программных продуктов, позволяющих проводить расчеты той или иной сложности для различных областей теории и практики. Для широкого круга задач, связанных с анализом напряженно-деформированного состояния, прочности и других параметров систем тел и отдельных элементов под действием статических и динамических нагрузок, целесообразно применение инженерных программных комплексов, реализующих метод конечных элементов, заключающийся в аппроксимации дискретной моделью, создаваемой из множества кусочно-непрерывных функций, определенных в конечном числе подобластей (элементов), любой непрерывной в некоторой области величины (например, внутренних усилий, перемещений в рельсовых скреплениях, балках, мостовых элементах и т.п.). При создании компьютерных моделей практически невозможно учесть все нюансы, тем более, что присутствие многих из них носит вероятностный характер. Поэтому возможно принятие некоторых допущений.

Рассмотрим программные комплексы, предоставляющие наибольшее число возможностей для решения обозначенных выше задач.

Так, инженерный пакет SolidWorks Simulation позволяет оценить прочность конструкций с использованием линейного и нелинейного статического и динамического анализа, частотного и температурного анализа, определения параметров устойчивости, усталости, испытаний на ударную нагрузку; производить оптимизационные расчеты.

MSC.Patran/MSC.Nastran и MSC.Patran/SimXpert – это программные продукты, реализующие в симбиозе расчеты на основе метода конечных элементов, включая линейные и нелинейные статические и динамические расчеты, расчет собственных частот и форм колебаний, расчет устойчивости, расчет установившихся и переходных процессов, решение задач теплопередачи и др.

Программный комплекс Marc позволяет проводить комплексный расчетный анализ конструкций, находящихся под одновременным воздействием силовых, кинематических и тепловых нагрузок, больших перемещений и деформаций в материалах, обладающих как линейными, так и нелинейными свойствами и контактным взаимодействием различной сложности.

Программный конечно-элементный комплекс ABAQUS представляет собой универсальную систему общего назначения, в которой возможна реализация многоцелевого многодисциплинарного анализа, а также проведение статического и динамического анализа напряжений в рамках единого алгоритма.

Инженерная среда Comsol Multiphysics включает модули для расчета механики конструкций, динамики многотельных систем (в том числе, в результате вибрационного воздействия), усталости и прочности материалов с учетом их нелинейных свойств, на основе конечноэлементного моделирования с возможностью структурированного построения сетки конечных элементов.

ANSYS – это передовые инструменты для решения широкого спектра задач механики деформируемого твердого тела с учетом нелинейных свойств материалов, пластичности и контактного взаимодействия, в том числе задач линейной/нелинейной динамики, теплообмена, акустики, а также выполнения различных многодисциплинарных расчетов.

Таким образом, в результате анализа характеристик различных программных продуктов для решения инженерных задач установлено, что наибольшими возможностями для решения и последующего анализа задач, включающих возможность учета деформации конструкции под воздействием факторов различной частоты и происхождения, обладает инженерный пакет ANSYS. Поэтому дальнейший анализ напряженно-деформированного состояния и иных параметров, определяющих работоспособность конструктивных элементов железнодорожного полотна, будет выполняться в этом инженерном пакете.

## **ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ ЗРЕНИЯ В БЕЛАРУСИ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ**

*А. В. ЕВСТРАТЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Л. Н. БОЛДУЕВА*

*Гомельская областная организация ОО «БелТИЗ», Республика Беларусь*

*Я. С. ДОРОФЕЕНКО, П. А. МАКАРЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Самостоятельная городская навигация незрячего человека в современном белорусском городе все еще существенно ограничена. В стране продолжается активная работа по преодолению соответствующих барьеров: от нормативных до психологических. И стоит отметить, что динамика изменений положительная. С каждым годом архитектурная среда становится «гуманнее» по отношению к человеку с физическими ограничениями.

Исследование направлено на выявление недостатков в организации доступной среды для людей с ограничениями зрения на примере г. Гомеля и путей совершенствования городского пространства в аспекте ее универсальности для условий Беларуси.

Создание безбарьерной среды предполагает комплекс мероприятий для обеспечения полноценной жизнедеятельности маломобильных групп населения. При этом проектные решения объектов, доступных для инвалидов, не должны ограничивать условия жизнедеятельности других групп населения, а также эффективность эксплуатации зданий и сооружений. Для разных групп физически ослабленных лиц (далее ФОЛ) проводятся различные мероприятия по созданию безбарьерной среды, которые регламентируются соответствующей нормативно-технической документацией, в частности СН 3.02.12-2020 «Среда обитания для физически ослабленных лиц».

Человек незрячий или имеющий недостаток зрения ориентируется в пространстве несколькими способами: главным образом путем тактильного считывания пространства, вестибулярного ориентирования, эхолокации, обоняния [3, с. 672–673]. Для незрячих и слабовидящих людей используются такие средства универсального дизайна как тактильная рельефная плитка, шрифт Брайля, печать укрупнённых и контрастных изображений, использование NFC-меток и QR-кодов, аудио-запись (в том числе светофоры, оборудованные специальным звуковым сигналом), яркая контрастная маркировка на стеклянных дверных полотнах и ограждениях. Отметим значимость исключения конфликта интересов при формировании среды без барьеров для людей с различными ограничениями здоровья. Такие случаи имеют место в практике ввиду различия средств обеспечения доступности пространства. Для создания условий беспрепятственного перемещения людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата применяют понижение бортового камня на пересечениях тротуара и проезжей части, оборудование крыльцев общественных и жилых зданий пандусом или подъемником, оборудование общественного транспорта откидными пандусами, устройство парковочных мест для инвалидов размером 3,5×8,0 м с соответствующей разметкой на покрытии и установкой дорожного знака, оснащение общественных туалетов необходимыми средствами для использования инвалидами-спинальниками, оборудование общественных и жилых зданий лифтами, имеющими размеры платформы не менее 800×1250 мм или 1100×1400 мм и т.д. Люди с нарушением слуха испытывают потребность в специализированных указателях и знаках, в том числе световых, разметке и цвете элементов оборудования, щитах, стендах, табло, световых маяках.

В настоящее время в г. Гомеле для ФОЛ полностью доступны 84 объекта, среди которых 2 учреждения образования, 4 учреждения культуры, 45 магазинов продовольственных и непродовольственных товаров, 6 отделений банков, 1 объект общепита, 13 аптек, 6 учреждений здравоохранения, 1 физкультурно-спортивное учреждение, 2 общественных туалета [2]. В г. Гомеле проживает более 500 тыс. человек (по состоянию на 1 января 2021 года), из которых более 90 тыс. – люди с инвалидностью. Из этого можно сделать вывод, что 84 объектов обслуживания, приведенных выше, недостаточно, чтобы назвать городскую среду универсальной в полном понимании этого термина.

Анализ результатов натурного обследования мест общего пользования в г. Гомеле позволяет определить направления для регламентации и оптимизации проектной деятельности. Существует

проблема точечной реализации решений, в то время как городское пространство в этом случае не может быть эффективным [1, С. 102]. Как правило, эти мероприятия ограничиваются оборудованием крыльцов жилых и общественных зданий пандусами и подъемниками, укладкой тактильной плитки на реконструируемых участках улиц. И как показывают осмотры, они не всегда отвечают требованиям нормативно-технической документации. В ходе мониторингов преимущественно фиксируются следующие недостатки при обеспечении необходимых условий для беспрепятственного перемещения людей с нарушениями зрения:

- использование тактильной плитки нестандартного размера (производимой по стандартам, отличным от белорусских);
- устройство предупреждающей тактильной плитки в местах, где это не требуется (в том числе на пандусах и у подъемных платформ) или с отступом от источника опасности (что противоречит нормативным требованиям Беларуси),
- несоответствие эффективной ширины и длины предупреждающих тактильных плит, требуемых на пешеходных зонах, некорректные направления, устраиваемые из тактильной плитки (в том числе ведущие к преграде или прерывающиеся),
- использование информационных табличек и схем, которые плохо читаемы (некачественно изготовлены);
- нарушения в выборе мест установки указателей номера этажа на поверхности стен лестничной клетки и перильных ограждениях;
- использование устаревшей системы речевых электронных информаторов (к примеру, РЭИ-01);
- устройство контрастных обозначений на остекленных дверных полотнах в виде желтых кругов на неэффективной высоте и т.д.

В практике встречаются затруднения и при трактовании некоторых требований нормативных документов и, как следствие, некорректные проектные решения, а также не в полной мере соответствующие проектным строительные решения. Нуждаются в некоторых поправках разделы 4 «Общие требования», 5 «Общедоступные открытые территории и пути движения», 6 «Жилые здания» и 7 «Общественные здания» СН 3.02.12-2020 «Среда обитания для физически ослабленных лиц».

В разделе 4 «Общие требования» необходимы уточнения в части правил установки речевых информаторов, табличек со шрифтом Брайля при входах в лифт, устройства тактильных полос на внутренних лестницах зданий, маркировки стеклянных (прозрачных) полотен дверей и остекленных проёмов (конструкций) и дверных ручек, ограждения колонн. В разделе 5 «Общедоступные открытые территории и пути движения» требует пересмотра требование разделения зон движения велосипедистов и пешеходов, а также устройство тактильной направляющей тротуарной плитки на путях пешеходного движения. Раздел 6 «Жилые здания» должен содержать более развернутые требования, касающиеся установки элементов доступной среды для людей с инвалидностью по зрению в жилых зданиях. В разделе 7 «Общественные здания» следует расширить область применения речевых информаторов, ввести понятие электронной очереди, установить ширину тактильного направляющего указателя согласно результатам апробирования, регламентировать установку тактильных предупреждающих напольных указателей под табличками со шрифтом Брайля, определить габариты тактильного предупреждающего указателя и обозначения мест для сидения незрячих.

Таким образом, практика показывает, что в настоящее время необходимо не просто выполнение всех требований ТНПА в области создания комфортной среды обитания для физически ослабленных лиц, а в первую очередь пересмотр их содержания для исключения некорректных трактовок и неэффективных решений. Общественные объединения инвалидов готовы выступать консультантами при проведении нормотворческих, проектных и строительных работ, а их руководители акцентируют внимание на том, что действующие нормы проектирования могут стать совершеннее и в полной мере соответствовать пожеланиям и возможностям маломобильных пользователей.

#### Список литературы

- 1 **Евстратенко, А. В.** Безбарьерная среда в городском пространстве Гомеля = Accessible environment in the urban space of Gomel / А. В. Евстратенко // Архитектура : сб. науч. тр. / редкол. : А. С. Сардаров (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2022. – Вып. 15. – С. 100–104.
- 2 Карта доступности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://invagomel.by/karta-dostupnosti/> – Дата доступа : 07.09.2022.
- 3 **Синицын, В. В.** Практики ориентирования и самостоятельного передвижения незрячих людей в городской среде / В. В. Синицын, О. Н. Запорожец // Журнал исследований социальной политики. – 2021. – Т. 19, № 4. – С. 669–684.

## ВЛИЯНИЯ МЕХАНОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА МОРФОЛОГИЮ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*У. А. ЗИЯМУХАМЕДОВА, Н. К. ТУРСУНОВ, Г. Б. МИРАДУЛЛАЕВА, Ж. Х. НАФАСОВ*  
*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Одной из важнейших задач современного материаловедения является создание материалов для работы в экстремальных условиях при напряжениях и под воздействием агрессивных сред и т.п. В решении этих задач существенная роль принадлежит использованию полимерных материалов и их соединений – наполнителями, карбидами, и разными отходами, которые наряду с высокой твердостью и тугоплавкостью обладают высокой прочностью, специфическими физическими и химическими свойствами.

Механохимия является наукой, развивающейся на грани химии и механики: она тесно связана также с другими областями науки и техники, с физикой, в особенности с физикой твердого тела, биофизикой, физической химией, технологией полимеров, химией и технологией неорганических веществ, биохимией, молекулярной биологией, бионикой. Механохимическое явление включает в себя две основные составные части: механохимическую, определяющую превращение механической энергии в химическую, и хемомеханическую, представляющую собой выделение механической энергии, вследствие протекания химических реакций.

В практике порошковой металлургии широко используют вибрационные мельницы, обеспечивающие быстрое и тонкое измельчение обрабатываемых материалов, например карбидов и других тугоплавких соединений различных металлов, при производстве твердых сплавов и др.

А кулисные мельницы гораздо реже применяются для получения порошкового материала. При производстве порошкового наполнителя используют вибромельницы различных типов и конструкций, различающиеся главным образом по технологическим и конструктивным признакам. В соответствии с технологическими признаками их подразделяют по типу размола (сухое измельчение или мокрое) и характеру работы (периодического действия или непрерывного). К конструктивным признакам относят тип возбудителя колебаний (эксцентрикковые или дебалансные), форму корпуса мельницы (цилиндрический, прямоугольный), тип ее опоры и т.д.

Размольные тела, получая частые импульсы от стенок корпуса мельницы, совершают сложные движения. Они подсакаивают, соударяются и скользят по стенкам корпуса мельницы. В результате трения о стенки мельницы они начинают вращаться. На частицы измельчаемого материала действуют ударные, сжимающие и срезающие усилия переменной величины. Ударный импульс единичного размольного тела в кулысомельнице по сравнению с ударным импульсом в шаровой вращающейся мельнице относительно велик.

Однако большое число размольных тел в единице объема корпуса мельницы и высокая частота их колебаний обеспечивают интенсивное измельчение обрабатываемого материала. Суммарное число импульсов  $i$ , сообщаемых размольным телам в единицу времени, можно оценить по формуле:

$$i = V k \varphi n z B, \quad (1)$$

где  $V$  – объем корпуса мельницы, дм;  $k$  – число размольных тел, размещающихся в 1 дм объема корпуса мельницы;  $\varphi$  – коэффициент заполнения корпуса мельницы размольными телами (обычно составляет 0,75–0,85);  $n$  – частота вращения вала, об/мин (обычно 1000–3000 об/мин);  $z$  – число импульсов, сообщаемых каждому из размольных тел корпусом мельницы за одно его круговое качание;  $B$  – коэффициент, учитывающий дополнительное число импульсов, сообщаемых за один оборот вала каждому размольному телу соседними размольными телами.

Если условно принять  $k = 1250$  шт./дм (при среднем диаметре шаров 10 мм),  $\varphi = 0,8$ ,  $n = 1500$  об/мин,  $z = 1$  (за один оборот вала каждому из размольных тел сообщается только один импульс),  $B = 1$  (т.е. не учитывать увеличение частоты воздействия за счет импульсов, дополнительно сообщаемых каждому шару соседними с ним шарами), то число импульсов, сообщаемых размольным телам в корпусе мельницы объемом 200 дм, составит  $i = 200 \cdot 1250 \cdot 0,8 \cdot 1500 = 3 \cdot 10^8$  импульсов в минуту.

Это на несколько порядков выше числа импульсов, сообщаемых размольным телам при измельчении материала в шаровой барабанной мельнице. Благодаря высокой частоте воздействий релаксация материала (самозаживление трещин под действием сил межатомарного сцепления) в кульсных мельницах проявляется в меньшей степени, а процесс измельчения протекает значительно быстрее. Время измельчения материала до высокодисперсного состояния (в большинстве случаев) не превышает нескольких часов. Исследования порошкового наполнителя, полученного в кульсной мельнице, показывают наличие большого числа частиц округлой формы, что свидетельствует о существенной роли истирающих воздействий на измельчаемый материал как со стороны размольных тел, так и со стороны частиц самого материала (явление самоистирания).

Основные показатели режима размола (коэффициент заполнения рабочего объема корпуса мельницы размольными телами и измельчаемым материалом, соотношение между ними, продолжительность процесса и др.) обычно устанавливают экспериментально с учетом свойств измельчаемого материала и требуемой дисперсности получаемого наполнителя. Прочность полимерного материала может быть значительно увеличена за счет уменьшения размера зерна наполнителя [1].

Представлена морфология частиц порошка после МА смеси Ангренского каолина с отходом нефтепродукты в течение 5 мин (рисунок 1).

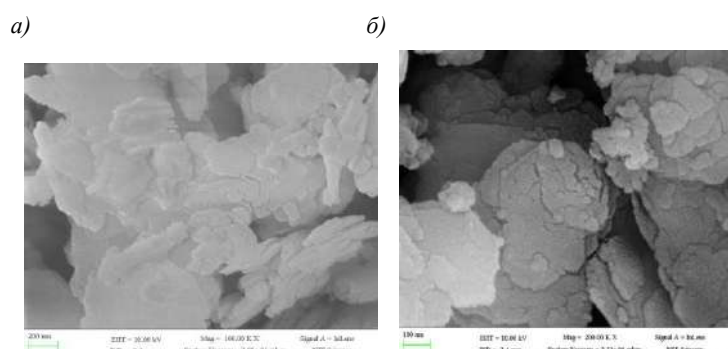


Рисунок 1 – Морфология частиц порошка после МА смеси Ангренского каолина с отходом нефтепродукты в течение 5 мин, с увеличениями: а –  $\times 100$ ; б –  $\times 200$

Как и в случае микроструктурного анализа порошков, после механохимической обработки системы Ангренского каолина с отходом нефтепродукты наблюдается процесс агломерирования высокодисперсных частиц.

Как видно из рисунка 1, механически обрабатываемые наполнители успели диффузионно смешаться в течение 5 минут. Плотность обрабатываемого материала увеличивалась за счет сил давления, создаваемых размольным телом.

Установлено, что длительная вибрационная обработка смеси Ангренского каолина с отходом нефтепродукты приводит к формированию порошковой композиции, включающей керамический материал, оксиды Al, всякие карбиды и продукты намола стальных шаров.

Показано, что обработка смеси Ангренского каолина с отходом нефтепродукты в кульсо-мельницах позволяет получить качественный конечный продукт для наполнения полимерных материалов.

#### Список литературы

- 1 **Brandles, E. A.** Smithels Metal Reference Book / E. A. Brandles. – Boston : Butterworths, 1983. – 1800 p.
- 2 Development of The Composition of a Composite Material Based On Thermoreactive Binder Ed-20 / U. Ziyamukhamedova [et al.] // Chemistry And Chemical Engineering. – 2021. – № 3. – С. 6.
- 3 Slowing down the corrosion of metal structures using polymeric materials / F. Nurkulov [et al.] // Conmechhydro 2021 : Intern. scientific conference on construction mechanics, hydraulics and water resources engineering. – Tashkent, 2021. – Vol. 264. – P. 02055.
- 4 **Alijonovna, Z. U.** Research of Electrical Conductivity of Heterocomposite Materials for the Inner Surface of a Railway Tank / Z. U. Alijonovna // International conference on multidisciplinary research and innovative technologies, November. – 2021. – Vol. 2. – P. 174–178.



## АРХИТЕКТУРА КАК ТЕКСТ В КОНЦЕПЦИИ СТРУКТУРНОГО ПОДХОДА СЕМАНТИКИ ЦВЕТА ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА

А. А. КАРАМЫШЕВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Язык – средство общения. Реальность формирует синтаксис нашего мышления, но и мышление формирует синтаксис реальности, изменяя ее в контексте человеческой культуры. Язык и культура неразделимы. Таким образом, **синтаксис** (от греческого σύν-τάξις – составление, координация, порядок) в языке нашего мышления – это принцип структурирования смысловых единиц в связанные, целостные конструкции. Являясь основой любой коммуникации, синтаксис составляет и упорядочивает наше мышление, нашу реальность, соединяет слова в связный текст, устанавливает правила, по которым слова и словосочетания становятся текстом [1].

Принцип семантики, применим и оправдан в постмодернистском дискурсе в контексте структуризации языка архитектуры. **Семантика** (французское *sémantique* от греческого σμαντικός – обозначающий) – наука о понимании определенных знаков, последовательностей символов и других условных обозначений [1]. Рассматривая строительный объект как некий текст, архитектурный постмодернизм выражает его в семантическом конструкте, тезаурусе, смысловое содержание которого зависит от некоторого ряда условий. Говоря о синтаксисе архитектуры, мы понимаем архитектуру как текст. Любое здание, сооружение, архитектурная форма – являются текстом, транслируемым в визуальную городскую среду. Визуальная среда города – пространство текстов разной степени связности и направленности с соответствующими номинативными и коммуникативными языковыми единицами: улицами и микрорайонами, отдельными сооружениями. Совокупность действующих закономерностей в пространстве смыслов архитектуры регулирует построение синтаксических единиц этого пространства, выстраивая непротиворечивую картину городского образа.

Воспринимая семантику архитектуры как текст, мы получаем возможность оценить здание, район, город методом структурного подхода. **Структурный подход** предполагает восприятие системы (здания и его конструкции, композиции формы и цветового решения и др.) в контексте взаимосвязей составных частей, упорядоченный анализ структуры, подсистем и информационных целостностей. Структурный анализ исходит из того, что любой текст, обладающий смыслом, имеет некоторую упорядоченную внутреннюю структуру, фиксированные взаимосвязи, существующие между отдельными частями системы. Принято выделять некоторое количество частей в объекте исследования, которые сами по себе имеют целостную структуру и взаимодействуют друг с другом, создавая непротиворечивый образ, текст, историю, выразительное высказывание.

В лингвистике, цель синтаксического анализа – создание требуемых правил для процессов, формирующих языковую среду, возможность изучить и систематизировать сочетание слов в тексте. По аналогии с грамматикой языка можно синтаксически структурировать **грамматику архитектуры** следующим образом:

- слова, являющиеся членами предложения аналогичны отдельным зданиям и сооружениям;
- словосочетания могут иметь параллель с дворами, состоящими из нескольких домов, а также с важными объектами общественной инфраструктуры;
- предложения простые и сложные похожи на отдельные улицы, проспекты, трассы, эстакады и т.д.;
- и, в конце концов, сами тексты в языке являются отражением сложных смысловых структур, проявляющихся в жизни микрорайонов, районов, городских образований и, собственно, городов.

Говоря о планировочной структуре города, необходимо выделить роль функциональных зон, являющихся связывающим элементом целостности этой структуры и создающих его планировочный каркас. Такими элементами выступают: «центр» города и его транспортная сеть, центры инфраструктуры жилых районов и микрорайонов, места отдыха, зеленые зоны, вокзалы и коммуникационные узлы. Все эти элементы, а также форма их расположения на плане, могут быть восприняты как синтаксические «правила» архитектурного языка, создающие структуру предложения, образующие смысл архитектурного текста. Все это формирует индивидуальный текст города, наполненный определенным смыслом. Чем лучше архитектором осознается этот смысл, тем качественней осуществляется его профессиональная деятельность.

Структурный синтаксис архитектуры выявляет и описывает взаимодействие между уровнями городских образований, взаимосвязями коммуникаций, инфраструктуры и сооружениями общественной значимости, оперирует историей создания улиц, их названиями, формой и цветом. Структура города подразделяется на макроуровень и микроуровень. В глобальном плане город состоит из районов и микрорайонов и воспринимается на этом масштабном уровне соответственно. Иначе дело обстоит на микроуровне небольших жилых сообществ, улиц и отдельных домов. Смысловые целостности здесь менее символичны и более значимы, воспринимаются интенсивней и востребованы. Каким же образом можно оценить эстетические качества колористической компоненты визуальной среды города в архитектурном дискурсе? Известно, что цвет играет существенную, жизненно важную роль в формировании визуальной городской среды, используется для систем культурного кодирования, создания дизайн-кода этой среды. В этом отношении контекст, в котором реализуется цветовая компонента визуального образа, играет важнейшую роль. Контекст визуальной среды города складывается из физических, психологических и символично-знаковых условий формирования этой среды в исторической, социокультурной, причинно-следственной перспективе. Контекст учитывает природно-климатические факторы и условия существования города, культуру и историю, социально-политическую составляющую и перспективу развития, возможности использования цвета в структуре образов, символов и знаков во времени и пространстве народной культуры и субкультурах, составляющих идентификационную компоненту этнического, национального характера, то есть ее «эйдос», выражаясь языком античной семантики. Эстетика контекста выделяет колористику города как ведущее качество, лишая архитектурную форму приоритетных позиций. Цвета города формируют текст его истории, в значительной степени опережая статичную, ригидную структуру формы объектов [2]. Форма всегда существует в цвете. Даже если цвет намеренно игнорируется формой, последняя никогда не бывает лишена контекстной колористической идеи и неспособна создавать смыслы и тексты самостоятельно. Город рассказывает свои истории языком цвета. Цветосветовая драматургия городской среды имеет важнейшее значение в контексте дискурса разработчика и пользователя. Важнейшим фактором создания хорошего повествования местного, субкультурного характера или же текста города в целом, выступают исторический контекст и сложившиеся: понимание, самосознание, социальные взаимодействия, социокультурные нормы поведения и морали, бытовые особенности и др. – все то, что составляет бытийность социальной группы, использующей тот или иной архитектурный текст. Текст должен быть целостным, как на уровне общегородской конгломерации, так и на всех макро- и микроуровнях функционирования визуальной городской среды. Другими словами, целостный смысл текста («гештальт», «эйдос») любого отдельного дома или «двора», не менее важен, актуализирован, востребован и необходим для жизни... а, возможно, что даже и более ценен функционально, чем текст существования города в целом. Необходимо учитывать тот факт, что город, во всех своих структурных подразделениях, взаимодействует со зрителем сигнальными системами формы, пространства, ритма и цвета.

Говоря о перспективах развития контекстных смыслов городской среды, необходимо учитывать следующие факторы их организации:

- архитектурно-художественные факторы в контексте модернизации городской среды;
- учет перспективы развития города и место города в системе территориальных изменений миграции и расселения его жителей;
- природно-климатические характеристики территории;
- уровень промышленной активности, инженерного оборудования и величина градообразующей группы предприятий в планировочной структуре города;
- организация транспортных связей между жилой и промышленной зоной;
- условия функционального зонирования городской территории.

#### Список литературы

- 1 **Федоров, В. В.** Архитектурный текст. Очерки по восприятию и пониманию городской среды : [монография] / В. В. Федоров. – М. : Леланд, 2016. – 154 с.
- 2 **Карамышев, А. А.** Цвет в контексте исторической среды: лингвистические особенности и корреляции / А. А. Карамышев // Архитектура и строительство. – 2020. – № 4. – С. 34–37.

**ОБ ИНТЕГРАЛЬНОМ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ***В. Н. КОВАЛЕНКО**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Неудовлетворительное техническое состояние инженерной инфраструктуры системы водоснабжения оказывает значительное влияние на качество отпускаемой воды потребителям. В настоящее время износ элементов систем забора, подачи и распределения воды в среднем по Республике Беларусь составляет около 60–65 %. Одна из ключевых причин высокого уровня износа заключается в низкой степени финансового обеспечения и, как следствие, не своевременное выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Работы по техническому обслуживанию и ремонту предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства планируются согласно утверждённой Инструкции Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь [1]. На основании практики эксплуатации, запланированный ежегодный объём работ выполняется в недостаточной мере, что приводит к снижению надёжности работы систем водоснабжения, росту числа аварий и экономическим потерям [2].

На основании имеющихся проблем в области эксплуатации систем водоснабжения существует потребность в системе оценки и приоритетности выбора элементов с наибольшей инвестиционной привлекательностью (водозаборных сооружений, водоводов, насосных станций, резервуаров, участков сетей, колодцев и камер, запорно-регулирующей арматуры и др.) для проведения восстановительных работ и модернизации.

Под системой оценки подразумевается совокупность критериев (характеристик), отражающих фактическое техническое состояние системы в целом и каждого элемента в частности. Вес критерия оценки должен быть релевантным и гибким, для адаптации под специфику и приоритеты любого предприятия водопроводно-канализационного хозяйства. Приоритетность выбора (ранжирование) элементов для выполнения технического обслуживания и ремонта должна базироваться на результатах оценки и рассматриваться по принципу «от максимального, к минимальному», где область максимальных значений свидетельствует о крайне плачевном состоянии объекта оценки и о наивысшей приоритетности.

Таким образом, интегральная оценка – это сумма набранных баллов отдельным элементом системы водоснабжения по оцениваемым критериям.

Квалитативной основой для выполнения интегральной оценки элементов системы забора, подачи и распределения воды является электронная модель в географической информационной системе ZuluGIS, выбор которой обосновывается широким функционалом для работы с графической и семантической информацией, возможностью выполнения моделирования сценариев и гидравлических расчётов, анализа и визуализации данных [3, 4]. Электронная модель системы забора, подачи и распределения воды при добросовестном подходе к разработке и поддержке будет содержать всю необходимую информацию о техническом состоянии элементов системы, а также позволит определять гидравлические параметры и режимы работы.

ZuluGIS обладает рядом основополагающих преимуществ для использования в качестве базы для выполнения интегральной оценки:

- широкая распространённость среди предприятий водопроводно-канализационного хозяйства обеспечивает увеличение темпов распространения, развёртывания и ввода интегральной оценки в производственный процесс;

- позволяет встраивать специализированные модули для оценки динамических критериев;

- обеспечивает накопление, обработку и централизованное хранение информации на серверах предприятия (в том числе предоставляет доступ к данным о любом элементе системы забора, подачи и распределения воды);

- предоставляет возможность планировать, прогнозировать, принимать обоснованные технологические и управленческие решения на основании актуальных данных;

- совершенствует связь и повышает уровень взаимодействия между структурными подразделениями предприятия.

Для внедрения географической информационной системы ZuluGIS в производственную деятельность предприятия водопроводно-канализационного хозяйства необходимо: выполнить камеральное и натурное обследование системы водоснабжения (в том числе разработать подходы по сбору и распределению информации в электронной модели); разработать электронную модель системы забора, подачи и распределения (нанести графическую и заполнить семантическую информацию); исполнить комплекс поверочных и калибровочных гидравлических расчётов.

На рисунке 1 представлен пример визуализации результатов интегральной оценки в ZuluGIS.

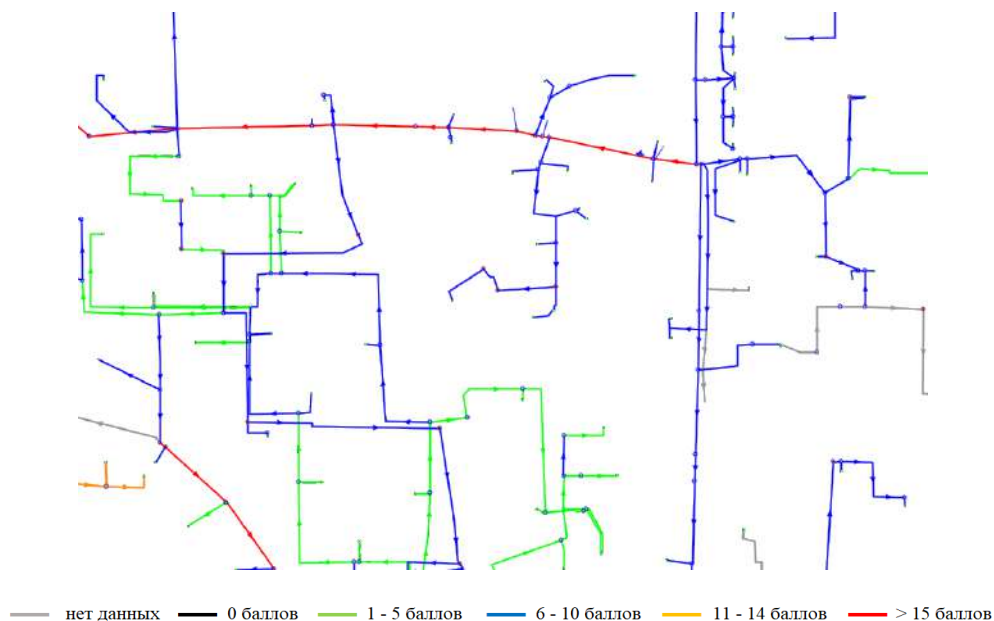


Рисунок 1 – Визуализация результатов интегральной оценки

В заключение необходимо отметить, что внедрение географической информационной системы и интегральной оценки в производственную деятельность предприятий водопроводно-канализационного хозяйства позволит:

- обоснованно принимать решения по техническому обслуживанию и ремонту, реновации и модернизации элементов системы забора, подачи и распределения воды;
- сформировать ранги по приоритетности и установить элементы с наибольшей инвестиционной привлекательностью;
- устранить группы проблемных элементов в системе водоснабжения (обеспечит снижение количества аварий, утечек и экономических потерь);
- оптимизировать управленческие и производственные процессы.

Интегральная оценка состояния элементов системы забора, подачи и распределения воды как проект соответствует следующим государственным научно-техническим программам:

- «Ресурсосбережение, новые материалы и технологии»;
- «Природопользование и экологические риски» (подпрограмма «Рациональное природопользование и инновационные технологии глубокой переработки природных ресурсов»);
- «Устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды»;
- «Цели устойчивого развития» (подпрограмма «Чистая вода и санитария»).

#### Список литературы

- 1 О мерах по повышению эффективности работы жилищно-коммунального хозяйства : Указ Президента Респ. Беларусь, 6 окт. 2006 г., № 604 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – 1/7980.
- 2 Храменков, С. В. Стратегия модернизации водопроводной сети / С. В. Храменков. – М. : Стройиздат, 2005. – 400 с.
- 3 Политерм [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.politerm.com>. – Дата доступа : 18.09.2022.
- 4 Баженов, В. И. Какие стандартные современные комплексы, моделирующие работу систем водоснабжения и водоотведения, применяются? / В. И. Баженов, Г. А. Самбурский // Наилучшие Доступные Технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. – № 1. – С. 44–50.

## УЧЕТ ВЛИЯНИЯ СИЛ СЦЕПЛЕНИЯ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ БАЛОЧНЫХ ПЛИТ НА КЛИНОВИДНОМ ОСНОВАНИИ

*О. В. КОЗУНОВА, А. Г. ПУСЕНКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

Выбор тематики данной статьи связан с тем, что нет четкого решения пространственной задачи взаимодействия балочной плиты и упругого клиновидного основания с учетом касательных напряжений. Авторы предлагают методику расчета, которая позволит решить целый ряд инженерных задач, относящихся к проектированию балочных плит на неоднородном основании с учетом касательных напряжений.

Расчет упругого основания с наклонным слоем и балочной плиты, а также с учетом влияния касательных напряжений в общем виде является чрезвычайно сложной биконтактной задачей, решение которой возможно в нелинейной постановке при работе упругих сред в зоне небольших упругопластических деформаций, т.е. с учетом физической нелинейности [1].

Балочная плита ленточных фундаментов мелкого заложения находится на упругом неоднородном клиновидном основании глубиной (толщиной)  $H$  с приложенной внешней нагрузкой  $P$ . Параметры плиты: высота  $h$ , ширина  $2l$ , изгибная жесткость  $EJ$ , жесткость на растяжение  $EA$ .

Основание при расчете заменяется прямоугольной расчетной областью, на границах которой перемещения равны нулю; в контактной зоне справедливо равенство осадок основания прогибам плиты.

Основание аппроксимируется разбивочной сеткой конечных размеров с постоянным шагом по осям (рисунок 1).

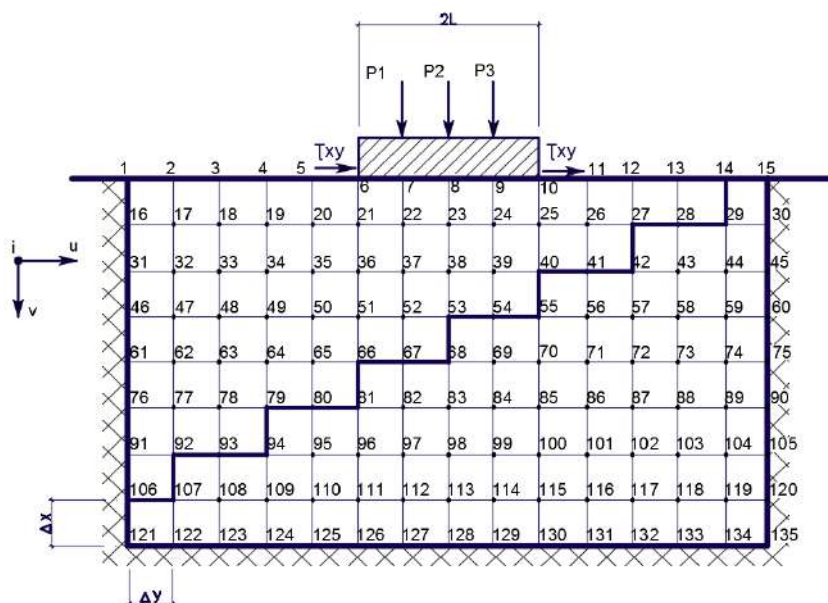


Рисунок 1 – Разбивочная сетка расчетной области

Для расчета балочных плит на клиновидном основании с учетом сил сцепления в контактной зоне вводим следующие гипотезы и допущения:

- 1) гипотезы и допущения теории упругости, которые справедливы для рассчитываемой области упругого основания;
- 2) гипотезы плоского изгиба балки (плиты), справедливые для балочной плиты;
- 3) допущение о том, что при моделировании контактной зоны между балочной плитой и основанием могут возникать и растягивающие, и сжимающие напряжения. Кроме того, при моделировании учитываются силы трения, как и касательные напряжения в зоне контактного взаимодействия.

Для решения рассматриваемой задачи авторами используется вариационно-разностный метод (ВРМ). Решение краевой задачи строится в перемещениях и реализуется методом конечных разностей с заменой дифференциальных уравнений конечно-разностными соотношениями. При этом в решении применяется функционал полной потенциальной энергии деформаций плиты и упругого клиновидного основания с учетом влияния касательных напряжений в контактной зоне.

Вначале решается задача в линейной постановке. По вычисленным значениям перемещений  $i$ -й узловой точки  $u_i(x, y)$ ,  $v_i(x, y)$ , используя геометрические уравнения Коши и конечно-разностные соотношения, определяется интенсивность деформаций и интенсивность напряжений в центрах ячеек (см. формулы теории упругости) [2]. Определяются деформации прямоугольных ячеек. Численная реализация ВРМ производится в программном пакете Mathematica.

Имея значения напряжений и перемещений, полученных в результате решения задачи в первом приближении, определяется касательный или секущий модули деформации для каждой ячейки и задача решается во втором и последующих приближениях, с учетом изгибной жесткости балочной плиты.

Величина полной потенциальной энергии балочной плиты на упругом основании  $\mathcal{E}$  состоит из энергии изгиба плиты  $U$ , энергии деформации упругого основания  $A$  с учетом энергии продольных деформаций (сцепления) в контактной зоне плиты с основанием  $U_t$  и работы внешней нагрузки  $\Pi$ :

$$\mathcal{E} = U + A + \Pi, \quad (1)$$

где  $U$  – энергия деформации плиты;  $A$  – энергия деформации упругого основания;  $\Pi$  – работы внешней нагрузки.

В формуле (1) авторами вводится новое слагаемое: энергия продольных деформаций (сцепления) контактного взаимодействия балочной плиты с основанием

$$A = U_f + U_t, \quad (2)$$

где  $U_f$  – энергия деформации упругого основания (плоская деформация);  $U_t$  – энергия продольных деформаций (сцепление).

Энергия продольных деформаций (сцепления) в контактной зоне плиты с основанием

$$U_t = \sum_{i=11+1}^{K1-1} EA_{i=11+1} \cdot \left( \frac{u_{i+1} - u_i}{\Delta x} \right)^2 \cdot \Delta x, \quad (3)$$

где  $EA$  – жесткость на растяжение.

Итерационный процесс заканчивается, как только разница между последующим и предыдущим приближением исследуемой функции будет соответствовать требуемой точности решения задачи.

Полученные предварительные результаты подтверждают влияние сил сцепления (касательных напряжений) при нелинейном расчете биконтактного взаимодействия балочной плиты на клиновидном основании. Этот расчет позволяет более полно исследовать все факторы взаимовлияния: осадки упругого основания, внутренние усилия в балочной плите, контактное взаимодействие. Результаты исследований могут быть использованы в расчетной практике проектных организаций промышленного, гражданского и транспортного строительства.

#### Список литературы

- 1 Руководство по проектированию плитных фундаментов каркасных зданий и сооружений башенного типа: разраб. к СНиП II-15-74. – М. : Стройиздат, 1984. – 265 с.
- 2 Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности: учеб. для строит. спец. вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2002. – 400 с.
- 3 Козунова, О. В. Особенности проектирования плитных фундаментов на многослойных основаниях со слабыми слоями грунтов / О. В. Козунова // Рекомендации по проектированию и устройству рациональных фундаментов на основаниях, сложенных озерно-ледниковыми и лессовидными грунтами : Р 5.01.056.09 : введ. 01.10.09. – Минск. : Стройтех-норм, 2009. – Гл. 8. – С. 39–47.
- 4 Босаков, С. В. Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск : БНТУ, 2002. – 127 с.
- 5 Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – М. : Стройиздат, 1984. – 631 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ

А. Е. КОНДРАШКОВА, Ю. В. ШАФИЕВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На протяжении последних двух десятилетий в Республике Беларусь на многочисленных промышленных и гражданских объектах используются сэндвич-панели. Они по праву сохраняют статус одного из современных высокоэффективных строительных материалов. Сочетая высокие теплоэффективные и прочностные характеристики при небольшом весе с возможностью быстрого монтажа, сэндвич-панели можно рассматривать как системное решение, обладающее рядом экологических преимуществ. В работе представлены общие сведения, а также рассмотрены преимущества и недостатки существующих трехслойных пакетов заводского изготовления с наполнителями в виде газонаполненных полимеров разных классов, минеральных ват.

Панели типа «сэндвич» применяются в качестве ограждающих элементов фасадов, покрытия кровли, возведения перегородок и потолочных покрытий зданий и сооружений. Основным материалом для внешней обшивки является оцинкованная сталь толщиной 0,5–0,7 мм различного профиля, которая не подвержена коррозии, долговечна. В качестве утеплителя используют пенополиуретан, минеральные ваты, пенополистирол, пенополиизоцианурат. По типу изоляционного материала производится и маркировка панелей: MW, SP, XSP, PU, PIR (таблица 1).

*Таблица 1 – Характеристика теплоизоляционного слоя*

Материал	Особенности	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность при 25 °С, Вт/(м·К)
Плиты минераловатные (MW)	Объемно-ориентированные, ламелированные	100–130	0,046–0,048
Пенополистирол (SP, XSP)	Вспененный, экструдированный, плиты	От 20	Не более 0,03
Пенополиуретан (PU)	Заливной, плиты	30–40	Не более 0,03
Пенополиизоцианурат (PIR)	Плиты	30–40	Не более 0,24

Плиты минераловатные (MW). В трёхслойных сэндвич-панелях используют каменные ваты на основе пород базальтовой группы на синтетическом связующем. Каменная вата экологична, пожаробезопасна. К высоким температурам, а также химическому воздействию подобный утеплитель очень устойчив и удовлетворяет самым высоким требованиям пожарной безопасности. Группа горючести – НГ. Еще одно важное свойство данного материала – высокая несущая способность. Однако материал со временем дает усадку. Хаотично расположенные волокна в данном наполнителе гасят проходящие через материал волны, что обеспечивает ему свойство отличной шумоизоляции. Базальтовое волокно не подвержено насыщению влагой и дополнительно пропитывается водоотталкивающим составом, поэтому базальтовая минеральная вата практически не впитывает жидкость и не накапливает конденсат ввиду высокой паропроницаемости.

Спрос на использование композиционных элементов ограждающих конструкций в строительстве велик и с каждым годом влечет за собой поиск новых конструктивных решений и новых композиций. Так, в 2020 году был запатентован плазменный способ получения минеральной ваты из золошлаковых отходов мусоросжигательных заводов и представлена установка для его осуществления [1]. Предложенная технология способствует как расширению сырьевой базы, так и улучшению экологической обстановки. Среди новых решений в технологии утепления панелей нужно отметить сочетание нескольких видов утеплителя. Автором работы [2] описан подход, позволяющий увеличить как общую жесткость конструкции, так и улучшить теплоизоляционные свойства сэндвич-панели. Для этого ламели минеральной ваты чередуются с пенополистиролом.

Существующими нормативными документами разрешается применение в качестве наполнителя сэндвич-панели пенополистирола (ППС). ППС на 98 % состоит из неподвижного воздуха, заключенного в его закрытой ячеистой структуре, и исходя из этого сэндвич-панели, изготовленные из пенополистирола, имеют намного меньшую массу по сравнению с аналогами из минеральной ваты

и другими строительными материалами. Благодаря высокой плотности материал препятствует проникновению в сэндвич-панели пара и влаги, и поэтому в них не размножаются бактерии, не образуется плесень, они устойчивы к процессам гниения и разложения. Сэндвич-панель с ППС переносит любые атмосферные явления и долговременные механические нагрузки, а пористая структура данного материала эффективно защищает помещение от внешних шумов. В работе с пенополистиролом не требуется применять средств защиты: он не ядовит, не имеет запаха, не выделяет пыль при обработке, не вызывает раздражения кожи. Все теплоизоляционные материалы ППС изготовлены из сырья, которое содержит антипирен, позволяющий снизить горючесть. Пенополистирол относится к группе горючести Г3–Г4. Данный материал плавится и его расплав горит с температурой выше 1100 °С. Это единственный полимер, который горит с такой высокой температурой. В результате термодеструкции полистирола выделяется значительное количество опасных для человека веществ [3].

Пенополиуретан (ППУ) – жесткая неплавкая термоактивная пластмасса с плотной сетчатой структурой. Он не разрушается, имеет нейтральный запах, не поражается грибком и гнилью, стоек к растворителям, кислотам и щелочам, экологически безопасен. ППУ является лидером по показателю сохранения теплопотерь. В теле наполнителя содержится газ, занимающий до 97 % объема, который замещается воздухом с течением времени. По показателям теплопроводности ППУ в полтора раза эффективнее, чем полистирол, и в два, чем минеральная вата. ППУ не страшна влага, а также плесень, бактерии, грибки и пр. Не боится материал и перепадов температур. Хотя пенополиуретан и относится к категории горючих веществ, является умеренно горючим и самозатухающим, то есть, горение не поддерживает [4]. Данный материал относится к группе горючести Г3. Пенополиуретан менее горюч, чем ППС, и при воспламенении не выделяет ядовитых фенолов. Изначально пожар в здании из сэндвич-панелей с таким утеплителем развивается так же, как в случае с ППС: отслоится и обгорит облицовка, огонь попадет в замки. Дальше материал утеплителя не торопится гореть, только при высоких температурах разлагается на газообразные продукты, которые, в свою очередь, горят и являются достаточно токсичными. Пенополиуретан имеет очень малое водопоглощение, является долговечным и звукоизоляционным материалом.

Пенополиизоцианурат (ПИР) является особой модификацией пенополиуретана. ПИР наносится способом заливки и отличается отсутствием швов, что имеет большое значение для теплоизоляционного материала [5]. Он более устойчив к воздействию солнечного света, а также является менее горючим материалом, чем ППУ и ППС (группа горючести Г1, т.е. слабогорючий). Кроме того, многочисленные опыты подтвердили, что ПИР не поддерживает горение, самозатухает в течение нескольких секунд после начала горения при отсутствии источника пламени. ПИР имеет сравнительно высокий коэффициент теплопроводности среди теплоизоляционных материалов. Плиты не подвержены гниению, устойчивы к агрессивным средам, что увеличивает долговечность, а за счёт высокой адгезии к облицовкам и жесткой структуры достигаются более высокие прочностные параметры здания. Такие панели обладают низким коэффициентом водопоглощения, хорошо выдерживают перепады температур.

Таким образом, наблюдая разнообразие теплоизоляционных материалов сложно выделить один наилучший утеплитель, ведь каждый имеет свои достоинства и недостатки. При выборе сэндвич-панели необходимо опираться на назначение здания, климатические условия, характеристики производителей и расстояние транспортировки.

#### Список литературы

- 1 Патент № 2764506 С1 Российская Федерация, МПК С03В 37/06, С03В 37/14, С03В 5/027. Плазменный способ получения минеральной ваты из золошлаковых отходов мусоросжигательных заводов и установка для его осуществления : № 2020136272 : заявл. 03.11.2020 : опубл. 18.01.2022 / С. Л. Буянтуев [и др.] ; заявитель Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления.
- 2 **Кодзоев, Б. Х.** Сэндвич-панель. Материалы и конструкции / Б. Х. Кодзоев, С. Л. Исаченко // Бюллетень науки и практики. – 2019. – № 2. – С. 224–227.
- 3 **Долганов, А. Ю.** О пожарной опасности сэндвич-панелей / А. Ю. Долганов // Вестник современных исследований. – 2018. – № 1.1 (16). – С. 106–107.
- 4 Digest wizard [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://digest.wizardsoft.ru/>. – Дата доступа : 14.10.2022.
- 5 **Кобзев, Д. О.** Сэндвич-панели с утеплителем в виде пенополиизоцианурата / Д. О. Кобзев // Достижения науки и образования. – 2018. – № 15 (37). – С. 22–23.



## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СРЕДСТВАМИ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИ ОСЛАБЛЕННЫХ ЛИЦ**

*О. Н. КОНОВАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Формирование и развитие материально-технической базы государства напрямую связано с состоянием его транспортной инфраструктуры. Во многих странах она включает сети железнодорожного, воздушного, автомобильного, речного и морского транспорта. Для нашего государства с его относительно небольшой территорией велика роль железнодорожного транспорта.

Белорусская железная дорога является одной из ведущих отраслей экономики Республики Беларусь, обеспечение пассажирооборота которой достигает 60 % среди других инфраструктур.

В Республике Беларусь около 500 тыс. человек с инвалидностью. Для обеспечения равных прав и возможностей необходимо создание безбарьерной среды, как безбарьерного механизма.

В общем понимании «механизм» – это некоторое устройство, внедренное внутрь прибора или машины, для приведения их в рабочее состояние с эффективным действием. Рассматривая понятие «механизм», в социологическом аспекте получим совместную работу различных административных структур, учреждений с их нормами и догмами поведения, посредством которых обеспечивается лучшее функционирование социальной сферы.

Идея обращенности к доступной среде, и к механизму исправления ее качеств, впервые была выдвинута К. Линчем в работе «Образ города». В настоящее время существует необходимость создания механизма взаимосвязи между проектировщиками, бенефициарами, органами власти и доступной средой. Бенефициарами, в этом случае, выступают люди, имеющие необходимость в улучшении городской среды путем внедрения доступных механизмов. Ввиду признания их социальными меньшинствами их потребности зачастую игнорируются. Однако внедрение в городское пространство механизмов доступности, так необходимых людям с инвалидностью, способствует социальному и экономическому развитию государства.

Проектирование универсальной среды включает не только инженерно-технические разработки, но проведение политики доступности правовыми регуляторами, формирующие безбарьерную среду, информирование населения, а также формы и методы контроля.

Политика доступности – система непрерывных действий, осуществляемых в общей стратегии государства.

Формирование доступной среды является обязанностью местных органов власти. Принятые обязательства Республикой Беларусь обязывают формировать и реализовывать районные и городские программы по обеспечению доступности объектов городской инфраструктуры для различных групп населения.

Политика доступности имеет приоритетное направление при проектировании объектов общественного назначения. Например, сотрудничество преподавателей и студентов с общественным объединением «Белорусское товарищество инвалидов по зрению», общественным объединением «Республиканская ассоциация инвалидов-колясочников» позволяет «включиться» в реальное проектирование будущих инженеров и архитекторов, которым предстоит решать широкий спектр проектных и организационно-строительных задач с консультацией бенефициаров доступности среды.

К сожалению, на сегодняшний день можно утверждать, что не все объекты общественного назначения в полной мере соответствуют принятым нормам доступности. Для осуществления активной деятельности всех организаций по формированию доступной среды необходимы ресурсы: нормативно-правовые, материально-технические, информационные, финансовые, кадровые.

Вокзалы являются основными сооружениями сети железных дорог, представляя собой объекты с функциональной и градостроительной задачей. Они требуют особого уровня организации доступной среды.

Структура вокзалов, их планировка и застройка представляют собой среду, в которой происходит деятельность разных по возрастным и физическим возможностям людей. Сегодня из-за недостаточной приспособленности улиц, архитектурных и транспортных объектов к нуждам маломобильных граждан ведение независимого образа жизни для них является затруднительным.

Комплексный подход к формированию доступной среды вокзалов предполагает решение вопросов доступности всех элементов городской структуры: непосредственно территорий жилых районов, отдельных зон привокзального комплекса и их благоустройство, входных групп в здание вокзала, обеспечение средствами доступности функциональных зон помещений в зданиях вокзала, пути следования на перрон и перемещение в вагоне поезда.

Анализ решений оснащения тактильной плиткой пешеходных путей, входов в здания вокзалов, обустройства интерьера для нужд пользования физически ослабленным лицам показывает вариантное решение проблемы. Использование специального оборудования и мебели соответствующих геометрических параметров уменьшает ограничение жизнедеятельности людей с инвалидностью, повышая тем самым степень их самообслуживания. Удачные примеры доступности здания для незрячих – это оснащение пространства тактильной плиткой, тактильной направляющей лентой и тактильными предупреждающими индикаторами и навигационной системой «Кроки на гукі».

Для соответствия безбарьерной среде зданий вокзалов в них должны быть предусмотрены:

- установка пандусов и подъемных механизмов, позволяющих преодолеть перепады высот;
- размещение информационных указателей с пиктограммами и речевым сопровождением как для слабовидящих и тотально слепых, так и глухих категорий людей с инвалидностью;
- монтаж специальных поручней, ограждений;
- размещение на площадочных платформах противоскользких покрытий;
- оснащение мест ожидания техническими средствами экстренной связи;
- наличие системы звуковой мнемосхемы, табло, направляющих дорожек, в том числе световых и цветowych дорожек;
- наличие тактильной направляющей разметки на путях следования платформа – вход, выход – город;
- информационное обеспечение – визуальное, звуковое и тактильное о размещении всех мест и устройств и о путях, ведущих к ним;
- туалеты, адаптированные к возможностям физически ослабленным людям;
- высота рабочих поверхностей (стойки терминала – не более 0,8 м);
- звуковые информаторы – для лиц с недостатками зрения;
- текстфоны – для посетителей с дефектами слуха;
- информационные трансляторы с рельефным и рельефно-точечным шрифтом Брайля;
- выделение специальных сотрудников для сопровождения внутри вокзала.

Создание такого окружающего пространства, при котором любой человек, независимо от своего состояния, физических возможностей и ограничений может беспрепятственно пользоваться объектами транспортной инфраструктуры и свободно перемещаться по любому маршруту, – одно из важнейших направлений в сфере архитектурно-строительного развития городских территорий.

#### Список литературы

- 1 Линч, К. Образ города / К. Линч. – М. : Стройиздат, 1982. – 164 с.
- 2 Батырев, В. М. Вокзалы / В. М. Батырев. – М. : Стройиздат, 1988. – 214 с.
- 3 Лазовская, Н. А. Безбарьерная среда общедоступных открытых территорий, зданий и сооружений: особенности проектирования / Н. А. Лазовская // Архитектура : сб. научных трудов. – 2015. – Вып. 8. – С. 134–139.
- 4 Конвенция о правах инвалидов. Принята резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН 6/106 от 13.12. 2006 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/dis\\_ability.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/dis_ability.shtml). – Дата доступа : 02.09.2022.

УДК 539.3

### ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КОНТАКТНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ КРУГЛОЙ ПЛАСТИНКИ ПРИ УСЛОВИИ РАВЕНСТВА ЕЁ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

*Ю. Н. КОТОВ*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев*

В работе рассматривается контактная задача для круглой пластинки на упругом основании под действием вертикальной нагрузки, распределенной по окружности. Считается, что точки пластинки, лежа-

щие на этой окружности, при её изгибе лежат в одной плоскости. Поставленная задача решается в полярных координатах способом Жемочкина. Система уравнений состоит из уравнений способа Жемочкина и уравнений равенства перемещений в отдельных точках пластинки. Подобная задача актуальна, например, при расчете металлической базы колонны кольцевого сечения или фундаментов дымовых труб ТЭЦ, когда точки базы под колонной и фундамента под трубами находятся в одной плоскости.

В работе рассматривается пространственная деформация круглой металлической базы центрально сжатой металлической колонны кольцевого поперечного сечения, лежащей на бетонном основании. Приводятся полученные графики контактных напряжений и перемещений.

Рассмотрим круглую пластинку на упругом основании под действием внешней распределенной по окружности нагрузки, вызывающей такие перемещения точек приложения внешних сил на пластинке, при которых они остаются лежать в одной плоскости (рисунок 1). Требуется определить контактные напряжения между пластинкой и упругим основанием, вертикальные перемещения и усилия в ней.

Поставленную задачу будем выполнять способом Жемочкина [1]. При решении задачи используем смешанный метод строительной механики [2].

Система уравнений для определения неизвестных при величине равнодействующей внешних сил  $R$  имеет вид:

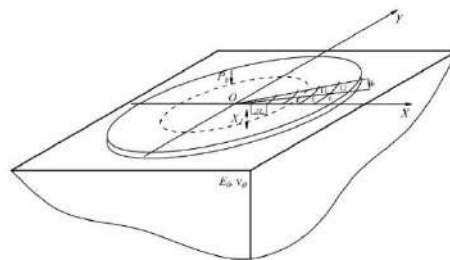


Рисунок 1 – Круглая пластинка на упругом основании

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{k=1}^m \delta_{i,k} X_k + u + \varphi_x r_i \sin \theta_i + \varphi_y r_i \cos \theta_i + \sum_{k=1}^n y_{i,k} P_k = 0, \quad i = 1, \dots, m; \\ -\sum_{k=1}^m X_k + \sum_{k=1}^n P_k = 0; \\ -\sum_{k=1}^m r_k \sin \theta_k X_k + \sum_{k=1}^n r_{pk} \sin \theta_{pk} P_k = 0; \\ -\sum_{k=1}^m r_k \cos \theta_k X_k + \sum_{k=1}^n r_{pk} \cos \theta_{pk} P_k = 0; \\ \sum_{k=1}^m F_{i,k} X_k - u_1 - \varphi_{1x} r_i \sin \theta_i - \varphi_{1y} r_i \cos \theta_i = 0, \quad i = 1, \dots, n; \\ \sum_{k=1}^n P_k = R \\ \sum_{k=1}^n r_{pk} \sin \theta_{pk} P_k = R a_x; \\ \sum_{k=1}^n r_{pk} \cos \theta_{pk} P_k = R a_y. \end{array} \right. \quad (1)$$

Расчет выполнялся для круглой металлической базы размерами опорной плиты  $0,7 \times 0,05$  м на бетонном фундаменте с упругими постоянными  $E_0 = 30\,600$  МПа,  $\nu_0 = 0,17$ . Колонна – кольцевого сечения, диаметром  $0,35$  м опирается на базу симметрично. Контактная зона колонны с опорной плитой содержит 24 участка Жемочкина. Центры этих участков принадлежат базе и находятся в одной плоскости. Так как колонна сжата центрально, то было принято, что равнодействующая внешних сил  $R$  проходит через центр базы. Система разрешающих уравнений имеет 174-й порядок. После решения системы находились контактные напряжения и определялись перемещения. На рисунках 2, 3 приводятся графики перемещений и напряжений по сечению базы. Явно видна область контакта и центрального сжатия.

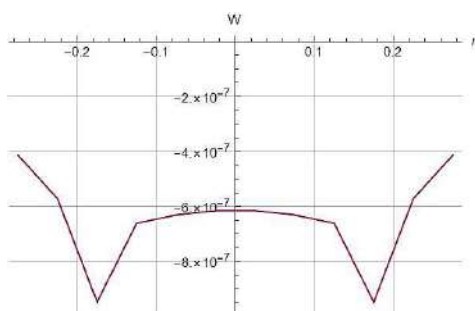


Рисунок 2 – Графики перемещений узлов базы по вертикальной оси

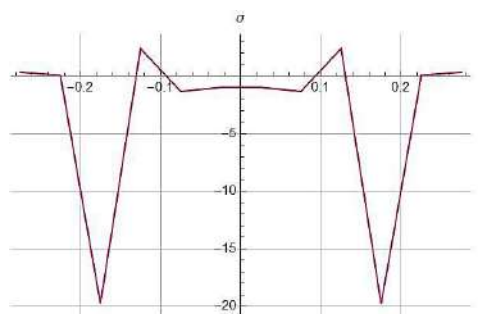


Рисунок 3 – Графики распределения контактных напряжений



Рисунок 4 – График распределения сил давления колонны на опорную плиту

На рисунке 4 показаны значения вертикальных сил, возникающих по окружности на контакте круглой колонны и базы в долях от величины  $R$  центрально приложенной равнодействующей силы.

В работе изложена методика расчета круглой пластинки на упругом основании в полярных координатах, позволяющая находить вертикальные перемещения, распределение контактных напряжений и силы, обеспечивающие нахождение некоторых перемещений пластинки в одной плоскости.

#### Список литературы

- 1 Жемочкин, Б. Н. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Синицын. – М. : Стройиздат, 1962. – 239 с.
- 2 Ржаницин, А. Р. Строительная механика / А. Р. Ржаницин. – М. : Высш. шк., 1991. – 439 с.

УДК 621.74

### МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

*Л. А. КУЧКОРОВ, Н. К. ТУРСУНОВ, О. Т. ТОИРОВ*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Приготовление формы из песчано-глинистых смесей (ПГС) получило широкое распространение на предприятиях, производящих крупногабаритное литье. Песчано-глинистая смесь – это смесь которая представляет собой смесь кварцевого песка с вяжущей глиной, водой и технологическими добавками, способная приобретать форму необходимой конфигурации при прессовании, встряхивании, надувании и других воздействиях. После отливки и затвердевания отливок форма подлежит уничтожению, ее материал подготавливается для последующего повторного использования. При этом в смесь необходимо вводить дополнительную порцию глины и технологических добавок взамен отработанных, а также удалять часть смеси. В большинстве случаев потери смеси составляют около 10 % массы отливки. Химически связанные стержни, используемые также при изготовлении отливок в песчано-глинистых формах, обычно обладают очень хорошей деформируемостью, частицы смеси, используемой для изготовления стержней, становятся несвязанными, обладают хорошей сыпучестью и в этом отношении ведут себя как зерна исходного песка. Во многих случаях количество песка, вводимого в ПГС из стержневой смеси при забивании, превышает требуемую добавку в районе 10 % от массы отливки и может достигать даже 100 % от этой массы, что является типичной ситуацией.

Для исследования был выбран образец формовочной футеровочной смеси влажностью  $3,9 \pm 0,1$ .

Для приготовления 100 % облицовочной смеси требуется кварцевый формовочный песок марки 1К3О2025 или 2К2О2025 по ГОСТ 2138-91 в количестве 89 %, бентонит Р1Т1 11 % по ГОСТ 28177-89, вода по требуемой влажности микстура. Для крупного литья влажность колеблется зимой от 3,5–4,2 %, в летний период 3,5–4,4 %.

После подбора традиционной смеси были проведены опыты с использованием в качестве добавок крахмала в количестве от 0,05 до 0,25 %.

Сначала определена влажность смеси на мини лабораторном оборудовании PWG МА35М (рисунок 1).

а)



б)



Рисунок 1 – Мини лабораторное оборудование PVF-C для адаптивности:  
а – общий вид; б – рукав со смесью

Метод основан на потере массы песка формовочной смеси после сушки до постоянной массы. Из навески смеси выделяют массу до 5 г, помещают в прибор для измерения влажности PWG МА35 и сушат в течение 5 минут. По истечении времени с прибора снимают показания влажности в процентах.

После этого были изготовлены образцы размером 50×50 мм (рисунок 2) по ГОСТ 23409.7-78 для испытаний на уплотняемость. Образцы изготовлены на мини лабораторном оборудовании ПВФ-Ц (рисунок 1, а). При изготовлении образцов плотность смеси определена методом, основанным на определении изменения высоты смеси в гильзе (рисунок 1, б) до и после.

Для определения уплотняемости отвешивают 155 г формовочной смеси, наполняют гильзу и проводят испытание в мини-лаборатории по созданию образцов и измерению механических свойств песчано-глинистых формовочных смесей PVF-C.



Рисунок 2 – Образцы для испытаний размерами 50×50 мм по ГОСТ 234097-78

На основании ряда экспериментов по ПГС для формовки «рама боковая и балка надресорная» были рекомендованы следующие составы формовочных смесей для облицовки и наполнительных формовочных смесей:

– как показали результаты эксперимента, добавление крахмала в ПГС оказывает положительный эффект. В то же время при добавлении в ПГС крахмалита (состоящего из 89 % кварцевого песка и 11 % бентонита) механические характеристики смеси повышались:

– предел прочности во влажном состоянии на 11,6 %;

– уплотнение на 4 %.

Показано оптимальное содержание крахмала, которое составляет 0,15 % от объема песчано-глинистой смеси.

#### Список литературы

1 Кучкоров, Л. А. Исследование состава формовочных и стержневых смесей для повышения механических свойств / Л. А. Кучкоров, Н. К. Турсунов, Н. К. Турсунов // Scientific progress. – 2021. – Vol. 2, № 5. – P. 350–356.

2 Improvement of technology for producing cast parts of rolling stock by reducing the fracture of large steel castings / N. K. Tursunov [et al.] // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Vol. 2, no. 4. – P. 948–953.

3 Toirov, O. T. Development of production technology of rolling stock cast part / O. T. Toirov, N. K. Tursunov // Conmechhydro 2021 : Intern. scientific conference on construction mechanics, hydraulics and water resources engineering. – Tashkent, 2021. – Vol. 264. – P. 05013.

4 Development of innovative technology of the high-quality steel production for the railway rolling stock cast parts / N. K. Tursunov [et al.] // Oriental renaissance : Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Vol. 2, no. 4. – P. 992–997.

5 Тоиров, О. Т. Совершенствование технологии внепечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // Universum: технические науки. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 4–2 (97). – С. 65–68.

УДК 721.012.1:364.682

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДИЗАЙН В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ В ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКЕ

*А. М. МИХАЛКО, А. В. ЩЕГЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Универсальный дизайн подразумевает под собой создание общедоступной комфортной среды для всех категорий людей, вне зависимости от их физических возможностей. Следование принципам универсального дизайна позволяет исключить адаптации жилой среды для ФОЛ в последующем. На сегодняшний день организация безбарьерной среды является одним из важных показателей комфортности.

При формировании безбарьерной среды в жилой застройке необходимо принять во внимание следующие аспекты: социальная значимость, типология, градостроительная роль объектов, объемно-планировочные решения, архитектурно-художественная значимость, конструктивные особенности. Кроме того, необходимо выявить индивидуальные особенности территории, существующей застройки и объектов среды.

Необходимость в универсальном дизайне безбарьерной среды в жилой застройке возникает при формировании эскизных разработок. На данном этапе образуются пространственные характеристики проектных решений застройки. Проектирование жилой застройки начинается с предпроектного анализа участка, который включает в себя градостроительный анализ объекта строительства в структуре города, природно-климатический анализ, социально-утилитарный, фотофиксацию территории, обследование существующего состояния благоустройства. Исходя из выявленных данных можно сформировать концепцию организации безбарьерной среды в жилой застройке, основанную на принципах универсального дизайна.

В процессе создания безбарьерного пространства выделяют два вида факторов, которые влияют на решение проблемы: объективные – факторы, которые включают в себя неменяющиеся элементы, подходящие нуждам маломобильного человека; факторы, которые могут изменяться при воздействии различных условий – экономики, уровня развития строительных технологий и материалов, времени и пр.

Среди объективных факторов следует выявить те условия, которые влияют на появление ассистивных устройств в проектном решении (рисунок 1). При определенных условиях специальные средства являются необходимыми.



Рисунок 1 – Логическая схема использования специальных средств доступности

Альтернативным решением может стать применение специального оборудования, либо проектирование пространственных элементов, которые не относятся к ассистивным технологиям. При моделировании проектных вариантов следует определить, в каком случае допустим отказ от специального оборудования, и в каком – целесообразно использовать ассистивные устройства.

Под полисенсорной доступностью принято понимать возможность пользователя задействовать минимум два органа чувств, с условием ориентирования в окружающей среде. Чаще всего при разработке проекта используется визуально-тактильная навигация в пространстве путем акцентов в освещении, разделение фактур поверхностей. Создание пространственной навигации для людей с недостатками зрения может быть выстроена путем представлений о местности, возникающих на основе понимания местоположения объектов в пространстве.

Смысловая доступность подразумевает под собой создание ритма на поверхностях фасада, в пространствах между улицей и зданием. Это позволяет эффективно осваивать среду обитания людям, испытывающим затруднение в восприятии сенсорной информации и ориентации.

При разработке решений по формированию безбарьерной среды в жилой застройке следует обратить внимание на следующие принципы универсального дизайна:

1 Равенство при эксплуатации – дизайн приспособлен для людей с разными возможностями, независимо от физических ограничений, пола, возраста, веса, роста, уровня концентрации и внимания, страны пребывания, владения языком. При этом, не выделяя ни одну из групп населения.

2 Гибкость в применении – дизайн подходит большому охвату различных личных способностей и предубеждений, обеспечена вариативность использования предметов и услуг.

3 Легкое и интуитивное использование – дизайн предполагает легкое понимание его применения любому человеку, вне зависимости от опыта, знания языков и уровня концентрации в данный момент.

4 Воспринимаемость информации – дизайн содействует легкому получению человеком необходимой информации, независимо от его особенностей восприятия и условий окружающей среды.

5 Приемлемость ошибки – дизайн призван максимально уменьшить возможность появления опасности или критические последствия нечаянных действий. При организации любой среды необходимо:

- преодолеть и изолировать причины риска и угрозы здоровью;
- обеспечить доступность к более востребованным элементам;
- предупредить пагубные последствия при технических сбоях и поломках;
- информировать о вероятных опасных и ложных ситуациях;
- мешать неосознанным действиям при выполнении заданий и работ.

6 Незначительные физические усилия – дизайн позволяет потребителю максимально комфортно и эффективно пользоваться им, прилагая минимальное количество усилий.

7 Размер и область доступа и использования – пространство имеет определенные параметры для эргономичного подхода, доступа, задействования любым человеком вне зависимости от его веса, роста, подвижности, параметров тела.

Проектные решения дворовых территорий, предназначенные для людей, испытывающих затруднение при самостоятельном движении, должны предоставлять повышенное качество их места проживания при соблюдении:

- доступности кратчайших путей к местам целевого посещения и беспрепятственного перемещения по территории;
- беспрепятственного движения;
- своевременного получения маломобильными группами населения достоверной информации, позволяющей использовать оборудование, ориентироваться в пространстве, получать услуги и т.п.;
- удобства и среды жизнедеятельности для всех слоев общества.

Также следует не забывать о том, что все проезды и пути движения должны быть комфортными, беспрепятственными, безопасными для передвижения маломобильных групп населения. Вся информация должна быть полноценной и качественной, позволяющей ориентироваться в пространстве.

Зонирование территории необходимо выполнять в обязательном порядке. Это позволяет учесть нужды всех проживающих жителей и распределить их так, чтобы они взаимодействовали по интересам, по возрасту, не мешая друг другу. В связи с этим можно выделить несколько функциональных зон: игровые площадки, площадки для отдыха взрослого населения, спортивные площадки, автостоянки, площадки для выгула собак, хозяйственно-бытовые площадки.

Изучая и анализируя принципы проектирования жилой застройки можно сделать выводы, что дворовая территория объединяет различные группы населения по интересам. На территории двора формируются временные социальные группы, для которых необходимо обеспечить удобство и комфорт пребывания. Все должно функционировать как единое целое, удовлетворяя потребности всех пользователей. Наряду с функциональностью двора стоит не забывать и об его эстетической части, чтобы каждому жителю было приятно отдыхать и находиться в нём.

#### Список литературы

- 1 Универсальный дизайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bez-pregrad.com/info/articles/universal-design.html>. – Дата доступа : 25.05.2022.
- 2 Безбарьерная среда жизнедеятельности физически ослабленных лиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gomel-region.by/uploads/files/Posobie-A5.pdf>. – Дата доступа : 25.05.2022.
- 3 Приемы оптимизации урбанизированных и внутренних пространств в контексте универсального дизайна [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ais.by/article/priemy-optimizacii-urbanizirovannyh-i-vnutrennih-prostranstv-v-kontekste-universalnogo>. – Дата доступа : 25.05.2022.

УДК 691.328.43

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМЗИТОФИБРОБЕТОННОЙ СМЕСИ С ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРОЙ

*Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА, В. А. РЖЕВУЦКАЯ*  
*Белорусско-Российский университет, г. Могилев*

Керамзитобетон является перспективным строительным материалом для изготовления несущих строительных конструкций, поскольку позволяет снизить их теплопроводность и материалоемкость [1]. По результатам ранее проведенных исследований [2] устанавливалось влияние фибрового армирования полипропиленовой фиброй на прочностные и деформативные характеристики керамзитобетона в сравнении с керамзитобетоном без армирования. Рассматривалось содержание фибрового волокна 0,5, 1,0 и 1,5 % по массе от массы цемента. При этом в период изготовления опытных образцов особое внимание уделялось технологии приготовления бетонной смеси, поскольку при нарушении правильной технологии согласно выполненному аналитическому обзору литературных источников по данному вопросу [3] добавление полимерной фибры не оказывает положительного влияния на прочностные и деформативные свойства легкого бетона.

Исследования технологии приготовления фибробетонной смеси, представленные в [4], свидетельствуют о необходимости первоначального тщательного смешивания сухих компонентов, и только после тщательного перемешивания порционное добавление к смеси требуемого количества воды. Тем не менее такой метод, легко применимый для небольших лабораторных замесов, будет неудобен в производственных условиях. Наряду с этим, в исследования [5] указано, что введение полипропиленовых волокон лучше осуществлять порционно в бетоносмеситель незадолго до окончания перемешивания бетонной смеси.



Нами было проведено исследование, направленное на разработку технологии приготовления керамзитовофибробетонной смеси, которую было бы удобно применять при больших объемах замесов. Было изготовлено три серии опытных образцов-кубов с размерами 150×150×150 мм и 100×100×100 мм. В качестве крупного заполнителя использовался керамзитовый гравий фракции 5–10 мм производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль». Состав керамзитобетонной смеси: Ц : П : К = 1 : 1,84 : 0,79, В/Ц = 0,52 (Ц – цемент, П – песок, К – керамзитовый гравий, В/Ц – водоцементное отношение).

В представленном исследовании разные серии опытных образцов изготавливались с применением следующих технологий приготовления керамзитовофибробетонной смеси:

– вариант А (традиционно рекомендуемый): полимерную фибру добавляли к сухим компонентам (цемент, песок, керамзитовый гравий), сухая смесь тщательно перемешивалась, затем порционно добавляли воду;

– вариант Б (альтернативный): фибру предварительно смешивали с водой, затем порционно добавляли остальные компоненты смеси (последовательно: цемент, песок, керамзитовый гравий).

При изготовлении опытных образцов в сериях 1 и 2 керамзитобетонная смесь приготавливалась согласно варианту А, т. е. полипропиленовая фибра добавлялась в сухую смесь компонентов (цемент, песок, керамзитовый гравий), смесь тщательно перемешивалась, а затем частями добавлялась вода. Этот вариант был удобен при небольших замесах в лаборатории для изготовления образцов-кубов. Однако в случае замеса объемом от 0,3 м<sup>3</sup> с применением наклонного бетоносмесителя при добавлении фибры к сухим компонентам с последующим затворением водой во всех случаях была получена прочность керамзитовофибробетона меньше, чем неармированного керамзитобетона.

В связи с этим при изготовлении серии 3 опытных образцов был применен другой – альтернативный – вариант приготовления керамзитовофибробетонной смеси (вариант Б): сначала в барабан бетоносмесителя заливали воду, затем в воду порционно добавляли требуемое количество полипропиленовой фибры, после чего последовательно добавляли цемент, песок и керамзитовый гравий. Время перемешивания было увеличено на 15 %. Такой способ приготовления керамзитовофибробетонной смеси позволил получить керамзитовофибробетон с прочностью не ниже прочности неармированного керамзитобетона.

Результаты испытания опытных образцов-кубов серий 1–3, которые были изготовлены из керамзитовофибробетонной смеси, приготовленной по технологиям А и Б, подробно приведены в [6]. На рисунке 1 очевидно прослеживается влияние технологии приготовления керамзитовофибробетонной смеси на кубиковую прочность керамзитовофибробетона:

– для варианта А при смешивании сухих компонентов с последующим затворением водой отмечена тенденция уменьшения прочности с увеличением коэффициента армирования;

– для варианта Б при введении полипропиленовых волокон в воду с последующим добавлением остальных компонентов (вяжущего и заполнителей) указанная тенденция не отмечена.

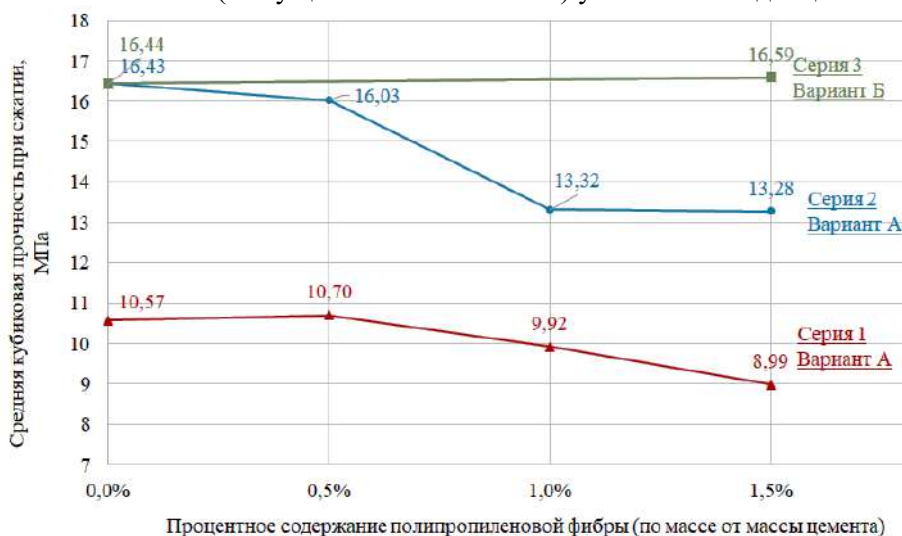


Рисунок 1 – Значение средней кубиковой прочности в зависимости от процентного содержания полипропиленовых волокон [6]

Таким образом, представляется перспективным проведение исследований по уточнению технологии приготовления керамзитовофибробетонной смеси. Предлагается в бетоносмеситель сначала заливать требуемое количество воды, затем порционно добавлять полипропиленовую фибру, затем вяжущее (цемент) и заполнители (песок и керамзит). Требуется увеличить время смешивания минимум на 15 %. Такой вариант является более адаптированным для производственных условий и по предварительным данным обеспечивает получение керамзитовофибробетона с прочностью не ниже прочности неармированного керамзитобетона.

#### Список литературы

- 1 **Ефременко, А. С.** Высокопрочные легкие бетоны на основе тонкомолотых композиционных вяжущих с использованием зол терриконов: [монография] / А. С. Ефременко. – СПб. : Научное издание, 2019. – 128 с.
- 2 **Maskalkova, Y.** Compressive Cylinder Strength and Deformability of Expanded Clay Fiber-Reinforced Concrete with Polypropylene Fiber / Yulia G. Maskalkova, Valeryia A. Rzhvetskaya // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2022. – Is. 18, no 2. – P. 31–42. <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2022-18-2-31-42>.
- 3 **Москалькова, Ю. Г.** Дисперсное армирование керамзитобетона полипропиленовой фиброй / Ю. Г. Москалькова // AlfaBuild. – 2019. – № 12. – С. 47–53. <https://doi.org/10.34910/ALF.12.7>.
- 4 **Емельянова, И. А.** Моделирование процесса перемешивания бетонной смеси с полипропиленовой фиброй / И. А. Емельянова, В. И. Шевченко // Технологии бетонов: Информационный научно-технический журнал. – 2014. – № 3 (92). – С. 36–38.
- 5 Применение фибробетона в железобетонных конструкциях / И. В. Белоусов [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4. – С. 1–16.
- 6 **Maskalkova, Yu.** Compressive Strength of Expanded Clay Fiber-Reinforced Concrete / Yu. Maskalkova, V. Rzhvetskaya // AlfaBuild. – 2021. – Is. 19 (4). – Article No 1904. – <https://doi.org/10.34910/ALF.19.4>.

УДК 628.29

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*И. В. ПАВЛОВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Уровень доступа к канализации является одним из важнейших показателей, определяющих качество жизни населения. Системы канализации в крупных городах Республики Беларусь в отличие от малых населённых пунктов характеризуются развитием и надёжностью, а строительство данных систем в малых населённых пунктах и отдельно расположенных объектах на протяжении многих лет отставало от потребности в них сельского населения и агропромышленных комплексов.

В последнее десятилетие ситуация в секторе водопроводно-канализационного хозяйства начала существенно изменяться. Действующие государственные программы и нормативно-правовые акты направлены в том числе на снижение антропогенного воздействия сточных вод на окружающую среду. Так, на 2016 г. по данным, приведённым в Государственной программе «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2016–2020 годы, обеспеченность централизованными и местными системами хозяйственно-бытовой канализации городского населения составляет 91,9 %, сельского населения – 37,9 %, что соответственно на 1,6 и 7,6 процентного пункта выше, чем в 2010 году [1]. По данным, приведённым в Государственной программе «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2021–2025 годы, на 2021 г. обеспеченность населения централизованными системами водоотведения (канализации) в целом по стране составляет 78,3 %, а целевым показателем на 2025 г. является 79,3 % обеспеченность благодаря строительству и реконструкции 70 очистных сооружений сточных вод [2]. Таким образом, с учётом динамичного развития жилищно-коммунального хозяйства крайне необходимо выявлять факторы, ведущие к нерациональному расходу средств на строительство, реконструкцию и последующую эксплуатацию очистных сооружений и искать пути их устранения.

На сегодняшний день существующие системы водоотведения (канализации) имеют следующие проблемы [3]:

- высокий физический износ очистных сооружений;

– отсутствие современных технологий и оборудования для очистки сточных вод вследствие быстрого развития отрасли и устаревания нормативной базы, в соответствии с которой были запроектированы действующие очистные сооружения;

– недостаточный уровень автоматизации и диспетчеризации технологических процессов;

– сброс в централизованные системы водоотведения (канализации) недостаточно очищенных производственных сточных вод вследствие несовершенства технологий очистки и неудовлетворительной эксплуатации действующих локальных очистных сооружений;

– неудовлетворительное состояние инженерных коммуникаций, из-за чего усложняется эксплуатация очистных сооружений.

Вследствие износа самих сооружений, а также устаревания применяющихся технологий очистки, значительная часть очистных сооружений Республики Беларусь требуют реконструкции либо полной замены, что влечет большие вложения средств. Проектирование оптимальных решений для каждого отдельно взятого объекта осложняется факторами, вытекающими в том числе из вышеперечисленных проблем.

Главный фактор, затрудняющий проектирование очистных сооружений – это частичное или полное отсутствие таких исходных данных: как расход сточных вод (в том числе с почасовой динамикой в течение суток); перечень загрязняющих веществ и их концентрации в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения; температура сточных вод в каждом месяце по году и т.д. Недостающие исходные данные для проектирования определяются расчётными методами либо путём проведения кратковременных измерений. При этом действующая нормативная документация требует использовать для проектирования данные за последние три полных года наблюдений [4]. Несоблюдение этого требования обычно ведёт к удорожанию будущих сооружений, а в худшем – к потере средств на строительство сооружений, изначально не способных очистить сточные воды до нормативных показателей.

Не менее важным условием эффективной работы очистных сооружений является их правильная эксплуатация, которая требует от обслуживающего персонала соответствующей квалификации.

Внешние негативные факторы, такие как сброс промышленным предприятием концентрированных сточных вод в систему водоотведения либо перебои в работе инженерных систем, обеспечивающих подачу сточных вод на очистные сооружения, способны нарушить работу даже правильно запроектированных, построенных и эксплуатируемых сооружений.

Пример реального проекта, без замечаний прошедшего государственную экспертизу, показывает, насколько серьёзными могут быть последствия допущенных на этапе проектирования ошибок [5]: определение всех исходных данных расчётными методами; игнорирование рекомендаций нормативной документации; применение технологий, не соответствующих масштабу очистных сооружений; использование несоответствующих условиям методов очистки; нерациональный подбор вспомогательного оборудования и т.д. – привели к удорожанию строительства в два раза, затратам на реагенты в девять раз, затратам на электроэнергию в три раза, перерасходу тепла в пятнадцать раз. При этом в проекте были использованы подходы и типы оборудования, вполне применимые для сооружений меньшей производительности. Такой подход стал одной из негативных тенденций на рынке очистных сооружений, когда компании, получившие опыт в сегменте относительно малых установок, смело берутся за гораздо большие объекты, не чувствуя их специфики. В таком случае использование формально современных и не запрещённых стандартами решений по созданию очистных сооружений способно обречь заказчика нести все последующие годы огромные эксплуатационные затраты.

В целях недопущения серьёзных ошибок в проектах целесообразно:

– привлекать к реализации крупных проектов независимых специалистов, как консультантов, ещё до стадии утверждения задания на проектирование вплоть до окончания реализации проекта;

– внимательно изучить и использовать при разработке задания на проектирование и рассмотрении проекта положения СН [4] и включить в задание соблюдение соответствующих пунктов, относящихся к очистным сооружениям по производительности и другим условиям;

– сопоставлять основные технические характеристики проекта с ведущими очистными сооружениями с учётом масштабов объектов.

В целом необходимо совершенствовать законодательную систему, которая могла бы предусматривать механизм ликвидации всех недостатков, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией систем водоотведения (канализации). Необходимо, чтобы в законе были отражены

условия применения новых технологий, материалов и оборудования с целью повышения надёжности, эффективности и энергосбережения системы.

Для разрешения проблем на существующих очистных сооружениях целесообразно применять комплексный подход, учитывающий все факторы, влияющие на создание эффективной системы водоотведения. Путём совершенствования законодательной системы в том числе следует стимулировать промышленные предприятия к строительству локальных очистных сооружений и не допускать сброса недоочищенных сточных вод в централизованную систему канализации. Повышать уровень автоматизации системы водоотведения для облегчения её эксплуатации обслуживающим персоналом, для повышения безопасности, отказоустойчивости и энергоэффективности. Также автоматизированные средства контроля качественных и количественных показателей сточных вод позволят решить проблему сбора полного и достоверного массива исходных данных для последующей реконструкции или строительства.

#### Список литературы

- 1 Государственная программа «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2016–2020 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 21.04.2016 № 326 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600326&p1=1>. – Дата доступа : 28.09.2022 г.
- 2 Государственная программа «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2021–2025 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 28.01.2021 № 50 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050>. – Дата доступа : 28.09.2022 г.
- 3 Новикова, О. К. Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 206 с.
- 4 СН 4.01.02.2019 / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь : рук. разработ.: В. Н. Ануфриев. – Минск : Стройтехнорм, 2021. – 85 с.
- 5 Проектирование очистных сооружений канализации: как избежать негативного опыта // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2018. – № 1. – С. 36–45.

УДК 711

## ИСТОРИЧЕСКАЯ РОЛЬ ТВОРЧЕСКОГО ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*А. В. ПАЦКЕВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Профессия инженера-строителя имеет очень древние корни. Типичными примерами древних строительных технологий могут служить пирамиды Древнего Египта и Южной Америки. Творческой инженерной мыслью на тысячелетия были созданы, своего рода, эталоны надёжности и безопасности. При этом, назначение постройки этих грандиозных и масштабных сооружений с трудом укладывается в нынешнюю логику. Создаётся впечатление, что люди того периода жили и творили в условиях совершенно иной системы координат.

Современники давно уже привыкли к городам и весям, застроенными зданиями и сооружениями различного назначения. Возведено большое количество автомобильных и железных дорог, через реки перекинута мосты. В наши дома проложены инженерные сети различного назначения. Одна из важнейших функций всех названных объектов – обеспечение безопасности жизнедеятельности человека.

Здания и сооружения сделаны руками рабочих под руководством квалифицированных специалистов – инженеров-строителей, обладающих инженерным складом ума. За истекшее время сформировались три основные особенности инженерного мышления: художественная, практическая (технологическая) и научная. Справедливо считается, что современное инженерное мышление глубоко научно.

В этой профессии большое значение имеет уровень развития наглядно-образного и пространственного мышления. Образное мышление оперирует образами, пространственное – понятиями. Но часто, столкнувшись с неординарной ситуацией, инженеру приходится мыслить шире установленных понятий. Здесь на помощь приходит абстрактное мышление, которое оперирует разными знаниями и мыслительным опытом. В связи с этим погружение в данную тему наводит на размышления о причине и самой природе происхождения данной разновидности мышления.

Всесторонняя оценка эволюционных циклов дала основания рассматривать всю историю развития в виде иерархической линейки ряда типов электромагнитного излучения. Каждый диапазон имеет конкретный временной период воздействия на нашу планету, тем самым влияя на формирование различий, как в живой, так и в неживой природе. Существует теория, что понимание истоков абстрактного мышления и связанного с этим совершенствования нашей популяции может быть объяснено воздействием электромагнитных полей, а именно, их спектром.

В шкале электромагнитного спектра выделяют два диапазона: низкочастотный и высокочастотный [1]. Низкочастотный участок электромагнитного спектра включает диапазоны излучений, в которых развивались предыдущие популяции и развивались цивилизации (таблица 1) [2].

Таблица 1

Период	Диапазон излучения	Цивилизация
I	Длинные радиоволны	–
II	Радиоволны	–
III	Микроволны	Лемурийцы (термин предложен немецким биологом Эрнстом Геккелем (нем. Ernst Heinrich Philipp August Haeckel; 1834–1919) в 1870 году)
IV	Инфракрасный диапазон	Атланты (название из диалогов Платона (др.-греч. Πλάτων; 428/427 или 424/423 – 348/347 до н. э.), который ссылался на Солона)
V	Видимый участок спектра (четыре цвета: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный)	Арии (этноним, которым индоиранцы называли своих предков ариев)

Границей перехода на высокочастотный диапазон в зоне видимого излучения служит вибрация голубого цвета. Точкой отсчёта считается 7 ноября (25 октября) 1917 года.

За ней следует линейка высокочастотных диапазонов, соответствующих эволюции будущих популяций: синий и фиолетовый колер видимого участка, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение,  $\gamma$ -излучение.

Изучение предыдущих этапов эволюции нашей пятой расы (Ариев) показало, что в период совершенствования предшествующих популяций «гоминид», «приматов» и череды первых «homo» параллельно сосуществовали подобные им виды. А вот у рода «люди» (*Homo sapiens*) на этапе современного облика такие параллели отсутствуют.

Причина кроется в особенностях становления нашего вида на текущем отрезке времени. В связи с «выходом» из естественной природы у homo для дальнейшего существования возникла необходимость создания параллельной «виртуальной среды». Главенствующую роль в процессе формирования инфраструктуры нынешней цивилизации сыграл фактор формирования и поэтапного совершенствования абстрактного мышления, благодаря которому из вереницы разновидностей homo в итоге и появился homo sapiens.

В настоящее время современное население планеты достигло критической ступени роста, предполагающей построение реальности на основе знаний, полученных и наработанных в процессе развития абстрактного мышления. При этом приобретённый опыт следует переосмыслить с учетом высокочастотного диапазона излучения. Отметим, что ещё в советской методологии науки рассматривались три формы движения материи: неживая, живая и разумная.

В качестве имевших место в истории примеров проявления высокочастотного диапазона электромагнитного спектра может служить жизнедеятельность «генераторов идей», которые проявили себя в первой половине XX века. Здесь важно понимание их стиля мышления.

Один из них Никола Тесла (1856–1943), изобретатель в области электротехники и радиотехники, инженер и физик. Биографы считают Теслу «человеком, который изобрел XX век». Приведём высказывания Николы Тесла в его интервью в 1889 году в лаборатории в Колорадо Спрингс о силе визуализации: «Мне, возможно, придется поблагодарить визуализацию за всё, что я придумал. События моей жизни и мои изобретения реальны и видимы моими глазами, видимы как каждое событие, так и предмет. <...> Именно визуализации я обязан всем, что я изобрёл. События моей жизни и мои изобретения были визуализированы мною так же явно, как любое реальное явление». А вот

еще одна его цитата в русле этой же тематики: «Мой мозг только приемное устройство. В космическом пространстве существует некое ядро, откуда мы черпаем знания, силы, вдохновение. Я не проник в тайны этого ядра, но знаю, что оно существует».

На данном этапе эволюции, всё говорит о том, что в XXI веке современное человечество вступило в фазу полной непредсказуемости событий, происходящих на планете. Судя по всему, мы входим в новую систему координат и это потребует пересмотра отношения к жизненным основам, на которых базировались предыдущие цивилизации. А для нас в первую очередь это опыт СССР. Подобный подход поможет придать импульс для повышения эффективности мышления и устремить взгляд в будущее.

Данное обстоятельство особо касается творческого инженерного мышления, так как оно выражается в проведении в реальность объектов, которые ранее не существовали. А созданию чего-то уникального предшествует этап обучения и подготовки. И здесь как раз важно понять сущность развития инженерной мысли, соответствующего современному этапу эволюции.

#### Список литературы

1 **Пацкевич, А. В.** Роль науки в понимании путей преодоления низкочастотного этапа эволюции / А. В. Пацкевич, Ю. И. Пацкевич // Ноосферизм – новый путь развития. Субеттовские чтения : материалы II Междунар. науч. конф. посвященной 85-летию А. И. Субетто. Санкт-Петербург, 27 мая 2022 г. [кол. монография] ; под науч. ред. проф. В. В. Семикина. – СПб. : Астерион, 2022. – С. 414–421.

2 **Аблеев, С. Р.** Тайна происхождения человека: Сокров. Мудрость Востока и космо-эволюц. гипотеза антропогенеза в свете новых науч. тенденций / С. Р. Аблеев; Рос. междисциплинар. проект комплекс. исслед. «Мистернум Магнум» НИИ социал. пробл. РАЕН. – Тула : Ирида-прос, 2004.

УДК 666.982:620.91

## О ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕЛИОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

*М. А. ПРАВЕДНАЯ, Т. В. ЯШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На заводах строительной индустрии перспективно создание гибких энергосистем, в которых наряду с традиционными теплоносителями применяется солнечная энергия: ускоренный нагрев бетона осуществляется электроэнергией, паром, продуктами сгорания, а изотермическое выдерживание изделий – с использованием солнечной энергии. Оснащение светопрозрачными крышками ямных пропарочных камер, устанавливаемых на открытых цехах и полигонах, позволило перейти на комбинированный метод термической обработки бетона [1]. Причина поиска альтернативных источников энергии – потребность получать её из энерговозобновляемых, практически неисчерпаемых природных ресурсов. Также особенно важны экологичность и экономичность.

Для ускорения твердения бетона используется метод приготовления бетонной смеси при температуре 50–60 °С на предварительно нагретых солнечной радиацией воде и заполнителях с обязательным введением в ее состав пластификаторов или суперпластификаторов.

При производстве бетонных работ солнечная энергия используется для прямого или пассивного нагрева твердеющего бетонного изделия. В естественных условиях бетон в течение суток, взаимодействуя с внешней средой через его поверхность, подвергается воздействию радиационного излучения и колебаний температуры наружной среды, тем самым участвуя в сложном процессе тепло- и массообмена с окружающим пространством. Тепловая энергия, определяющая температурный режим в бетоне, является результатом сложения энергии тепла из окружающей среды, переданной излучением, и теплоты, выделенной в ходе экзотермического процесса. Тепловыделение бетона зависит как от минералогического и химического состава цемента, тонкости его помола, водоцементного отношения, так и от температуры бетона и продолжительности его твердения, а также теплоты, накопленной им за световой день. Абсолютная его величина зависит от теплоемкости, теплопроводности и плотности бетона; теплоты, которая выделяется с поверхности бетона в окружающее пространство посредством конвективной теплопередачи, включающей отраженное и соб-

ственное излучение; теплоты, которая затрачивается на испарение из бетона воды для затворения и выделяется при конденсации водяного пара.

Чаще всего, бетон обладает шероховатой, неровной поверхностью, поэтому при укладке однослойного светопрозрачного ограждения между ним и поверхностью бетона создается воздушный зазор, приводящий к возникновению сложной системы с радиационно-кондуктивным теплообменом. Для образования такого зазора бетон укрывают полимерной пленкой, жестко закрепляют ее по периметру обрабатываемой поверхности, создавая систему, в которой на внутренней поверхности светопрозрачного ограждения конденсируется влага, что приводит к массообменным процессам. Теплообмен с окружающей средой в данной системе происходит вследствие конвекции и лучеиспускания. В дневное время благодаря прозрачности полимерных пленок лучистая радиация накапливается в бетоне и в промежутке между ним и полимерной пленкой, а теплообмен сопровождается излучением. В результате данного процесса тепловой поток снова возвращается на поверхность бетона, способствуя сохранению теплоты в бетонном теле. Теплота, образующаяся в процессе образования влаги на внутренней поверхности пленки, также участвует в нагреве бетона. Количество поглощенной лучистой энергии зависит как от степени черноты поверхности твердеющего бетона, так и от оптических свойств светопрозрачной пленки, размещаемой между источником излучения и поглощающей поверхностью бетона. В ночное время бетон, как носитель низкопотенциальной теплоты, становится непосредственным источником инфракрасного длинноволнового излучения, а полимерные ограждения, находящиеся на его поверхности, задерживают это излучение. Температура бетона, постепенно снижающаяся в ночное время, оказывается выше температуры наружного воздуха. Для оценки скорости охлаждения бетона используют спектральные коэффициенты пропускания, отражения и поглощения полимерных пленок в длинноволновой области.

В гелионагревательных устройствах, работающих по принципу "горячего ящика", солнечная радиация конвертируется в тепловую энергию, которая накапливается в объеме камеры в пределах температур изотермического выдерживания бетона. В таких гелиокамерах можно реализовать пакетную технологию выдерживания изделий, а также заполнять их объем объектами различных геометрических размеров. При поглощении солнечной энергии металл нагревается, после чего становится генератором теплового излучения: таким образом солнечная энергия преобразуется в тепловую. При наличии тепловоспринимающего материала температура воздуха в устройстве поднимается свыше 80 °С. Повышение температуры по сравнению с температурой окружающего пространства в обычных условиях позволяет получить температуру воздуха от 49 до 60 °С. Таким образом, для получения в гелионагревателе температур, близких к температуре изотермической выдержки бетона, требуется, чтобы внутри гелиокамеры находился материал, воспринимающий тепло [1].

Летом в средней полосе Европы производительность тепловых коллекторов с жидкостным теплоносителем может достигать до 60 литров воды, нагретой до 60–70 °С, с каждого квадратного метра в день. КПД солнечного коллектора достигает 70 %. Он зависит от плотности потока солнечной энергии, температур окружающей среды и нагретой в коллекторе воды. Стандартная температура нагретой воды составляет 50 °С. При понижении данной температуры КПД коллектора повышается. Использование на теплоприемной поверхности селективно поглощающих покрытий, которые хорошо поглощают видимую часть солнечного спектра и практически не излучают в инфракрасной его области, позволяет увеличить эффективность солнечного коллектора примерно на 20 %. Такие коллекторы обладают низкой материалоемкостью (вес материала, затраченного на изготовление 1 м<sup>2</sup> поверхности) и низкой инерционностью (время нагрева воды до заданной температуры при конкретном давлении воды) [2]. Срок службы коллектора составляет не менее 10 лет. Основываясь на опыте эффективной эксплуатации гелиоколлекторов в Гомельской области (более чем на 50 объектах с 2007 г.), можно сделать вывод об эффективности их применения в Республике Беларусь [3].

Территория Республики Беларусь получает больше солнечной энергии по сравнению с западноевропейской, расположенной на такой же широте, что в последнем случае обусловлено влиянием Атлантики и Балтики. Вследствие меньшей облачности суммарное количество приходящей в Беларусь солнечной радиации превосходит северные территории соседних стран, однако, несмотря на более выгодное положение нашей страны, государства Европы намного активнее используют солнечную энергию. Производство железобетонных изделий с применением гелиокамер позволяет существенно снизить стоимость изделий, сократить энергозатраты, что актуально при строительстве объектов на транспорте.

## Список литературы

1 Солнечная энергетика в Крыму. Методическое пособие для специалистов и всех интересующихся проблемами использования солнечной энергии / С. В. Казаченко [и др.]. – Симферополь. : Фонд Восточная Европа ; Творческий союз научных и инженерных объединений (обществ) Крыма, 2008. – С. 30.

2 Примеры и рекомендации по использованию солнечной энергии в технологических целях [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://banksolar.ru>. – Дата доступа : 03.09.2022.

3 Солнечный коллектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.solarcollector.by>. – Дата доступа : 05.09.2022.

УДК 614.876:69.05

## РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТХОДОВ ГОМЕЛЬСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*В. А. САВАСТЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Гомельский химический завод за время своей работы накопил в отвалах вблизи территории производственных цехов более 22 млн т отходов на площади около 100 га. Основной частью этих техногенных отходов является фосфогипс, в котором ~97 % гипса и ~3 % составляют фосфаты железа и алюминия, ортофосфорная кислота, фторсиликаты калия и натрия, фториды кальция [1]. Отходы фосфогипса представляют значительную опасность с точки зрения вредного влияния на окружающую среду, являясь источником загрязнения почвы, поверхностных и подземных вод.

Их утилизация представляется важной проблемой как экологического, так и экономического значения. В настоящее время существует ряд предложений по использованию отходов в сельском хозяйстве и производстве строительных материалов [2, 3].

Все строительные материалы, изготовленные из элементов земной коры, являются источниками радиоактивных газообразных изотопов  $^{222}_{86}\text{Rn}$ ,  $^{220}_{86}\text{Rn}$ ,  $^{219}_{86}\text{Rn}$ . Перечисленные изотопы радона – это члены соответствующих радиоактивных семейств:  $^{235}_{92}\text{U}$ ,  $^{238}_{92}\text{U}$  и  $^{232}_{90}\text{Th}$ .

Естественная радиоактивность воздуха в зданиях в основном обусловлена вышеуказанными изотопами радона и дочерними продуктами их распада.

Бета-активность воздуха обусловлена преимущественно генетически связанными изотопами свинца и висмута, альфа-активность – изотопами радона и полония.

Газообразный радон тяжелее воздуха, поэтому его концентрация максимальна вблизи земной поверхности и уменьшается с высотой. Количественной оценкой естественной радиоактивности воздуха является эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) дочерних продуктов распада  $^{222}_{86}\text{Rn}$  (семейство  $^{238}_{92}\text{U}$ ) и  $^{220}_{86}\text{Rn}$  (семейство  $^{232}_{90}\text{Th}$ ).

Эквивалентная равновесная объемная активностью (ЭРОА) дочерних продуктов распада  $^{222}_{86}\text{Rn}$  рассчитывается как взвешенная сумма объемных активностей  $^{218}_{84}\text{Po}$  (RaA);  $^{214}_{83}\text{Bi}$  (RaB) и  $^{214}_{82}\text{Pb}$  (RaC) [4]:

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} = 0,10 A_{\text{RaA}} + 0,52 A_{\text{RaB}} + 0,38 A_{\text{RaC}}.$$

Эквивалентная равновесная объемная активностью дочерних продуктов распада  $^{220}_{86}\text{Rn}$  (семейство  $^{232}_{90}\text{Th}$ ) – это взвешенная сумма объемных активностей  $^{212}_{82}\text{Pb}$  (ThB) и  $^{212}_{83}\text{Bi}$  (ThC):

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Th}} = 0,91 A_{\text{ThB}} + 0,09 A_{\text{ThC}}.$$

В соответствии с действующими СанПиП «Требования к радиационной безопасности» при проектировании зданий жилищного и общественного назначения должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активностью дочерних продуктов распада  $^{222}_{86}\text{Rn}$  и  $^{220}_{86}\text{Rn}$  в воздухе помещений не превышала  $100 \text{ Бк/м}^3$ :

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} + 4,6(\text{ЭРОА})_{\text{Th}} \leq 100 \text{ Бк/м}^3.$$



В эксплуатируемых зданиях в воздухе жилых помещений

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} + 4,6(\text{ЭРОА})_{\text{Th}} \leq 200 \text{ Бк/м}^3.$$

Большинство современных строительных материалов (бетон, кирпич, фосфогипс, шлак силиката кальция и др.) являются источниками радона. Поэтому его содержание внутри зданий зависит от того, из каких материалов они построены, а также от проветриваемости помещений и высоты, на которой они находятся. Концентрация радона внутри зданий в 2,5–200 раз выше, чем вне их.

В целях обеспечения радиационной безопасности все строительные материалы по содержанию природных радионуклидов разделены на 4 класса по значениям их эффективной удельной активности  $A_{\text{эф}}$  [4]:

$$A_{\text{эф}} = A_{\text{Ra}} + 1,3A_{\text{Th}} + 0,09A_{\text{K}},$$

где  $A_{\text{Ra}}$  и  $A_{\text{Th}}$  – удельные активности  $^{226}_{88}\text{Ra}$  и  $^{232}_{90}\text{Th}$ , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов;  $A_{\text{K}}$  – удельная активность  $^{40}_{19}\text{K}$  (Бк/кг).

Удельная эффективная активность для материалов, используемых:

– при строительстве и реконструкции жилых помещений и общественных зданий (I класс),  $A_{\text{эф}} \leq 370$  Бк/кг;

– в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при строительстве производственных сооружений (II класс),  $A_{\text{эф}} \leq 740$  Бк/кг;

– в дорожном строительстве вне пределов территории населенных пунктов, в пределах территории населенных пунктов (III класс),  $A_{\text{эф}} \leq 1500$  Бк/кг.

Вопрос использования строительных материалов, для которых  $1500 \text{ Бк/кг} < A_{\text{эф}} < 4000 \text{ Бк/кг}$  (IV класс), решается в каждом случае по согласованию с органами госнадзора. Запрещается использовать в любом виде строительства материалы, для которых  $A_{\text{эф}} > 4000 \text{ Бк/кг}$ .

Так как использование техногенных отходов Гомельского химического завода в производстве строительных материалов представляется наиболее перспективным, имеет смысл оценить радиационную безопасность таких материалов.

В таблице 1 представлены результаты определения с помощью бета-гамма-спектрометра МКС-АТ1315 удельной активности  $^{226}_{88}\text{Ra}$ ,  $^{232}_{90}\text{Th}$  и  $^{40}_{19}\text{K}$  в образцах сырья, поступающего из Кавдорского месторождения (г. Апатиты, РФ), произведенного суперфосфата и отходов производства на Гомельском химическом заводе, а также значения их эффективной удельной активности.

Таблица 1

Образец	$A_{\text{Ra}}$ , Бк/кг	$A_{\text{Th}}$ , Бк/кг	$A_{\text{K}}$ , Бк/кг	$A_{\text{эф}}$ , Бк/кг
Сырье	$15 \pm 8$	$70 \pm 21$	<100	$115 \pm 30$
Суперфосфат	$29 \pm 10$	$37 \pm 12$	<100	$86 \pm 21$
Отходы	$19 \pm 9$	<10	<100	$41 \pm 9$

Результаты, приведенные в таблице 1, указывают на то, что отходы Гомельского химического завода имеют низкую радиационную опасность и могут использоваться без ограничений в любом виде строительного производства, в том числе при производстве материалов для жилищного строительства.

#### Список литературы

- 1 Шершнёв, О. В. Оценка воздействия отходов фосфогипса на компоненты окружающей среды / О. В. Шершнёв // Экологический вестник. – 2016. – № 2 (36). – С. 97–103.
- 2 Утилизация отходов Гомельского химического завода с получением товарной продукции / А. Г. Губская [и др.] // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС; редкол. : О. Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 11. – С. 89–107.
- 3 Производственные и экологические аспекты использования фосфогипса в настоящее время / А. М. Кержнер [и др.] // сб. докл. конф. РГА (Российская гипсовая ассоциация). – М., 2005. – С. 49–52.
- 4 Требования к радиационной безопасности : Санитарные нормы и правила : утв. пост. М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 213. – Минск, 2012. – 36 с.

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*Е. В. СЕДУН, В. А. ДОЛЯ, А. А. ВАСИЛЬЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Задача оценки остаточного ресурса элементов (конструкций) зданий и сооружений является одной из самых значимых для Республики Беларусь в настоящее время. Её актуальность усугубляется тем, что значительная часть зданий и сооружений в стране эксплуатируется довольно длительные сроки (зачастую превышающие нормативные), при этом с пропущенными (по различным причинам), либо выполненными некачественно или не в срок, капитальными ремонтами.

Как и любая другая область промышленности, строительная отрасль характеризуется наличием аварийных ситуаций. В соответствии со статистическими данными примерно в 80 % случаев строительных аварий с обрушением несущих конструкций происходит в результате человеческих ошибок, которые допускаются в ходе проектирования, возведения и эксплуатации зданий и сооружений [1]. Однако, по мнению автора [2], количество таких аварий превышает 95 %. «Человеческий» фактор создает внутренний (объектный) риск аварий, величина которого определяет как срок службы строительного объекта, так и размер ущерба, причинённый аварией.

В то время как определение технического состояния конструкций зданий и сооружений позволяет достаточно объективно оценивать конструкции на момент обследования, важнейшим элементом прогнозирования долговечности зданий (сооружений) является оценка остаточного ресурса. Ею занимались и занимаются учёные из разных стран.

Определение остаточного ресурса зданий и сооружений на сегодняшний день выполняется с использованием детерминированных расчётов и теории вероятности [3].

При нахождении остаточного ресурса на основе теории вероятности ставится цель – обеспечить приемлемый уровень надёжности; основным ее показателем принимается вероятность нахождения параметров системы в некоторой допустимой области, а выход из этой области ведет к нарушению нормальной эксплуатации; внешние условия эксплуатации рассматривают как случайные процессы; в большинстве случаев выход конструкции из строя представляет собой следствие постепенного накопления повреждений; предполагается, что элемент имеет единственный вид отказа; система может иметь более одного вида отказа и/или состоять из двух или более элементов, каждому из которых может соответствовать один вид отказа; требования к надёжности элементов должны зависеть от характеристик системы; назначенные максимально допускаемые вероятности отказа определяются последствиями и природой отказов, экономическими затратами, социальными последствиями, а также затратами и усилиями, требуемыми для уменьшения вероятности отказа.

Оценка соответствия фактического риска аварии строительного объекта предъявляемым требованиям конструкционной безопасности является составной частью определения остаточного ресурса. Вероятностные методы его оценки для получения достаточной надёжности должны быть отсортированы по результатам объективного исследования причин аварий. Исходя из этого, установленная вероятность отказа должна зависеть от класса надёжности. Назначенные вероятности отказов всегда должны быть определены для некоторого периода повторяемости, который, в зависимости от типа предельного состояния, может быть как расчётным сроком службы, так и произвольным отрезком времени.

Использование вероятностного подхода позволяет рассчитывать остаточный ресурс по следующим признакам: срокам эксплуатации объектов-аналогов; вероятностному определению категорий технического состояния конструкций; изменению вероятности отказа строительного объекта; изменению надёжности конструкций; изменению уровня промышленного риска или риска аварии.

Использование вероятностных методов требует наличия значительного объёма информации о внешних воздействиях и материалах конструкций. Увеличение объёмов информации обеспечивает объективность выводов о надёжности и долговечности конструкций зданий и сооружений.

Необходимо отметить, что вероятностные методы имеют ограниченную область применения, кроме того, они не учитывают такие существенные факторы, как резкое изменение условий эксплуатации; возможное воздействие особых нагрузок на конструкции; качество изготовления конструкций (наличие скрытых дефектов); скорость деградации материалов и её изменение во времени.

В методах оценки на основе детерминированных расчётов строго задана зависимость между рассматриваемыми признаками, поэтому исследование приводит к однозначным выводам.

Основные принципы методов на основе детерминированных расчётов: наличие достоверной информации о техническом состоянии конструкций; выбор оптимальной степени аппроксимирующего многочлена основывается на допущении, что искомая функциональная зависимость описывается с достаточным приближением, а измеренные значения содержат только случайные ошибки, поскольку многочлен слишком низкой степени даёт грубое описание эмпирического материала, а многочлен высокой степени не сглаживает случайные отклонения; для достижения объективной оценки значения остаточного ресурса при накоплении достаточного экспериментального материала предполагается использование случайных функций.

Такой подход дает возможность рассчитывать остаточный ресурс по следующим признакам: изменению параметров несущей способности конструкций; коэффициенту запаса по видам предельных состояний; изменению параметров технического состояния; степени физического износа; нормативным срокам эксплуатации до капитального ремонта.

При оценке остаточного ресурса зданий в детерминированной постановке, обычно, принимают готовые зависимости, используя многочлены различной степени. Многочлен низкой степени приведет к слишком грубому описанию процесса, а многочлен высокой степени не позволит сгладить отклонения, таким образом, зависимость, отображающая характер снижения функциональных качеств конструкций, должна быть достаточно обоснована. Она должна учитывать (при отсутствии или недостаточности данных), хотя бы логически, процесс потери функциональной способности конструкций во времени. В противном случае экстраполяция выбранного закона изменения поведения конструкций по анализируемому параметру, до её предельного состояния, может привести к значительным ошибкам, причем, иногда с тяжёлыми последствиями.

Детерминированные методы имеют достоинства (обоснованность, детальная проработка, простота применения), однако обладают рядом существенных недостатков, которые связаны с постепенным устареванием используемых при их разработке методологических и нормативных предпосылок, что обуславливает необходимость дальнейшего изучения и нахождения более точной методики определения остаточного ресурса.

На сегодня детерминированные модели оценки остаточного ресурса имеют наибольшее распространение, что обусловлено их относительно небольшой трудоёмкостью и приемлемой точностью.

#### Список литературы

- 1 **Пермяков, М. Б.** Расчет и оценка остаточного ресурса зданий / М. Б. Пермяков // Современные строительные технологии, конструкции и материалы : сб. науч. тр. ; под ред. М. Б. Пермякова. – Магнитогорск : Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова, 2011. – С. 17–22.
- 2 **Васильев, А. А.** Техническое обследование строительных объектов (с электронным приложением) : учеб. / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 429 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – 18 Мб.
- 3 К вопросу оценки остаточного ресурса зданий и сооружений/ А. А. Васильев [и др.] // OPEN INNOVATION : сб. статей VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. – С. 46–49.

УДК 621.643

## ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ЗАМЕНЫ ТРУБОПРОВОДОВ

*А. П. СЕЛЮЖИЦКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При эксплуатации подземных коммуникаций зачастую невозможно обновить аварийные или устаревшие сети с интенсивным городским трафиком. Замена наружных сетей траншейным способом обязательно бы сопровождалась перекрытием движения, что доставляло бы огромные неудобства.

Основными бестраншейными методами монтажа и ремонта сейчас являются : горизонтальное бурение, прокалывание, продавливание, санация.

**Технология Sanivar.** Улучшение связи по технологии Sanivar заключается в протягивании прочного рукава непосредственно в трубопровод. Минимальное оборудование позволяет выполнить полную установку за несколько часов [1].

**Спирально-навивная технология SWP SL.** В спирально-навивную машину, которую опускают на дно колодца, подается профиль ПВХ, из которого формируется новая труба определенного диаметра с высокими гидравлическими свойствами, компенсирующая потери поперечного сечения [1].

**Восстановление трубопроводов по методу «Berst-Lining».** Реконструкция трубопровода по технологии «Berst-Lining» основана на принципе вытеснения, поэтому не сопровождается вибрацией и ударами. Эспандер имеет четыре раздвижных лепестка. При разведении диаметр старого трубопровода увеличивается до заданного размера. Естественный грунт по периметру трубы может долгое время уплотняться, поэтому новые трубы можно протолкнуть из колодцев на пустое место. В результате получается статически самонесущий новый трубопровод того же номинального размера, что и старая труба. При необходимости сечение может быть увеличено с целью улучшения гидравлических свойств [2].

**Метод релайнинга Swagelining – метод перебазирования.** Новая труба пропускается через матрицу Swagelining, чтобы уменьшить наружный диаметр. Затем уменьшенная труба протягивается в старую при помощи натяжной головки, закрепленной уже на новом трубопроводе. При помощи тянущей машины труба протягивается. После того, как новая труба установлена в нужном месте предшествующей трубы, новая труба расширяется до тех пор, пока ее внешний диаметр не станет равным внутреннему диаметру старой трубы. Соединение с помощью данного метода является герметичным.

**Метод Swagelining** имеет несколько разновидностей. Метод U-Liners (Германия), суть которого заключается в следующем: при помощи лебедки в старый трубопровод протягивается высокопрочная ПЭ труба, сечение которой было уменьшено термомеханическим методом. После протягивания ПЭ трубы она обрезается на необходимую длину, концы которой закрываются специальными вентилями с двух сторон, и сжатая паровоздушная смесь нагнетается через специальное отверстие, труба расширяется, занимает свое положение исходного диаметра и плотно прилегает к своим старым стенкам [2].

Метод Rolldawn (Великобритания), суть которого заключается в том, что полиэтиленовая труба с уменьшенным диаметром в старом трубопроводе во время подачи воды принимает первоначальную форму. Для этого концевые участки ПЭ трубы механически принимают первоначальную форму, а также плотно фиксируются концы ремонтируемого участка. После заделки концов труб вода подается под высоким давлением, и на некоторое время весь участок новой трубы прочно прикрепляется к стенке старой.

Инновационные технологии: **GFK-лайнер** (Германия) и **Insituform** (Великобритания).

GFK-лайнер представляет собой бесшовный рукав из фиброгласса (стекловолокна), пропитанного высококачественными светоотверждаемыми смолами – полиэфирной и винилэфирной. При стеклопластиковом способе через отверстие в реконструируемой (ремонтируемой) трубе протягивающим устройством подается рукав из стеклопластика. Концы рукава герметически закрываются заглушками, снабженными соплами для откачки горячего пара, в результате чего рукав расправляется и, принимая форму внутренней полости старой трубы, плотно фиксирует ее стены. Метод позволяет восстанавливать работоспособность негерметичных, поврежденных, загрязненных трубопроводов разного диаметра.

Для трубопроводов диаметром от 100 до 900 мм рукав из стеклопластика упрочняют с помощью ультрафиолетового излучения. Для больших диаметров уже используют метод с применением паростановки.

Перед отверждением растянутый стеклопластиковый рукав расправляется с помощью специального механизма, прижимаясь к внутренней стенке ремонтируемого трубопровода. Восстановленный трубопровод обладает высокой коррозионной стойкостью и огнестойкостью, так как материал, из которого изготовлена втулка, обладает высокой химической и механической стойкостью, минимальными потерями на сечении, устойчив к агрессивным средам.

Метод Insituform (Великобритания). Суть которого заключается в том, что в реконструируемый участок трубопровода вставляется рукав из нетканого синтетического материала, ламинированный синтетической пленкой. Рукав пропитывается полимерной композицией холодного или горячего отверждения, затем помещается в отремонтированный участок. В конце продавливается с помощью воды под давлением.

Сама методика была разработана для избежания сквозных коррозий. В конечном результате на месте изношенной трубы формируется новая, которая принимает все нагрузки на себя.

Несмотря на вышеперечисленные преимущества, существующие процедуры реновации трубопроводов имеют определенные недостатки, связанные в первую очередь со снижением проницаемости трубопровода. Поэтому в настоящее время ведутся активные поиски по устранению этих проблем.

**Штанговый разрушитель TERRA-HYDROCRACK HC.** При замене старого трубопровода треновой лебедкой марки TERRA-EXTRACTOR работает в комплекте со специальными распорными втул-

ками и пневмопробойниками TERRA-RAMMEN TR. Тросовая лебедка устанавливается на опорах специальной рамы непосредственно над стартовым колодцем. Секции труб соединяются с расширителем для протяжки в приемном колодце. Для этого используются специальные направляющие штанги, равные длине каждой секции, и упорная пластина для фиксации труб. Чтобы распределить натяжение троса лебедки под нагрузкой и без нагрузки, в передней части втулки имеется пружинный механизм, имеющий несколько пружин. При нагрузке (рабочий ход) пружины сжаты, при отсутствии нагрузки пружины обеспечивают необходимое натяжение троса лебедки. Тросовая лебедка установлена над стартовой ямой.

### **Реконструкция трубопроводных систем с нанесением покрытий на внутреннюю полость трубопровода.**

Бестраншейные технологии реконструкции трубопроводов предусматривают нанесение на внутренние стенки старого трубопровода различных покрытий:

1) нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП) на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода методом напыления (методы ZM (Германия), Taite (Австралия, Великобритания), Preload (США));

2) распыление специальных составов, быстро твердеющих на воздухе и устойчивых к агрессивным веществам (метод «Трайтон» (США) и др.);

3) нанесение обмотки (бесконечной профильной ленты) на внутреннюю поверхность старого трубопровода (метод Panel Lok (Австралия) и др.);

4) нанесение точечных (локальных) покрытий. При этом используются жидкие и полужидкие растворы, которые затвердевают после нанесения на поврежденные поверхности; волокнистые материалы, пропитанные смолой; профилированные резиновые уплотнители; гибкие рукава в трубчатых вкладышах.

Независимо от выбора метода бестраншейной реконструкции трубопроводов выделяют ряд преимуществ: экономия материалов и трудовых ресурсов, снижение экономических затрат за счет сокращения рабочего времени и уменьшения объемов земляных работ. Бестраншейные технологии реконструкции трубопроводов реализуются с минимальным оборудованием и экологически безопасны.

### **Список литературы**

- 1 Линертег [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://linertec.com/technologies/sanivar>. – Дата доступа : 18.09.2022.
- 2 DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.dusrohr.de/berstlining>. – Дата доступа : 18.09.2022.
- 3 **Белякова, Е. В.** Современные бестраншейные технологии / Е. В. Белякова, К. А. Головин [Электронный ресурс] // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2009. – № 3. – Режим доступа : [cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-bestransheynye-tehnologii](http://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-bestransheynye-tehnologii). – Дата доступа : 04.12.2016.
- 4 **Орлов, В. А.** Технологии местного бестраншейного ремонта водоотводящих трубопроводов / В. А. Орлов, Е. В. Орлов, П. В. Зверев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 7. – С. 86–95.

УДК 624.072

## **РАСЧЕТ ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ В РЕГУЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ**

*К. А. СИРОШ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Объектом работы является ортотропная плита регулярной системы плит, опирающейся на упругое основание. Регулярная система в силу симметрии разбита на соединенные между собой базовые фрагменты – плиты. Плита прямоугольная, с линейными размерами  $l_x \times l_y$  и толщиной  $h$ . Внешняя нагрузка  $F$  прикладывается в центре плиты и действует перпендикулярно плоскости осей системы плиты. Основание представляет собой ограниченный по толщине упругий слой, жестко соединенный с несжимаемым основанием (рисунок 1).

Расчет плиты регулярной системы, лежащей на упругом основании, реализуется итерационным алгоритмом вариационно-разностного метода (ВРМ). Этот метод является численно-аналитическим методом расчета изолированных строительных конструкций, а также методом расчета бесконечных регулярных систем конструкций. Суть метода заключается в замене дифференциальных уравнений конечно-разностными аппроксимациями по правилам метода конечных разностей.

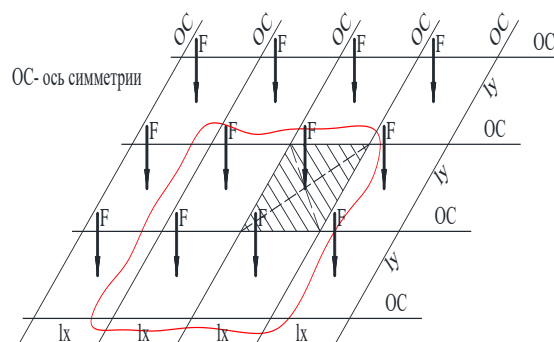


Рисунок 1 – Ортоотропная плита в регулярной системе под действием нагрузки

В ходе расчета определяются осадки, распределение контактных напряжений под плитой, изгибающие моменты. Считаем, что в контактной зоне отсутствуют касательные напряжения.

Согласно вариационному принципу Лагранжа [1] при нагружении конструкции статической нагрузкой ее полная потенциальная энергия принимает минимальное значение в состоянии равновесия (справедливо при условии, что плита опирается на упругое основание).

Величина полной потенциальной энергии плиты  $\Omega$  представляет собой сумму энергии деформации конструкции  $\Omega$ , энергии деформации упругого основания  $U$  и работы внешней нагрузки  $\Pi$ .

Энергия деформации конструкции приравнивается к энергии изгиба конструкции (при условии, что сдвиговые деформации  $\sigma_z$ ,  $\tau_{yz}$  и  $\tau_{xz}$  не учитываются). Лехницкий учитывает кручение ортоотропной плиты через потенциальную энергию деформаций плиты [2]:

$$\Omega = V = \frac{1}{2} \iint \left[ D_x \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 + 2D_x \nu_y \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + D_y \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 4D_k \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] dx dy, \quad (1)$$

где  $D_x$ ,  $D_y$  – цилиндрические жесткости изгиба ортоотропной плиты относительно осей  $Y$  и  $X$  соответственно, которые совпадают с главными осями инерции;  $D_k$  – жесткость кручения пластинки.

Цилиндрические жесткости изгиба ортоотропной плиты определяются для главных направлений упругости плит и имеют вид [2]:

$$D_x = \frac{E_x h^3}{12(1 - \nu_x \nu_y)}, \quad D_y = \frac{E_y h^3}{12(1 - \nu_x \nu_y)}, \quad (2)$$

где  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $\nu_x$ ,  $\nu_y$  – главные модули упругости и коэффициенты Пуассона материала плиты.

В расчетах учитывается жесткость кручения ортоотропной плиты из монографии С. П. Тимошенко [3]

$$D_k = \frac{\nu_x + \nu_y}{2} \sqrt{D_x D_y}, \quad (3)$$

где  $D_x$ ,  $D_y$  определяются по формуле (2).

В расчетах ортоотропных плит регулярной системы применимы гипотезы условия:

– для расчетной области упругого основания справедливы гипотезы и допущения теории упругости [1];

– в контактной зоне плиты и основания образуются сжимающие и растягивающие напряжения, отсутствуют силы трения;

– распределение нормальных реактивных давлений по ширине плиты постоянно [4];

– для ортоотропной плиты действуют гипотезы и допущения плоского изгиба плиты [5].

Изгибающие и крутящий моменты ортоотропной плиты определяются из следующих соотношений [6]

$$\begin{aligned}
 M_x &= -D_x \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \\
 M_y &= -D_y \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right), \\
 M_k &= -2D_k \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

При определении энергии деформации упругого основания на основании закона сохранения энергии ее заменяют работой реактивных давлений в контактной зоне конструкции [2]. Если пренебрегать реактивными касательными усилиями в контактной зоне, то энергия деформации упругого основания для плиты определяется [7]:

$$U = \frac{1}{2} \iint_S p(x, y) w(x, y) dx dy,
 \tag{5}$$

где  $p(x, y)$  – реактивные давления в контактной зоне конструкции.

Работа внешней нагрузки  $q(x, y)$  для прямоугольной плиты [7]

$$\Pi = -\iint_S q(x, y) w(x, y) dx dy.
 \tag{6}$$

Построен и реализован алгоритм упругого расчета, составлена программа с использованием компьютерного пакета МАТНЕМАТИСА, проведена апробация.

#### Список литературы

- 1 Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности: учеб. для строит. спец. вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – 2-е изд., испр. – М. : Высш. шк., 2002. – 400 с.
- 2 Лехницкий, С. Г. Анизотропные пластинки / С. Г. Лехницкий. – М. : Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1957. – 387 с.
- 3 Тимошенко, С. П. Пластины и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – М. : Фитматгиз, 1963. – 536 с.
- 4 Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1984. – 680 с.
- 5 Кончковский, З. Плиты. Статические расчеты / З. Кончковский ; пер. с пол. М. В. Предтеченского ; под. ред. А. И. Цейтлина. – М. : Стройиздат, 1984. – 480 с.
- 6 Козунова, О. В. Совершенствование методики расчета гибких ортотропных плит на упругом основании. Ч. 1. Теория расчета / О. В. Козунова // Наука и техника. – 2022. – № 21(3). – С. 211–221.
- 7 Босаков, С. В. Метод Ритца в контактных задачах теории упругости : [монография] / С. В. Босаков. – Брест : БрГТУ, 2006. – 107 с.

УДК 624.012.45

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРИНЫ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*В. В. ТАЛЕЦКИЙ, А. В. ЧЕРНЯК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Цель работы – сравнить результаты расчета на раскрытие трещин изгибаемого железобетонного элемента по СНБ 5.03.01–2002 [1] и СП 5.03.01–2020 [2].

К расчету принят первый пролет трехпролётной неразрезной балки, как наиболее нагруженный. Величина расчетного пролета 9 м, размеры поперечного сечения балки  $b \times h = 0,4 \times 0,9$  м. Балка выполнена из бетона класса С16/20, принятая арматура класса S400. По результатам расчета на прочность балка в середине пролета в растянутой зоне армирована 4 стержнями Ø36 мм в два ряда: расстояние от крайних растянутых волокон бетона до центра тяжести арматуры  $c = 98,5$  мм, рабочая высота сечения  $d = 0,8015$  м.

Отличительные особенности расчета ширины раскрытия трещин по СНБ 5.03.01–2002 [1] и СП 5.03.01–2020 [2] приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение расчетов ширины раскрытия трещин

СНБ 5.03.01–2002	СП 5.03.01–2020
Определение геометрических характеристик сечения	
<p>Расчет сводится к определению <math>\psi_s</math> – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения относительных деформаций арматуры на участке между трещинами</p> $\psi_s = 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{M_{cr}}{M_{Ed}} \right)^2 = 0,899;$ $\beta_1 = 1; \beta_2 = 0,5; M_{cr} = 131,29 \text{ кН}\cdot\text{м};$ $M_{Ed} = 292,572 \text{ кН}\cdot\text{м}$	<p>Расчет сводится к определению <math>h_{c,eff}</math> – эффективная высота растянутой зоны сечения</p> $h_{c,eff} = \min \begin{cases} 2,5(h - d) = 0,246 \text{ м}; \\ \frac{h - x}{3} = 0,152 \text{ м}; \\ \frac{h}{2} = 0,450 \text{ м} \end{cases}$
Определение эффективной площади растянутой зоны сечения	
$A_{c,eff} = 2(h - d)b = 2cb = 0,0788 \text{ м}^2$	$A_{c,eff} = h_{c,eff}b = 0,152 \cdot 0,4 = 0,0608 \text{ м}^2$
Стоит отметить, что по СП 5.03.01-2020 эффективная площадь растянутой зоны сечения получается меньше. Это приводит к увеличению эффективного процента армирования $\rho_{p,eff}$ , что влияет на величину максимального расстояния между трещинами	
Определение относительных деформаций	
$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{112,1}{2 \cdot 10^5} = 0,561 \cdot 10^{-3};$ $\sigma_s = 112,1 \text{ МПа};$ $\varepsilon_{cm} = \varepsilon_s \psi_s = 0,524 \cdot 10^{-3} \cdot 0,915 = 0,479 \cdot 10^{-3}$	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{ee} \rho_{p,eff})}{E_s} = 0,462 \cdot 10^{-3};$ $\sigma_s = 112,1 \text{ МПа}; k_t = 0,4; f_{ct,eff} = 1,9 \text{ МПа}; \rho_{p,eff} = 0,067;$ $\alpha_{ee} = 7,36;$ $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0,462 \cdot 10^{-3} > 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} = 0,336 \cdot 10^{-3}$
Максимальное расстояние между трещинами	
$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \frac{\varnothing}{\rho_{eff}} = 98,13 \text{ мм};$ $k_1 = 0,8; k_2 = 0,5; \rho_{eff} = 0,0748$	$s_{r,max} = k_{3cr} c + k_{1cr} k_{2cr} k_{4cr} \frac{\varnothing}{\rho_{p,eff}} = 426 \text{ мм};$ $k_{1cr} = 0,8; k_{2cr} = 0,5; k_{3cr} = 3,4; k_{4cr} = 0,425$
$k_1 = k_{1cr}$ – коэффициенты, учитывающие условия сцепления арматуры с бетоном; $k_2 = k_{2cr}$ – коэффициенты, учитывающие вид напряженно-деформированного состояния. Очевидно, что увеличение максимального расстояния между трещинами обусловлено коэффициентом $k_{3cr}$ . Увеличение максимального расстояния между трещинами неизбежно влечет за собой увеличение ширины раскрытия трещин.	
Ширина раскрытия трещин	
$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{cm} = 1,7 \cdot 98,13 \cdot 0,479 \cdot 10^{-3} = 0,079 \text{ мм}$	$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 426 \cdot 0,000462 = 0,197 \text{ мм}$

В обоих случаях ширина раскрытия трещин не превышает предельно допустимое значение, равное  $w_{k,lim} = 0,4 \text{ мм}$  для железобетонных элементов класса экспозиции X0, XC1 при практически постоянном сочетании воздействий.

Увеличение ширины раскрытия трещин практически в 2 раза при расчете по новым нормам СП 5.03.01–2020 свидетельствует о том, что железобетонные элементы должны проектироваться с большим запасом поперечного сечения для обеспечения трещиностойкости. Это приводит к увеличению срока эксплуатации изгибаемых конструкций, то есть к повышению долговечности.

#### Список литературы

- 1 СНБ 5.03.01–2002. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – Взамен СНиП 2.03.01–84\*; введен 2003–07–01. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2003 – 139 с.
- 2 СП 5.03.01–2020. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования. – Взамен СНБ 5.03.01–2002; введ. 2020–09–06. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2020. – 237 с.



## РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

*В. В. ТАЛЕЦКИЙ, Е. Д. ЧУРУН*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В результате инженерно-геологических изысканий на объекте «Берегоукрепление и инженерные сооружения набережной по ул. Советской в г. Мозыре» установлены наиболее неблагоприятные напластования грунтов в скважинах № 10; 24; 28; 31. Для свай, расположенных в непосредственной близости к этим скважинам, определена несущая способность грунта основания методом статического зондирования и практическим методом по таблицам ТКП [1]. Все сваи проектируются заземленными в грунте длиной 8,0 м, с поперечным сечением 350×350 мм. Слои грунтов рассматриваемых скважин и их толщина приведены в таблице 1.

*Таблица 1 – Слои грунтов рассматриваемых скважин*

Скважина № 10	Скважина № 24	Скважина № 28	Скважина № 31
Насыпной грунт (песок мелкий), 1,9 м	Песок средний малопрочный 1,8 м	Насыпной грунт (песок мелкий) 1,3 м	Песок мелкий средней прочности 1,2 м
Песок пылеватый средней прочности 2,6 м	Песок мелкий средней прочности 0,6 м	Песок пылеватый средней прочности 1,1 м	Песок пылеватый средней прочности 3,6 м
Песок средний средней прочности 5,4 м	Песок средний моренный прочный 3,0 м	Песок средний средней прочности 8,0 м	Песок средний средней прочности 8,0 м
Песок гравелистый прочный 3,0 м	Песок гравелистый прочный 4,2 м	Песок средний, моренный прочный 1,7 м	Песок гравелистый прочный 2,0 м

Результаты выполненных расчетов несущей способности свай по грунту основания сведены в таблицу 2.

*Таблица 2 – Несущая способность свай по грунту основания*

В килоньютонах

Номера скважин	Метод определения несущей способности	
	по статическому зондированию	по таблицам ТКП[1] (практический)
10	919,5	879,6
24	987,5	1272,8
28	1042,9	838,4
31	1069,5	767,6

Величина несущей способности свай, определенная разными методами, конечно же, не может быть одинаковой. Различие в большой степени зависит от состава слоев грунта и их характеристик. В данном случае разница для скважин № 24; 28; 31 составила от 20 до 28 % в большую и меньшую сторону, а для скважины № 10 всего 4 %.

Определение несущей способности свай методом статического зондирования является наиболее приближенным к реальным данным, так как сопротивления грунтов по боковой поверхности и под концом сваи получены опытным путем.

### Список литературы

1 ТКП 45-5.01-256-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства. – Введ. 2012-07-01. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2013. – 141 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СБОРНЫХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*А. Г. ТАШКИНОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На заводах ЖБИ для ускорения твердения бетона, увеличения выхода продукции с единицы производственной площади, повышения оборачиваемости металлической бортоснастки применяют тепловую обработку изделий. Ее разновидность с сохранением влаги в материале – тепловлажностная обработка (ТВО), создает благоприятные условия для гидратации цемента и формирования структуры бетона. Режим ТВО бетона включает три основных периода: нагрева, изотермической выдержки и охлаждения. Основными параметрами режима являются продолжительность периодов и максимальная температура нагрева (температура изотермической выдержки). Они подбираются расчетно-экспериментальным методом. Экспериментальная проверка выбранных режимов позволяет оценить фактическое влияние факторов, способствующих возникновению деструктивных процессов в бетоне при ТВО:

1) расширение бетона при нагреве, которое приводит к повышению пористости и снижению прочности (увеличение пористости бетона на 1 % снижает прочность в возрасте 28 суток на 5 %), способствует образованию микротрещин в материале;

2) различие температурных коэффициентов объемного расширения у заполнителей и формирующегося цементного камня, что снижает прочность их сцепления в твердеющем бетоне;

3) существенное увеличение газообразной фазы в бетоне при нагреве, что может приводить к образованию сквозных пор, разрыхлению структуры и вспучиванию поверхности бетона;

4) испарение влаги из твердеющего бетона, из-за чего ухудшается контакт цементного теста с заполнителем и арматурой, замедляется набор прочности материала;

5) ускорение гидролиза и гидратации алита при нагревании, снижение растворимости гидрата окиси кальция, что создает условия для быстрого роста крупных кристаллов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , которые могут вызывать локальные разрушения в твердеющем цементном камне;

б) повышенная температура, которая интенсифицирует процесс формирования рыхлых коагуляционных структур на основе гидратированного трехкальциевого алюмината с высоким содержанием воды, что приводит к образованию в структуре цементного камня дефектных, малопрочных включений.

Экономичные режимы ТВО требуют надежного утепления тепловых установок. Для наиболее распространенных из них – ямных пропарочных камер, максимальный эффект утепления достигается при расположении теплоизоляции на внутренней поверхности ограждающих конструкций за счет снижения их тепловой емкости и увеличения термического сопротивления. Защита утеплителя от увлажнения паром и эксплуатационных механических воздействий обеспечивается в многослойном ограждении из защитного железобетонного слоя, пароизоляции, утеплителя и наружного несущего слоя из легкого бетона.

Параметры стеновых ограждений оптимизировались в ходе прочностных и теплотехнических расчетов, с учетом ранее полученных экспериментальных данных [1]. Достаточной прочностью для восприятия возможных при эксплуатации ударов стальной формы о стенку камеры и температурно-влажностных напряжений обладает внутренний (со стороны пропарочной камеры) защитный слой из армированного тяжелого бетона класса В20 толщиной 50 мм. Наружный слой ограждения, несущий нагрузку от массы крышки и стенки камеры, рекомендуется выполнять толщиной 100 мм из армированного керамзитобетона класса В10.

Теплотехнический расчет стеновых ограждений для нестационарных условий выполнялся методом конечных разностей. Как показывают расчеты (рисунок 1), теплоизоляция стен пропарочных камер утеплителем со средней плотностью 100–200 кг/м<sup>3</sup> (минватой, пеностеклом, термостойкими пенопластами) с оптимальной толщиной 100–150 мм снижает расход тепловой энергии на ТВО изделий в 1,5–1,9 раза. При коэффициенте заполнения камеры 0,05–0,1 это дает экономию тепловой энергии 210–360 МДж (91–156 кг пара) на 1 м<sup>3</sup> пропариваемых изделий.

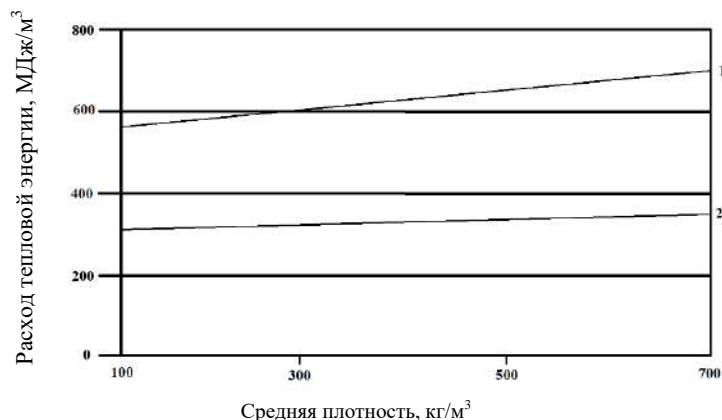


Рисунок 1 – Зависимость расхода тепловой энергии на ТВО 1 м<sup>3</sup> бетона от средней плотности утеплителя стен пропарочной камеры при коэффициенте заполнения 0,05 (1) и 0,1 (2)

Дополнительная экономия достигается при замене периода изотермической выдержки с подачей пара на термосное остывание. Как показывают опытные данные, скорость остывания камеры составляет при этом 0,8–2,2 °С в час в зависимости от коэффициента заполнения установки. Чем он больше, тем больше тепла аккумулирует бетон пропариваемых изделий и, следовательно, остывание будет происходить медленнее. При таком режиме, когда пар подается в камеру только в период подъема температуры, расход пара снижается еще на 20–30 %. Похожий эффект дает применение режимов с пониженными температурами нагрева, когда заданную прочность бетон набирает за более длительный срок.

Пароизоляция, располагаемая за защитным железобетонным слоем, препятствует увлажнению утеплителя паровоздушной средой пропарочной камеры. Результаты длительных испытаний в такой среде образцов-фрагментов ограждений размером 500×500×300 мм, утепленных минватой, показывают (таблица 1), что полимерные пленки термостойкие при 100 °С: полиэтилентерефталатная (ПЭТФ) и полипропиленовая (ПП) – эффективны только при склейке или сварке кромок. Устройство второго пароизоляционного слоя после утеплителя (перед несущим керамзитобетонным слоем) нецелесообразно, поскольку способствует накоплению влаги в утеплителе.

Таблица 1 – Влажность утеплителя в образцах с различной конструкцией пароизоляции после 4 месяцев пропаривания

Материал пароизоляции	Соединение листов пароизоляции	Расположение пароизоляции относительно утеплителя	Весовая влажность утеплителя, %
Без пароизоляции	Нет	Нет	81
ПП	С нахлестом	Одностороннее	76
ПЭТФ	То же	То же	73
ПЭТФ	Со склейкой	"	2
ПП	То же	"	3
ПП	С нахлестом	Двустороннее	48

Дальнейшее повышение экономичности и надежности работы установок для ТВО может быть достигнуто при использовании материалов, совмещающих функции тепло- и гидроизоляции [2].

#### Список литературы

- 1 Золотухин, Ю. Д. Экономическая камера пропаривания / Ю. Д. Золотухин, А. Г. Ташкинов, С. Ю. Ганцева // Бетон и железобетон. – 1983. – № 9 – С. 7–8.
- 2 Ташкинов, А. Г. Эффективные стеновые ограждения для ямных пропарочных камер / А. Г. Ташкинов // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2013. – С. 411–412.

## ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА

В. Ф. ТИМОШКОВ

*Филиал «Институт профессионального образования» Университета гражданской защиты  
МЧС Беларуси, г. Гомель*

Развитие общественно-экономической формации государства сегодня очень тесно связано с парадигмой безопасности жизнедеятельности. Это обусловлено высоким уровнем производственной составляющей и получением значительного экономического потенциала, с одной стороны. Вторая сторона данного утверждения – это негативные вопросы, возникающие в процессе реализации достойного существования и развития человека и общества. Многие специалисты различных организации предлагают свои концепции для решения возникающих проблем в аспекте обеспечения пожарной безопасности объекта на различных стадиях его жизненного цикла. Образовалась своеобразная пропорция «безопасность жизнедеятельности – качественное обеспечение пожарной безопасности». Разрабатывается и реализуется ряд инновационных проектов для решения данного вопроса.

Занимаясь решением задач по этому направлению, появляется необходимость рассмотрения его в аспекте различных направлений «Системы обеспечения надежности и безопасности зданий и сооружений». Одним из таких направлений может быть ситуационное моделирование тактико-специальных учений (далее ТСУ). Соответственно для исследования предлагается спрогнозировать сценарий развития пожара и оценить возможный риск от его опасных факторов (рисунок 1).

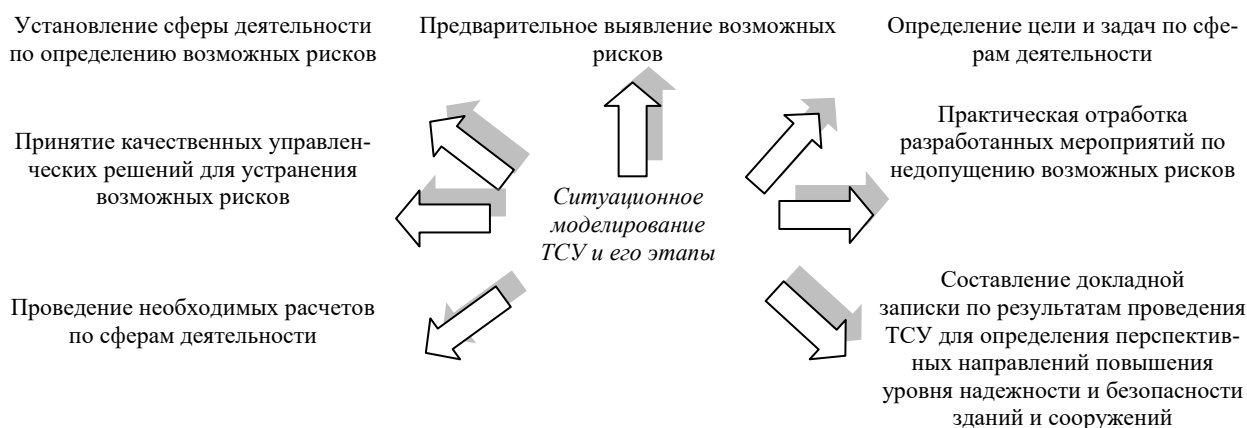


Рисунок 1 – Схема ситуационного моделирования ТСУ

В качестве объекта возьмем для изучения общественные здания с элементами клееных деревянных конструкций, еще их называют здания с покрытиями больших площадей. С точки зрения пожарной и промышленной безопасности эти здания требуют к себе повышенного внимания. Клееные деревянные конструкции позволяют создать объекты с кровлей «больших покрытий». Это могут быть объекты спортивного назначения, торговые рынки, выставочные залы и т.д. Одним из основных недостатков является высокая линейная скорость распространения огня по деревянным конструкциям. Соответственно свод перекрытия собран в «замок» и при неблагоприятном сценарии событий на пожаротушение будет отведено не более 10–15 минут [1]. Затем произойдут необратимые события в виде обрушения кровли здания и т.д. Изучив теоретически оперативно-тактическую характеристику объекта при подготовке плана учений, выдвигаемся на запланированный объект. Выбираем время наиболее интенсивного движения на прилегающей территории к зданию. Необходимо отметить, что возле таких объектов сконцентрировано много служебно-грузового и личного транспорта на стоянках и в случае пожара негде будет установить автолестницы и автоколенчатые подъемники МЧС, для подачи огнетушащих веществ на тушение и защиту пожара. Появляется риск обрушения конструкции кровли со всеми вытекающими из этого последствиями. На основании этого разработчиками плана ТСУ принимается решение о вызове по согласованию необходимой аварийно-спасательной техники и

установке ее в наиболее перспективные места для целей пожаротушения и проведения спасательных работ. Предварительно во взаимодействии со специальными службами регулируется вопрос перемещения служебно-грузового и личного транспорта на другие парковочные места. На этом первый этап в виде изучения «реальной» оперативно-тактической характеристики и разработки тактического замысла учений завершается подписанием планирующей документации заинтересованными сторонами. Второй этап это непосредственно, как правило, проведение «тренировочных» ТСУ. В этом компоненте мы непосредственно воссоединяем многие взаимосвязи при организации боевой работы подразделений МЧС по ликвидации условного возгорания и других оперативных служб города и объекта. По результатам проделанной работы подводятся итоги, как для сотрудников служб экстренной помощи (далее СЭП), так и для работников объекта. Выявленные в ходе проведения ТСУ недостатки, выразившиеся в виде невозможности подъезда аварийно-спасательной техники СЭП к месту оперативной работы, отсутствия заявленного внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения, неустойчивой работы системы оповещения для эвакуации людей и т.д., являются аварийными рисками. Когда заинтересованные стороны в реальных условиях увидят наличие данных недостатков, то возникает необходимость их устранения с целью недопущения возникновения подобных ситуаций [2]. Так, появляются шлагбаумы и другие ограждающие приемы, позволяющие установить на эти места в случае нештатной ситуации технические средства СЭП. Вносятся изменения и дополнения в планы развития объектов, например по противопожарному водоснабжению, вентиляции и т.д. Два этапа проведения ТСУ заканчиваются определением оценки аварийных рисков на данном объекте, что позволяет спрогнозировать работу по стабилизации безопасности жизнедеятельности зданий и сооружений на предприятиях.

Подводя итог о целесообразности использования ситуационного моделирования тактико-специальных учений в качестве одного из механизмов по прогнозированию и оценке аварийных рисков, можно сделать положительный вывод. Данный способ показывает возможность совершенствования профилактической работы, способов пожаротушения, исключения гибели людей, снижения материального ущерба и обеспечения надежности и безопасности зданий и сооружений на различных стадиях его жизненного цикла.

#### Список литературы

1 Тимошков, В. Ф. Аподиктический предел огнестойкости конструкции – определяющий фактор успешного пожаротушения / В. Ф. Тимошков // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве : сб. материалов IV Междунар. заочной науч.-практ. конф. 22 декабря 2017 г. – Минск : УГЗ МЧС Беларуси, 2017. – 223 с.

2 Тимошков, В. Ф. Особенности пожаротушения в пределах технической территории промышленного объекта / В. Ф. Тимошков // Пожарная и аварийная безопасность, посвященной году культуры безопасности : сб. матер. XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Иваново : ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия» ГПС МЧС России, 2018. – 587 с.

УДК 727.8.004.69

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЩЕГО ЧИТАЛЬНОГО ЗАЛА ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТНОЙ УНИВЕРСАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА

*Т. С. ТИТКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

С началом цифровой эпохи, когда информация стала глобальным ресурсом прогресса, произошли принципиальные изменения основополагающих библиотечных функций, роль библиотеки как «хранилища знаний» существенно изменилась.

С одной стороны, развитие цифровых технологий и стремительный процесс информатизации во всех сферах современного общества оказали мощное влияние на традиционные библиотечные технологии: изменились методы сбора, просмотра информации и доступа к ней; трансформировались традиционные формы библиотечно-справочного обслуживания.

С другой стороны, распространение интернет-технологий наметило тенденцию снижения интереса к печатному слову. Библиотека перестала играть роль главного источника информации, из читальных залов начался отток посетителей, ставших «удаленными пользователями». Произошло глобальное от-

чуждение аудитории от книги, увлечение визуальными и слуховыми медиа, популяризация новых социальных и информационных образований, готовых предложить альтернативы библиотеке [1].

Все эти явления обратили внимание к осмыслению новых возможных подходов к обслуживанию посетителей библиотек и обусловили главную необходимую тенденцию современности – трансформацию функций библиотеки от информационного до социокультурного центра, актуального для различных пользовательских групп не только как места получения знаний и информационной навигации, но и как площадки для коммуникаций, интеллектуального досуга [2].

Ключевым аспектом в этом процессе является организация соответствующей архитектурной среды, поскольку современный читатель оценивает не только информационный потенциал, технологии и скорость информационного обслуживания библиотеки, но и комфортный интерьер. Новые технологии вместе с дизайном психологически определяют степень респектабельности самой библиотеки, ее привлекательности для пользователей, особенно молодежи [3]. Из опыта многих зарубежных стран уже известно: современный читатель ходит в библиотеку там, где меняется сама библиотека. И меняется не только по функциям, но и по внутреннему облику.

Гомельская библиотека им. В. И. Ленина была основана в 1933 г. как филиал государственной библиотеки БССР им. В. И. Ленина, а в 1938 г. преобразована в областную. Ранее библиотека находилась в здании дворца пионеров в парке культуры и отдыха имени А. В. Луначарского (сейчас – дворец Румянцевых и Паскевичей). Нынешнее здание Гомельской областной универсальной библиотеки имени В. И. Ленина было построено в 1961 г. по проекту архитектора Валентины Бурлака [4].

За десятилетия своего существования библиотека претерпела ряд преобразований не только во внешнем облике, но и вышла на качественно новый уровень организации своей деятельности. В настоящее время Гомельская областная библиотека продолжает свое развитие как информационный и социокультурный центр региона.

Одним из основных и наиболее значимых структурных элементов библиотеки, требующим модернизации, является общий читальный зал, основной функцией которого на сегодняшний день является предоставление посетителям произведений печати и других документов из книгохранилища.

Читальный зал представляет собой помещение площадью более 300 м<sup>2</sup>, в интерьере которого сохранились атрибуты классического стиля: полуциркульные шестиметровые оконные проемы, коринфские пилястры, лепнина, розетки, сандрики над трехметровыми дубовыми дверьми.

К несомненным достоинствам помещения читального зала следует отнести большое свободное пространство, высокие потолки и хорошее естественное освещение. К недостаткам – отсутствие функционального зонирования; наполнение предметно-пространственной среды, представленное рядовой расстановкой сдвоенных рабочих столов и расположенными вдоль стен каталожными шкафами и одиночными стеллажами; использование однотипных бежевых и коричневых тонов в оформлении стен и мебели; отсутствие сценариев искусственного освещения.

Такая традиционная организация пространства и работы читального зала ограничивает возможности его использования и требует трансформации в соответствии с современными тенденциями.

Одним из наиболее востребованных направлений модернизации читального зала является создание многофункциональной культурно-образовательной среды, объединяющей инфраструктуру для обеспечения доступа к информации, механизмы для коммуникации, учебы, творчества и досуга, образовательный и развивающий контент и его носители, оборудование для создания и потребления контента (мультимедийного, текстового, графического).

Исходя из этого, для создания многосценарного пространства читального зала и его рационального и эффективного использования, целесообразно применение принципа горизонтального и вертикального зонирования с выделением следующих функциональных зон:

- зоны встречи и обслуживания посетителей (удовлетворение запросов, проведение консультаций);
- зоны для индивидуальных занятий (предоставление рабочих мест в индивидуальных кабинках);
- зоны для работы с электронной литературой (предоставление рабочих мест, оборудованных компьютерами);
- зоны открытого доступа к фондам библиотеки (размещение изданий отдела хранения основного фонда на открытых стеллажах);
- выставочной зоны (организация книжных и других экспозиций);
- коворкинг-зоны (предоставление легко трансформируемого и гибкого для организации рабочего процесса пространства, например, для индивидуального обучения или прослушивания лекций);

– зоны отдыха.

Помимо грамотного функционального зонирования, к важным аспектам в дизайне интерьера читального зала следует отнести:

– цвет отделки, мебели, дополнительных элементов декора, соответствующий общему архитектурно-композиционному решению интерьера. Определенная цветовая гамма не только влияет на пространственное устройство помещения, но и может способствовать изменению самочувствия и настроения читателя;

– подбор мебели и оборудования, обладающих функциональной и композиционной гибкостью, многовариантностью сочетаний и группировок;

– выбор искусственного освещения в сочетании с естественным. Рационально запроектированное освещение не только корректирует геометрию помещения, но и создает разнообразные визуальные эффекты в интерьере;

– выбор материалов отделки и элементов декора;

– фитодизайн.

Таким образом, разработка современного дизайна библиотечного пространства наряду с внедрением новых информационных технологий являются одними из ключевых факторов, способствующих удовлетворению разнообразных запросов посетителей, созданию положительного образа и имиджа библиотеки, организации более комфортных условий работы сотрудников, привлечению в нее читателей.

#### Список литературы

1 **Зиновьева, Е. В.** Адаптация пространств публичных библиотек / Е. В. Зиновьева // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 6. – С. 447–455.

2 **Паус, И. И.** Повышение социальной ответственности института библиотеки в современных условиях / И. И. Паус // Научные и технические библиотеки. – 2010. – № 10. – С. 35–38.

3 **Балашова, Е. В.** Особенности формирования библиотечного пространства: дизайн интерьера / Е. В. Балашова // Ученые записки (Алтайская государственная академия культуры и искусств). – 2017. – № 2 (12). – С. 105–110.

4 Гомель : энциклопедический справочник / редкол. : И. П. Шамякин [и др.]. – Минск : Белорус. сов. энцикл., 1991. – С. 100–101.

УДК 624.012.35.001.18

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ПРЕДЕЛЬНОГО КОРРОЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В КАРБОНИЗИРОВАННОМ БЕТОНЕ

*М. И. ТКАЧЕВА, Ю. А. КАБЫШЕВА, Н. К. ЛЕОНОВ, А. А. ВАСИЛЬЕВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одной из важнейших проблем обследовании железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК) является качество и объективность выполнения работ. И, если оценить поврежденность ЖБЭ (ЖБК) на момент обследования можно достаточно качественно (зависит от опыта и объективности специалиста), то выполнить прогноз изменения коррозионного состояния стальной арматуры можно только на базе многолетних научных исследований состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре и состояния арматуры. Поскольку именно прочность стальной арматуры, в первую очередь, определяет несущую способность ЖБЭ (ЖБК) и ее изменение во времени, и, как следствие, долговечность железобетона, объективность прогнозирования интенсивности коррозии стальной арматуры определяют качество прогноза технического состояния ЖБЭ (ЖБК), количество материальных и денежных ресурсов для обеспечения проектного срока службы зданий и сооружений в целом [1].

Основным процессом, нейтрализующим бетон в ЖБЭ и ЖБК, эксплуатируемых в условиях открытой атмосферы, является карбонизация [1]. Снижая защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре, она создает условия для начала и развития ее коррозии, в процессе которой происходит уменьшение ее площади поперечного сечения, поэтому одним из важнейших вопросов является определение зависимости скорости коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона при его карбонизации, класса бетона по прочности на сжатие и условий эксплуатации ЖБЭ (ЖБК) [1].

В соответствии с [2] скорость коррозии стальной арматуры в карбонизированном бетоне зависит от эксплуатационной среды и определяется как постоянная величина для каждой величины относительной влажности. Эта скорость не может быть постоянной и зависит от состава бетона, состояния его защитных свойств по отношению к стальной арматуре и скорости изменения их во времени, толщины защитного слоя бетона и др. [3].

В результате длительных исследований карбонизации бетона в железобетонных конструкциях было получено выражение для оценки изменения во времени глубины коррозионного повреждения стальной арматуры для бетона классов по прочности на сжатие  $C^{12}_{15}-C^{30}_{37}$  при эксплуатации в открытой атмосфере [1]:

$$h(t, s) = \left( b_0 + \frac{b_1}{s} \right) \left\{ 1 - \exp \left[ - \left( c_0 + \frac{c_1}{s} \right) t \right] \right\}, \quad (1)$$

где  $b_0$ , мм/год;  $b_1$ , мм<sup>2</sup>/год;  $s$ , мм;  $c_0$ , мм/мм;  $c_1$ , мм – коэффициенты;  $s$  – толщина защитного слоя бетона, мм;  $t$  – срок эксплуатации, лет.

В соответствии с (1) скорость коррозии стальной арматуры в карбонизированном бетоне

$$v(t, s) = \left( b_0 + \frac{b_1}{s} \right) \left( c_0 + \frac{c_1}{s} \right) \cdot \exp \left[ - \left( c_0 + \frac{c_1}{s} \right) t \right]. \quad (2)$$

Полученная зависимость показывает, что для любых классов бетона по прочности на сжатие скорость коррозии стальной арматуры уменьшается по сечению бетона с поверхности вглубь по сложной зависимости, причем интенсивность коррозии значительно возрастает в поверхностных слоях. При толщине защитного слоя бетона менее 20 мм она значимо выше 0,005 мм/год, предлагаемой в [2].

Выражение (2), после математической обработки, дало возможность получить зависимость времени достижения граничных (предельных) значений глубины коррозии стальной арматуры от толщины защитного слоя бетона для любых классов бетона по прочности на сжатие:

$$t = \frac{s \cdot (\ln(b_0 s + b_1) - (b_0 s + b_1 - h s))}{c_0 s + c_1}. \quad (3)$$

Используя выражение (3), получены зависимости изменения во времени площади поперечного сечения стальной арматуры в карбонизированном бетоне от толщины защитного слоя для различных классов бетона по прочности на сжатие эксплуатационных условий открытой атмосферы  $A = f(s, t, h)$ . Они являются поверхностями 2-го рода (рисунок 1).

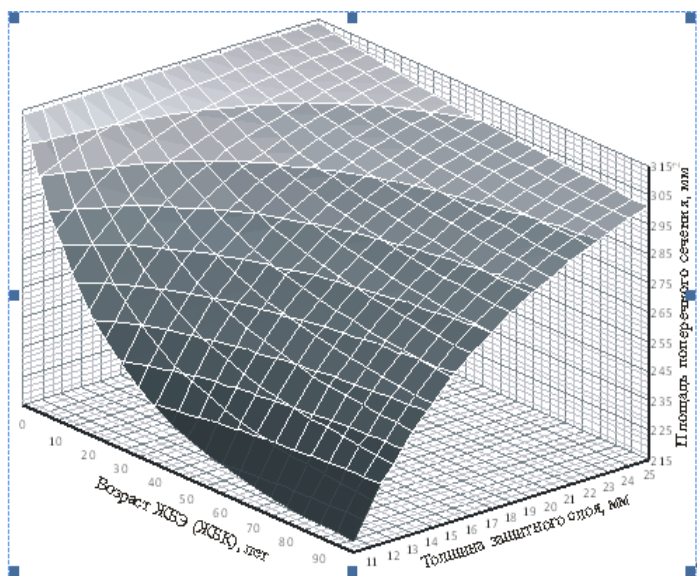


Рисунок 1 – Зависимость изменения во времени площади поперечного сечения стальной арматуры  $\varnothing 20$  S500 для бетона класса по прочности на сжатие  $C^{16}_{20}$  для условий открытой атмосферы



Используя полученные зависимости, задаваясь граничными значениями уменьшения размеров поперечного сечения стальной арматуры, можно определить сроки критического повреждения стальной арматуры, и тем самым значительно повысить объективность прогнозирования технического состояния ЖБЭ (ЖБК).

Полученные результаты позволяют повысить точность прогнозирования глубины и скорости коррозии стальной арматуры, времени начала и наступления предельных коррозионных повреждений, появления и развития продольных (поперечных) трещин до предельных значений.

Использование полученных зависимостей в расчетах несущей способности и эксплуатационной пригодности позволяет улучшить объективность оценки остаточного ресурса (долговечности) не только ЖБЭ (ЖБК), но и подавляющего большинства проектируемых и существующих зданий и сооружений.

#### Список литературы

1 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.

2 DuraCrete 7: General guidelines for durability design and redesign. The European Union – Brite EuRam III, Project No. BE95-1347, Probabilistic Performance-based Durability Design of Concrete Structures, Report No. T7-01-1, 1999.

3 **Васильев, А. А.** Совершенствование оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных элементов и конструкций, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях / А. А. Васильев // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. трудов. Вып. 9. – Минск, 2017. – С. 148–167.

УДК 621.74.94

### **ПРОБЛЕМА РАФИНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ АКТИВНОГО ШЛАКА В ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ**

*Н. К. ТУРСУНОВ, Ш. П. АЛИМУХАМЕДОВ, Т. О. ТОИРОВ*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

В индукционных тигельных печах (ИТП) важную роль играют защитные (покровные) свойства шлака. Проницаемость шлаков по отношению к компонентам атмосферы – кислороду, азоту и водороду в значительной мере определяет газонасыщенность металла и развитие процессов окисления. Процессы массопереноса связаны с диффузионной подвижностью примесей, вязкостью шлака, его составом. С учетом специфики конкретных процессов шлаки могут выполнять и некоторые другие функции – поддержание заданного теплового режима в печи.

Обычно шлаки в ИТП с основной футеровкой не выполняют таких функций, как окисление, восстановление, десульфурация и дефосфорация. В процессе плавки металла шлаки в печи образуются в результате окисления компонентов шихты и футеровочных материалов тигля. Эти шлаки обычно удаляют в конце расплавления и наводят «свежие» из боя стекла и кварцевого песка для кислых печей и из извести и плавикового шпата для печей с основной футеровкой. Основное назначение этих шлаков защитить жидкий металл от взаимодействия с атмосферой и уменьшить потери энергии, излучаемой поверхностью зеркала металла. Значительные потери энергии через поверхность шлака приводят к низкой текучести и большим перепадам температур по высоте (до 1200 К).

Шлаки как рафинирующий материал в процессе выплавки металла в ИТП до настоящего времени не нашли широкого применения в металлургической практике. Это обусловлено, прежде всего, низкой реакционной способностью шлаков, разогрев которых происходит только за счет теплопередачи в зоне контакта с поверхностью металла, малой величиной поверхности контакта «металл – шлак», охлаждением шлаков футеровкой тигля. На основании чего часто делают заключение о недостаточной рафинирующей способности шлаков в ИТП, и соответственно предъявляют повышенное требование к металлошихте, по содержанию таких элементов как фосфор и сера. Рафинирование металлов в ИТП по традиционным схемам практически отсутствует.

Электромагнитные усилия и вызванная ими электродинамическая циркуляция металла деформируют поверхность ванны, которая приобретает выпуклый мениск высотой  $\Delta h_m$ . Вследствие

этого шлак, покрывающий поверхность металла, стекает к стене тигля, и в результате чего приходится давать больше шлакообразующих смесей.

Шлак, скапливающийся у стены тигля и химически взаимодействующий с футеровкой, разъедает ее на большем протяжении, чем при плоской поверхности металла. Кроме того, при циркуляции металла происходит увеличение экзогенных частиц шлака и продуктов разрушения футеровки тигля в объеме металла. Электромагнитные силы в металлическом цилиндре, помещенном в цилиндрический индуктор, направлены радиально к оси цилиндра (по направлению потока энергии), причем максимальное давление создается этими силами на оси цилиндра.

Ряд исследователей считают, что шлак при индукционной плавке может участвовать в процессе рафинирования металла, но при определенных условиях. Ниже описаны некоторые приемы, позволяющие повысить активность шлака.

Способ снижения высоты мениска. Наиболее распространенный способ уменьшения высоты мениска  $\Delta h_m$  основан на уменьшении напряженности магнитного поля в верхней части ванны ИТП, в результате чего циркуляция вблизи зеркала ванны ослабляется и подавляется ферростатическим давлением.

Однако несимметричное расположение индуктора относительно металла уменьшает теплогенерацию в верхней части тигля и затрудняет плавление металлошихты (отдельные куски шихты свариваются в сплошной «мост», препятствующий сходу холодной шихты в зону плавления). Поэтому целесообразно регулировать электродинамическую циркуляцию по ходу плавки, применяя либо механическое понижение уровня индуктора поднятием тигля или опусканием индуктора, либо электрическое понижение уровня индуктора путем отключения верхних витков.

Удаление вредных примесей методом окисления. Окисление углерода, удаление фосфора и серы в ИТП с основной футеровкой могут быть проведены с большой скоростью. Казалось бы, что форма ванны в виде тигля должна затруднять проведение операции очищения ванны от примесей, из-за малой поверхности соприкосновения металла со шлаком. В реальности интенсивная циркуляция металла вполне компенсирует этот недостаток. Диффузионные процессы в ИТП проходят быстрее, продукты реакции интенсивно выносятся на поверхность и удаляются, т.е. реакции могут протекать достаточно полно.

Удалить вредные примеси из жидкой ванны в ИТП с основной футеровкой можно было бы в течение нескольких минут, но практически это трудно осуществить, так как большое количество оксида железа вызовет слишком энергичное кипение ванны и выплескивание из печи металла и шлака. Исходя из этого, железорудный концентрат присаживают небольшими порциями, каждый раз после успокоения ванны. Кроме железорудного концентрата, расходующего обычно в количестве 3–5 % от массы металлической шихты, присаживают также примерно 2 % извести и 0,2 % плавикового шпата, необходимого для повышения жидкотекучести шлака. Чем ниже вязкость шлака, тем энергичнее идет процесс удаления фосфора. Такой шлак весьма успешно воздействует на жидкую металлическую ванну и за 15 мин позволяет снизить в ней содержание углерода на 70–80 %, фосфора – на 50–60 %. Наряду с этим выгорают также кремний на 40–50 % и часть марганца. Процесс выгорания примесей может быть еще интенсивнее, если поверхность шлака защитить от охлаждения, закрыв тигель сводом, изготовленным из теплоизоляционных кирпичей, или прогревая шлак.

В период рафинирования металла включение плазматрона позволяет нагревать шлак, увеличивая его реакционную способность, что невозможно в ИТП.

А. М. Самарин приводит изменение содержания углерода и фосфора в процессе выплавки стали, проведенной с окислением в ИСТ-0,3, мощностью 100 кВт и частотой тока 500 Гц. При применении шлака, состоящего из 51,8 % CaO и 12,9 % SiO<sub>2</sub>, содержание фосфора за 15 мин было снижено с 0,130 до 0,020 %. В процессе плавки тигель был прикрыт сводом из теплоизоляционного кирпича, предохранявшим шлак от охлаждения.

В процессе другой опытной плавки, после выдержки расплавленного металла под окислительным шлаком в течение 20 мин, содержание углерода понизилось с 2,7 до 1,7 %, а в последующие 35 мин – до 0,14 %. Таким образом, скорость окисления углерода составила 3 % в час. В дуговой сталеплавильной печи (ДСП) эта скорость в 5 раз меньше.

Более быстрое и эффективное окисление примесей может быть достигнуто в ИТП с основной футеровкой, если вдувать воздух на поверхность ванны. В этом случае удастся почти полностью удалить из ванны кремний и марганец, а содержание углерода и фосфора довести до 0,02 %. Метод вдувания воздуха по сравнению с окислением рудой эффективнее повышает скорость и степень выгорания примесей.

Разъедание стены тигля при этом также уменьшается. Для уменьшения разъедания стенки тигля при основной футеровке рекомендуется добавлять в шлак 15–20 % периклаза от массы шлака. Шлак при этом не теряет своей жидкотекучести. Естественно, чем больше площадь соприкосновения металла со шлаком, чем выше температура шлака и чем меньше глубина ванны, тем выше скорость очищения металла от примесей, следовательно, выше механические свойства получаемого изделия.

Нагрев шлака плазменной дугой. При установке плазматрона в своде печи появляется возможность подогрева шлака до температуры, требуемой для проведения металлургических процессов на границе «металл-газовая фаза-шлак».

Дополнительное применение дуги постоянного тока, горящей между графитированным электродом и шихтой, позволяет быстро проплавить в ней вертикальный «колодец». Отдельные куски шихты, образующие внутренние стенки «колодца», оплавляются и электрически переключаются, в результате чего общее электросопротивление шихты снижается, а мощность, передаваемая ей от индуктора, резко возрастает. Происходит сокращение длительности периода расплавления на 20–30 % и снижение удельного расхода электроэнергии.

Вышеуказанные технические решения еще раз показывают возможность формирования активного шлака при выплавке стали в ИТП и использование в качестве шихты относительно дешевого лома с пониженным содержанием кремния, марганца и повышенным содержанием серы и фосфора.

#### Список литературы

1 Снижение дефектности крупных литых деталей подвижного состава железнодорожного транспорта за счет выполнения мощных упрочняющих ребер / Н. К. Турсунов [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 нояб. 2021 г.: в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2021. – Ч.1. – С. 165–167.

2 Improvement of technology for producing cast parts of rolling stock by reducing the fracture of large steel castings / N. K. Tursunov [et al.] // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Vol. 2, no. 4. – P. 948–953.

3 **Toirov, O. T.** Development of production technology of rolling stock cast part / O. T. Toirov, N. K. Tursunov // Conmechhydro 2021 : Intern. scientific conference on construction mechanics, hydraulics and water resources engineering. – Tashkent, 2021. – Vol. 264. – P. 05013.

4 Development of innovative technology of the high-quality steel production for the railway rolling stock cast parts / N. K. Tursunov [et al.] // Oriental renaissance : Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Vol. 2, no. 4. – P. 992–997.

5 **Тоиров, О. Т.** Совершенствование технологии внепечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // Universum: технические науки. – Москва : Международный центр науки и образования, 2022. – № 4–2 (97). – С. 65–68.

6 **Турсунов, Н. К.** Повышение качества стали за счёт применения редкоземельных металлов / Н. К. Турсунов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 нояб. 2021 г.: в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2021. Ч.1. – С. 156–158.

УДК 620.178.16

## ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

*Н. К. ТУРСУНОВ, Т. М. ТУРСУНОВ, Ш. П. АЛИМУХАМЕДОВ, Т. Т. УРАЗБАЕВ*  
*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

При эксплуатации индукционных тигельных печей (ИТП-6) на литейных механических заводах необходимо строго следить за температурным режимом плавки, поскольку даже незначительное (на 20~50 К) превышение температуры против допустимой для данного материала футеровки резко уменьшает срок ее службы. Тем временем, срок службы футеровки и вследствие этого работа самой печи определяет производительность по металлу и изделий. Исходя из этого, увеличение срока

службы футеровки и повышение количества плавков в индукционных печах является актуальной проблемой при ее эксплуатации.

*Определение удельной полезной энергии.*

Удельная полезная энергия

$$W_{\text{у.пол}} = (\Delta H_{\text{ме}} + \Delta H_{\text{шл}} - \Delta H_{\text{экз}}) \cdot \frac{1}{3600}, \quad (1)$$

где  $W_{\text{у.пол}}$  – удельный теоретический расход энергии для плавки, МВт·ч/т;  $\Delta H_{\text{ме}}$  – изменение удельной энтальпии металла, МДж/т;  $\Delta H_{\text{шл}}$  – изменение удельной энтальпии шлака, МДж/Мг;  $\Delta H_{\text{экз}}$  – удельная энергия экзотермических реакций, МДж/т.

Изменение удельной энтальпии металла

$$\Delta H_{\text{ме}} = C_{\text{T}} \cdot (T_{\text{C}} - T_{\text{H}}) + \Lambda_{\text{Ф}} + C_{\text{Ж}} \cdot (T_{\text{P}} - T_{\text{Л}}), \quad (2)$$

где  $C_{\text{T}} = 0,65$  МДж/(т·К) – средняя удельная теплоемкость твердой шихты;  $T_{\text{C}}$  – температура начала плавления (солидуса),  $T_{\text{H}} = 300$  К – начальная температура твердой шихты;  $\Lambda_{\text{Ф}} = 250$  МДж/т – удельная теплота фазового перехода;  $C_{\text{Ж}} = 0,85$  МДж/(т·К) – средняя удельная теплоемкость жидкого стали;  $T_{\text{P}} = 1900$  К – температура перегрева жидкого металла;  $T_{\text{Л}}$  – температура окончания плавления (ликвидуса), К.

Определение температуры начала плавления (солидуса):

$$T_{\text{C}} = T_{\text{пл}} - \sum \{ (\Delta T_{\text{C}})_i \cdot [E] \}, \quad (3)$$

где  $[E]$  – среднее содержание элемента в расплавляемой шихте, %;  $(\Delta T_{\text{C}})_i$  – удельное (на 1 % содержания элемента) снижение температуры плавления чистого железа  $T_{\text{пл}} = 1812$  К, К/%.

Определение температуры окончания плавления (ликвидуса):

$$T_{\text{Л}} = T_{\text{пл}} - \sum \{ (\Delta T_{\text{Л}})_i \cdot [E] \}, \quad (4)$$

где  $(\Delta T_{\text{Л}})_i$  – удельное (на 1 % содержания элемента) снижение температуры плавления чистого железа, К/%.

Изменение удельной энтальпии металла согласно (2)

$$\Delta H_{\text{ме}} = 0,65 \cdot (1700 - 300) + 250 + 0,85 \cdot (1900 - 1786) = 1256,9 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 349 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}.$$

Изменение удельной энтальпии шлака

$$\Delta H_{\text{шл}} = k_{\text{шл}} \cdot 10 \cdot \Delta H_{\text{мр}} = 3,96 \cdot 10 \cdot 1,9 = 75,3 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 20,92 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}},$$

где  $\Delta H_{\text{мр}} = 1,9$  МДж/кг – удельная энтальпия шлака.

*Удельная энергия экзотермических реакций*

$$\Delta H_{\text{экз}} = 10 \cdot \sum (\Delta H_{\text{E}} \cdot \Delta [E]_{\text{P}}) = 100,3 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 27,85 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}, \quad (5)$$

где  $\Delta [E]_{\text{P}}$  – изменение содержания элемента в металле в данный период плавки, %;  $\Delta H_{\text{E}}$  – тепловой эффект соответствующей реакции элемента, МДж/т.

В результате удельная полезная энергия

$$W_{\text{у.пол}} = 1256,9 + 75,3 - 100,3 = 1231,9 \frac{\text{МДж}}{\text{т}} = 343 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}.$$

*Полезный расход энергии*

$$W_{\text{пол.р}} = W_{\text{у.пол}} \cdot m_{\text{ш}} = 343 \cdot 6,079 = 2085 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

На рисунке 1 приведены графики, характеризующие показатели работы ИТП ( $\tau_{\text{р}}$  – время расплавления, ч;  $\tau_{\text{пл}}$  – время плавки, ч;  $M_{\text{Г}}$  – годовая производительность, тыс. т;  $\Delta M_{\text{Г}}/M_{\text{Г}}$  – относительная производительность;  $\Delta P_{\text{М}}/P_{\text{М}}$  – относительная мощность) в зависимости от мощности  $P_{\text{М}}$ , выделяемой в металле.

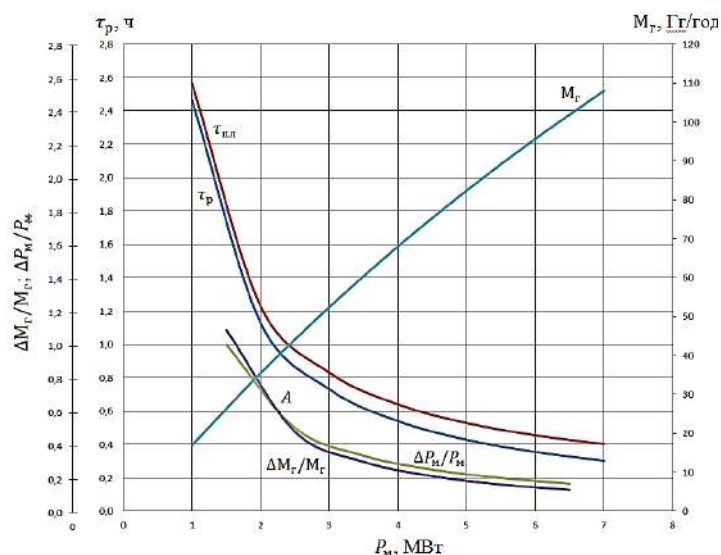


Рисунок 1 – Изменение показателей работы ИТП в зависимости от мощности, выделяемой в металле

Для лучшего использования мощности, выделяемой в металле, выбирают мощность правее точки А т.е.  $\Delta M_T/M_T < \Delta P_M/P_M$ . Поэтому для ИТП ЛМЗ вместимостью 6 т с производительностью 40 тыс. т/год целесообразно выбрать мощность  $P_M = 2,5$  МВт.

#### Список литературы

1. **Турсунов, Н. К.** Оптимизация футеровки индукционных печей при выплавке стали марки 20ГЛ. Обзор / Н. К. Турсунов, Т. М. Турсунов, Т. Т. Уразбаев // *Universum: технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 2–2 (95). – С. 13–19.
2. **Kayumjonovich, T. N.** Influence of coating formation conditions in chlorine-containing media on the corrosion properties of titanium / T. N. Kayumjonovich, A. S. Pirmukhamedovich, U. T. Teleubaevich // *Web of Scientist : International Scientific Research Journal*. – 2022. – Vol. 3, no. 5. – P. 1692–1701.
3. **Турсунов, Н. К.** Методика расчета комплексного раскисления стали марки 20ГЛ с алюминием и кальцием / Н. К. Турсунов, Т. Т. Уразбаев, Т. М. Турсунов, // *Universum: технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 2–2 (95). – С. 20–25.
4. **Тоиров, О. Т.** Совершенствование технологии внепечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // *Universum: технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022.– № 4–2 (97). – С. 65–68.

УДК 620.178.16

## ПРОЦЕСС УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ СТАЛИ В ИНДУКЦИОННЫХ ТИГЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ

*Н. К. ТУРСУНОВ, Ш. П. АЛИМУХАМЕДОВ, О. Т. ТОИРОВ, Л. К. КУЧКОРОВ*  
*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

В процессе производства стали роль шлака является одним из определяющих факторов. Удаление из металла фосфора основано на переводе его из состава металла в шлак. Изменяя состав, количество и температуру шлака, можно влиять на процесс дефосфорации металла. Получение шлака необходимого состава, обладающего соответствующими физико-химическими свойствами, является одной из важных задач при выплавке стали.

Процесс удаления фосфора в дуговых сталеплавильных печах происходит в конце периода расплавления и при обезуглероживании расплава, а в конвертере этот процесс начинается сразу после начала продувки, что объясняется быстрым началом формирования окислительного шлака. В индукционных тигельных печах (ИТП) это не является основной задачей, так как эти печи предназначены для расплавления и нагрева металла.

Обычно шлаки в ИТП не выполняют таких функций, как окисление и дефосфорация. В процессе плавки металла в печи образуются шлаки в результате окисления компонентов шихты и футеровочных материалов тигля. Эти шлаки обычно удаляют в конце плавки и добавляют твердые шлакообразующие смеси из боя стекла и кварцевого песка для кислых печей, из свежееобожженной

известии и плавикового шпата для печей с основной футеровкой. Основной функцией этих шлаков защита жидкого металла от взаимодействия с атмосферой и уменьшить потери энергии, излучаемой поверхностью зеркала металла.

Шлаки как рафинирующая фаза в процессе плавки металла в ИТП до настоящего времени не нашли широкого применения в металлургической практике. Это обусловлено малой реакционной способностью шлаков, разогрев которых происходит только в зоне контакта с поверхностью металла и охлаждением шлаков футеровкой тигля. В ИТП предъявляют повышенное требование к металлошихте, по содержанию фосфора.

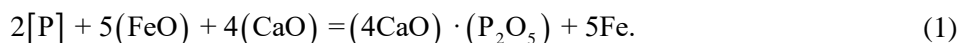
О назначении шлака образующегося в ИТП существуют разные мнения: одни авторы считают, что роль шлака в ИТП нейтральна к процессам рафинирования [1]; другие считают, что шлак может участвовать в процессе рафинирования [2–6].

При создании определенных условий возможно эффективное использование шлаков для дефосфорации металла.

По сравнению с вышеприведенными методами нами предлагается технология, отличающаяся применением твердых шлаковых смесей (ТШС) для снижения содержания фосфора в металле.

Вредное влияние фосфора наблюдается в зернограничной хрупкости, которое снижает ударную вязкость, но в разных марках сталей фосфор себя проявляет по-разному. В низкоуглеродистой стали происходит охрупчивание в зоне сварки, при хладноломкости из-за сегрегации излом зернограничный, а не по объему зерна. В агрессивных средах фосфор усиливает водородную хрупкость. Фосфор, содержащийся в стали, упрочняет ее и повышает сопротивление атмосферной коррозии. Однако, чаще всего, он оказывает отрицательное влияние на качество стали. В связи с этим требования по содержанию фосфора в качественных сталях постоянно повышаются. В настоящее время считают, что фосфор оказывает отрицательное влияние при содержании более 0,005 % [6].

При плавке металла процесс дефосфорации наиболее благоприятен в период расплавления шихты, характеризующийся низкой температурой металла. Снижение содержания фосфора в металле можно добиться путем его окисления и перевода в шлак. Компонентом шлака для понижения активности продуктов реакции и образующим с пентаоксидом фосфора  $P_2O_5$  прочные фосфаты является известь  $CaO$ . Поэтому удаление фосфора в стали в печах проводят с высоким содержанием извести в шлаке. Уравнение реакции удаления фосфора из металла имеет следующий вид:



Экспериментальные данные о равновесии реакции, полученные Уинклером и Чипманом

$$\lg K = \lg \frac{X_{(4CaO)} \cdot (P_2O_5)}{[P]^2 \cdot f_{[P]}^2 \cdot X_{(FeO)}^5 \cdot X_{(CaO)}^4} = \frac{40067}{T} - 15,06, \quad (2)$$

где  $X_{(CaO)}$  представляет мольную долю «свободной»  $CaO$  (не связанную в соединения с кислотными оксидами):  $X_{(CaO)} = X_{(CaO)} - 2X_{(SiO_2)} - 4X_{(P_2O_5)} - 2X_{(Al_2O_3)}$ .

Анализ влияния температуры на константу равновесия реакции показывает, что с увеличением температуры реакции константа уменьшается, т.е. процесс дефосфорации протекает хуже (значение энтальпии реакции  $\Delta H = 76600$  Дж/моль, реакция идет с выделением тепла).

Удаление фосфора в металле по упрощенной реакции окисления описывается следующим уравнением



Выражение логарифма константы равновесия имеет вид:

$$\lg K = \lg \frac{x_{PO_{2,5}} \cdot \gamma_{PO_{2,5}}}{x_{FeO}^{2,5} \cdot \gamma_{FeO}^{2,5} \cdot [P] \cdot f_P}. \quad (4)$$

Важнейшим параметром дефосфорации является коэффициент распределения фосфора  $L_P$  между шлаком и металлом. Чем больше коэффициент распределения, тем большее количество фосфора перейдет в шлак. После преобразования выражения (4) можно получить формулу для равновесного значения коэффициента распределения фосфора между металлом и шлаком:

$$L_p = \frac{31 \cdot K \cdot f_p \cdot x_{\text{FeO}}^{2,5} \cdot \gamma_{\text{FeO}}^{2,5} \cdot \sum n}{\gamma_{\text{PO}_{2,5}}} \quad (5)$$

Из приведенных реакций (1) и (3) видно, что для повышения полноты протекания процесса дефосфорации необходимо иметь повышенное содержание оксидов железа и кальция в шлаке. Рекомендуемое отношение (CaO)/(FeO) около 2–4 (рисунок 1).

Проведено исследование процесса рафинирования стали от фосфора с использованием твердых шлаковых смесей в ИТП вместимостью 6 т.

Для ускорения процесса окисления после расплавления каждой порции шихты в печь загружали металлический лом с твердыми шлаковыми смесями, состоящий из железорудного концентрата, извести и плавикового шпата.

При соблюдении условий, подбора состава специальных шлаков придание им активности при взаимодействии с металлической ванной, например, уменьшение высоты мениска, можно добиться существенной дефосфорации стали. Данный технологический прием широко используется в промышленных условиях.

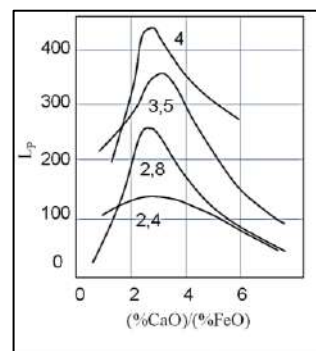


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента распределения  $L_p$  от основности и (%FeO) (Цифры у кривых – основность шлака  $B = (\%CaO)/(\%SiO_2)$ )

#### Список литературы

- 1 Тоиров, О. Т. Совершенствование технологии внепечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // *Universonum : технические науки*. – М. : Международный центр науки и образования, 2022. – № 4–2 (97). – С. 65–68.
- 2 Кучкоров, Л. А. Исследование стержневых смесей для повышения газопроницаемости / Л. А. Кучкоров, Н. К. Турсунов, О. Т. Тоиров // *Oriental renaissance : Innovative, educational, natural and social sciences*. – 2021. – Vol. 1, no. 8. – P. 831–836.
- 3 Турсунов, Н. К. Исследование процессов дефосфорации и десульфурации при выплавке стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи с дальнейшей обработкой в ковше с использованием редкоземельных металлов / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Санокулов // *Черные металлы*. – 2017. – № 1. – С. 33–40.
- 4 Турсунов, Н. К. Теоретический и экспериментальный анализ процесса перевода индукционной тигельной печи из разряда переплавной установки в активный рафинирующий сталеплавильный агрегат / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, А. А. Саидрахимов // *Физико-химические основы металлургических процессов : тез. докл. Междунар. науч. конф., посвященной 115-летию со дня рождения академика А. М. Самарина, Москва, 14–15 нояб. 2017 г.* – М. : ИМЕТ РАН, 2017. – С. 62.
- 5 Турсунов, Н. К. Исследование в лабораторных условиях и индукционной тигельной печи вместимостью 6 тонн режимов рафинирования стали 20ГЛ с целью повышения ее качества / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Санокулов // *Тяжелое машиностроение*. – 2017. – № 1–2. – С. 47–54.
- 6 Using of exothermic inserts in the large steel castings production of a particularly / О. Т. Toirov [et al.] // *Web of Scientist : International Scientific Research Journal*. – 2022. – Vol. 3, no. 1. – P. 250–256.

УДК:628.218

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ В МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

А. В. УРИЦКАЯ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Системы канализации в настоящий момент представляют собой неотъемлемый элемент благоустройства современных населенных пунктов, а техническое совершенствование с повышением эффективности функционирования таких систем и снижением негативного воздействия на окружающую среду является актуальной задачей.

Транспортирование сточных вод может осуществляться самотечным или принудительным способом, благодаря созданию избыточного давления или вакуума, приводящего к движению сточные воды с расчетными скоростями.

При самотечной системе канализации отведение сточных вод осуществляется по безнапорным трубопроводам. В малых населенных пунктах создание таких сетей предполагает подключение каждого здания отдельным трубопроводом к сборному уличному трубопроводу. Последние объединяются в коллектор для транспортирования сточных вод на очистные сооружения [2].

Самотечная система канализации считается традиционной и используется чаще других систем, отличается минимальными затратами на подключение и простотой последующей эксплуатации.

Главным показателем для выбора в пользу той или иной системы канализации являются действующие в Республике Беларусь нормативы в части транспортировки сточных вод: СН 4.01.02–2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [1], которые устанавливают: «Основным требованием при проектировании самотечных коллекторов является пропуск расчетных расходов при самоочищающихся скоростях движения транспортируемых сточных вод» (п. 5.2.1) во избежание заиливания. В случае невозможности обеспечения самоочищающихся скоростей в сетях канализации вследствие малых расчетных расходов от индивидуальных жилых строений (ИЖС), кемпингов, гостиниц и др., следует переходить на альтернативные способы транспортирования сточных вод: напорные либо вакуумные системы.

При несоблюдении требований нормативной документации требуется постоянное вмешательство эксплуатирующей организации для организации прочистки труб.

На этапе проектирования системы канализации н. п. Роги и н. п. Южная были разработаны схемы и выполнены гидравлические расчеты в соответствии с СН 4.01.02 2019 [1]. В результате чего установлено, что 100 % канализационных сетей находится в безрасчетном режиме, при котором уровень заполнения не превышает 0,2. Скорость течения при этом не превышает 0,4 м/с, что приведет к заиливанию канализационных сетей, а это противоречит требованиям п. 8.3.2 норм [1]. Безрасчетный режим – невозможность достичь скоростей самоочистки. Их можно достичь только в случае очень большого заглубления и частой установки повысительных насосных станций КНС. Таким образом, канализационная сеть не может быть запроектирована и построена, в противном случае необходимо учитывать эксплуатационные затраты по ежегодной прочистке сетей.

В качестве альтернативного способа транспортирования сточных вод предлагается рассмотреть устройство системы вакуумной канализации.

Затраты на прочистку сетей при эксплуатации вакуумной технологии меньше на 100 %, т.к. при вакуумной канализации невозможно заиливание системы. Затраты на электроэнергию с использованием вакуумной технологии также меньше, поскольку используется только один потребитель электроэнергии – вакуумная станция. При самотечной системе понадобилось бы строительство большого количества КНС.

Принцип работы вакуумной канализации заключается в транспортировке сточных вод по трубопроводам, в которых поддерживается пониженное давление на центральную вакуумную станцию [2]. Вакуумные клапаны, устанавливаемые внутри смотровых колодцев у зданий, работают, используя энергию вакуума.

Сточные воды отводятся из здания в колодец, после наполнения которого до определенного уровня открывается клапан, и сточная вода под действием вакуума направляется в трубопровод.

Вакуумная станция оснащается насосами для создания пониженного давления в сети канализации, сборным резервуаром и канализационными насосами, подающими сточные воды из сборных резервуаров к очистным сооружениям. При повышении давления в резервуаре сверх заданного предела включаются вакуумные насосы, поддерживая отрицательное давление в сборном резервуаре [2].

Преимущества вакуумной системы канализации:

- только центральная вакуумная станция обеспечивается электрической энергией;
- трубы не засоряются вследствие высокой скорости движения сточных вод;
- нет необходимости в строительстве смотровых колодцев;
- могут использоваться гибкие полимерные трубы малого диаметра, которые укладываются на небольшой глубине;
- отсутствуют запахи, инфильтрация, а также утечки сточных вод, что позволяет размещать трубопроводы рядом с дождевой канализацией и водопроводом, а также в водоохраных зонах;
- предотвращается газовая коррозия труб вследствие гидролиза примесей в сточной воде.

Недостатки вакуумной системы канализации:

- эксплуатация центральной вакуумной станции может сопровождаться выделением газов (сероводорода), из-за чего может потребоваться биологическая очистка воздуха;
- требуется регулярное профилактическое обслуживание, а также своевременная замена изношенных деталей и уплотнений механического контроллера вакуумного клапана, поскольку при блокировке и открытом состоянии клапана происходит остановка работы системы вследствие отсутствия вакуума.

Применение вакуумной системы канализации в малых населенных пунктах позволит сократить затраты на рытье траншей, прочистку сетей и электроэнергию, избежать строительства большого количества повысительных насосных станций и использовать трубы малого диаметра. Поэтому вопрос, связанный с развитием такого технического решения, представляется перспективной.



Для решения этой задачи следует адаптировать положения по проектированию строительства систем вакуумной канализации в национальных ТНПА и справочной литературе. Основные положения, устанавливающие требования к устройству и функционированию систем вакуумной канализации, приведены в европейском стандарте EN 16932-3, который рассматривает такие системы, как разновидность наружных сетей канализации с механическим водоподъемом.

#### Список литературы

- 1 СН 4.01.02-2019. Канализация. Наружные сети и сооружения – Введ. 20200-07-09. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 78 с.
- 2 Новикова, О.К. Канализационные сети / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 179 с.

УДК 628.387

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*И. И. ФИЛАТОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время необработанный (нестабилизированный) осадок обезвоживается на очистных сооружениях Республики Беларусь, перевозится автомобильным транспортом и складировается на иловых площадках. Это не отвечает требованиям экологической, технической и экономической устойчивости.

Для разработки эффективной стратегии управления осадком, прежде всего, необходимо определить наилучшие варианты утилизации и захоронения, а также характеристики продукта (количество и качество) в каждом варианте. Затем определяется технология получения необходимого продукта для реализации наилучшего варианта безопасного использования и утилизации [1].

Основываясь на опыте и перспективном применении осадка сточных вод в странах ЕС [2–4], очистные сооружения Республики Беларусь рассматривают следующие возможности:

1 Внесение осадка сточных вод в почву:

- в сельском хозяйстве при выращивании пищевых и технических культур, в том числе топливных;
- при рекультивации нарушенных земель на объектах промышленного производства и добычи полезных ископаемых;
- в лесном хозяйстве;
- при озеленении городских парков, благоустройстве территорий и пр.;

2 Получение энергии из отходов:

- путем моносжигания (только осадка сточных вод);
- в установках сжигания твердых коммунальных отходов (ТКО);
- в цементных печах;

3 Размещение на полигоне либо дальнейшее использование иловых площадок.

В странах ЕС сельскохозяйственное использование обработанного осадка сточных вод является экономичной и экологически чистой альтернативой химическим удобрениям.

Осадок сточных вод может вноситься в почву в любом виде (жидкий осадок, обезвоженный кек или высушенный осадок). При использовании осадка сточных вод следует учитывать технические, экологические и стоимостные аспекты, связанные с хранением, транспортировкой, утилизацией и контролем стандартов качества.

Рекультивация нарушенных земель. Нарушенные и заброшенные земли обычно ухудшают качество ландшафта, а также являются источником загрязнения, переносимого воздушными и водными потоками. Твердые биологические вещества успешно применяются для быстрой рекультивации и улучшения качества большинства типов нарушенных земель, где почва повреждена или отсутствует почвенный покров.

Продукты переработки осадка сточных вод эффективно используются для рекультивации выработанных шахт и карьеров, которые разрабатывались открытым способом, мест добычи песка и щебня, а также для рекультивации полигонов для захоронения твердых бытовых отходов.

Лесное хозяйство. Лесные почвы, как правило, уступают сельскохозяйственным почвам как по структуре, так и по питательным свойствам. Во многих случаях для поддержания роста деревьев в почве необходимо вносить удобрения. Замена этой дорогостоящей операции иловым осадком может также увеличить содержание органического вещества и улучшить структуру почвы. Другими словами, внесение илового осадка улучшает физические, химические и биологические свойства почвы, способствуя лучшему укоренению и росту деревьев. Кроме того, использование осадка сточных вод в лесном хозяйстве вызывает меньше возражений, поскольку этот путь не влияет на пищевые цепи.

Исследования, проведенные в разных странах для изучения влияния внесения осадка сточных вод на рост деревьев, состояние окружающей среды и операционные аспекты, показали, что этот продукт улучшает показатели роста деревьев.

Озеленение. Биологические твердые вещества применяются в озеленении (включая городские парки) для улучшения структуры почвы, ее удобоукладываемости и способности задержания влаги. Осадок сточных вод для озеленения может поставляться как небольшими упаковками (обычно в виде компоста) для личных участков, так и достаточно крупными партиями для парков города. В обоих случаях люди могут непосредственно прикасаться к продукту, поэтому осадок необходимо дополнительно обрабатывать для снижения содержания болезнетворных микроорганизмов. Чаще всего это делается путем компостирования в смеси с растительными отходами или другим наполнителем.

Моносжигание. На сегодняшний день в мире построено и ведется строительство множества установок сжигания осадка сточных вод. Современные установки сжигания обычно оснащаются паровыми турбинами для выработки электроэнергии. В некоторых из них применяют схемы экспорта избыточного тепла, например, для систем центрального теплоснабжения.

Установки сжигания ТКО. В ЕС и других странах есть много примеров систем, в которых часть осадка сточных вод после обезвоживания или сушки сжигается вместе с бытовыми отходами. Обычно такая услуга предоставляется на договорной основе, и поставщик осадка вносит плату за прием отходов оператору установки сжигания.

Максимальное количество осадка, которое технически может быть сожжено вместе с бытовыми отходами, зависит от мощности и производительности установки сжигания. Накопленный опыт показывает, что добавление в ТКО 5–7 % (по весу) обезвоженного осадка не оказывает существенного негативного влияния на работу установки сжигания. Опыт также подтвердил, что смешанные ТКО могут сжигаться в течение коротких периодов времени (1–2 недели) с добавлением до 10 % (по весу) осадка по мере необходимости.

Совместное сжигание осадка сточных вод в цементных печах (в качестве дополнительного топлива). Производство цемента – достаточно энергоемкий процесс, также предприятия по производству цемента имеют богатый опыт применения альтернативных видов топлива, получаемого из отходов. Такие схемы позволяют сократить потребление углеводородного топлива и, соответственно, сократить издержки. Кроме того, минеральные компоненты в составе осадка сточных вод могут быть использованы в качестве заменителя минерального сырья такого, как песок и железная руда, необходимого для производства цемента. Также совместное сжигание осадка сточных вод на цементных заводах снижает количество выбросов углерода за счет меньшего расхода топлива и сырья.

При использовании иловых площадок для обезвоживания осадков сточных вод до внедрения механического обезвоживания с последующей утилизацией целесообразно произвести интенсификацию их работы. Работу иловых площадок можно улучшить предварительным промыванием очищенной водой плохо фильтруемых осадков. При этом достигается увеличение нагрузки на иловые площадки на 70 %. Технология промывания анаэробно сброженных осадков может быть такой же, как и при подготовке их к механическому обезвоживанию.

#### Список литературы

1 Новикова, О. К. Обработка осадков сточных вод : учеб.-метод. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 96 с.

2 Обработка осадка сточных вод: полезный опыт и практические советы. Издатель и авторское право 2012: Проект по городскому сокращению эвтрофикации (Project on Urban Reduction of Eutrophication, PURE) через Комиссию по окружающей среде Союза балтийских городов, Vanha Suurtori 7, 20500 Turku, Finland (Финляндия). – 125 с.

3 Анализ вариантов утилизации осадков сточных вод в соответствии с НДТ ЕС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minskvodokanal.by/assets/files/Pdf/assessment.pdf> – Дата доступа : 25.09.2022.

4 Определение и предварительная оценка экологически-устойчивых вариантов обращения с осадком СВ, потенциально применимых в странах ВП [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://euwipluseast.eu/images/2020/11/PDF/EUWI\\_EaP\\_Assessment\\_2020\\_RU.pdf](https://euwipluseast.eu/images/2020/11/PDF/EUWI_EaP_Assessment_2020_RU.pdf). – Дата доступа : 25.09.2022.

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ РАЗЛИЧНЫХ КАТЕГОРИЙ ДОРОГ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУР НА ПОВЕРХНОСТИ

*О. И. ЦЫГАНОК, И. Е. КРАКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*А. М. КАРАБАЕВ,*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Автомобильные дороги регулярно подвергаются интенсивным динамическим нагрузкам, солнечному облучению, неустойчивым температурам (замораживанию и перегреву), сушке и увлажнению. В результате этого в дорожном покрытии появляются различного рода повреждения. Автоперегрузки – основная причина деформаций и разрушения дорог. При движении автомобиля передают посредством колес дорожному полотну горизонтальные и вертикальные усилия, которые приводят к возникновению нормальных и касательных напряжений в слоях дорожной одежды. В связи с этим при проектировании автомобильных дорог возникает необходимость исследования напряженно деформированного состояния дорожного покрытия. Целью данного исследования является оценка напряжений и деформаций в дорожном покрытии автомобильных дорог различных категорий при различных температурах на их поверхности.

В настоящее время имеется немало работ, выполненных учеными разных стран, в которых исследуется напряженно-деформирование дорожных одежд. В большинстве работ дорожное полотно моделируется как многослойная конструкция. Для определения напряжений и деформаций использованы разработанные ранее расчетные модели [1]. В исследовании [3] выполнено конечноэлементное моделирование для определения напряжений в дорожном покрытии при заданном законе изменения температуры в нем. В работе [4] с использованием метода конечных элементов изучались распределения напряжений и смещения под воздействием транспортных нагрузок в жестких и нежестких покрытиях при различных толщинах слоев.

Объектом исследования является участок дороги, дорожное покрытие которого представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из асфальтобетонной дорожной одежды и основания. Для разработки геометрической модели дорожной одежды различных категорий дорог учитывались свойства пяти слоев. На основании указанных исходных данных слоев дорожного покрытия созданы в программном комплексе ANSYS Mechanical [2] три конечноэлементные модели дорожного покрытия, соответствующие геометрическим и физико-механическим характеристикам.

Для проведения анализа напряженно-деформированного состояния рассматривался структурный элемент дороги размерами 1,5×1,5 м в плане, а также толщиной до 1,5 м в зависимости от категории дороги. По краям участка покрытия принимались граничные условия – отсутствие горизонтальных перемещений. Так как воздействие автомобиля на дорожную одежду характеризуется давлением со стороны шины автотранспортного средства в зоне контакта колеса, то при исследовании напряженного состояния распределенное давление принималось равным 600кПа и прикладывалось на площадку контакта, имеющую радиус 17 см. Также к верхнему слою дорожной одежды прикладывалась температура от –20 до +50 °С, что соответствует зимнему и летнему периоду года. Причем принималось, что ее значения изменяются по времени. Для проведения совместного статического и температурного анализа слой дорожной одежды моделировался 20-узловым элементом SOLID226, который учитывает связи между элементами, относящимися к различным видам анализа. Температура основания при расчетах принималась постоянной равной 0 °С. Число конечных элементов каждой модели составило около 6700.

С помощью программы ANSYS смоделировано дорожное полотно, выполнен расчет напряженно-деформированного состояния. На основании полученных данных построены графики зависимости эквивалентных напряжений по толщине покрытия при различных температурах нагрева его поверхности. Очевидно, что напряжения, возникающие в дорожной одежде при проезде автомобиля от давления в зоне контакта колеса автомобиля на дорожное покрытие, затухают с глубиной.

### Список литературы

- 1 **Krakava, I. E.** Stress-strain state analysis for layered structures considering temperature deformations / I. E. Krakava, V. I. Yakubovich, A. M. Karabaev // *Mechanics, Researches and Innovations*. – 2021. – No. 14. – P. 119–125.
- 2 **Басов, К. А.** ANSYS: справочник пользователя / К. А. Басов. – М. : ДМК Пресс, 2014. – 639 с.
- 3 **Melnikova, I. S.** Simulation of temperature and transport load impact on formation and development of cracks on asphalt-concrete road surfaces / I. S. Melnikova // *Science & Technique*. – 2012. – № 4. – P. 44–52.
- 4 **Serin, S.** Comparative analysis of stress distributions and displacements in rigid and flexible pavements via finite element method / S. Serin, M. A. Oğuzhanoglu, C. S. Kayadelen // *Revista de la Construcción*. – 2021. – № 20(2). – P. 321–331.

## О РЕКОНСТРУКЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

*Т. В. ЯШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*С. А. КАНЦИАНОВА*

*Белорусская железная дорога, г. Гомель*

Вопросы защиты жизни и состояние здоровья населения в последнее время (при быстром и опасном распространении тяжелых вирусных инфекций, как коронавирус SARS-CoV-2) становятся всё более актуальными.

Инфекция коронавиральная COVID-19 повлияла на многие области жизнедеятельности человека, особенно на транспортные потоки по железной дороге, объекты медицинского профиля, образование, культуру, спорт, финансы и многое другое. Снизился пассажирооборот, осложнился процесс перемещения людей в помещениях вокзалов, кассовых залах, предприятиях розничной торговли, аптечных киосках, объектах медицинского профиля и в других весьма важных для жизни и развития населения объектах. Данная неблагоприятная обстановка в мире требует оперативного вмешательства во многие сферы жизнедеятельности и особенно там, где для безопасности людей требуется экстренная перепланировка, реконструкция или модернизация помещений.

С целью возможного снижения распространения инфекции помимо мер соблюдения гигиены целесообразно и необходимо оперативно выполнять мероприятия по реконструкции (модернизации) помещений и зданий, где наблюдается большой поток и скопление людей.

Реконструкция – совокупность строительных работ и организационных мероприятий, которые связаны с изменением технико-экономических показателей (инженерной оснащённости, планировки помещений, нагрузок, общей площади здания, строительного объема) с целью полного или частичного изменения их конструктивных решений и функционального назначения, изменения условий эксплуатации, замены морально и физически устаревшего технологического и инженерно-технического оборудования, достижения новых целей эксплуатации зданий [1].

Модернизация здания – совокупность мероприятий, которые предусматривают обновление функционально устаревшего планировочного решения имеющегося здания, используемых материалов и его морально устаревшего инженерного оборудования в соответствии с требованиями, которые предъявляются действующими нормами к эстетике условий проживания и эксплуатационным параметрам производственных зданий и жилых домов [2].

К основным видам строительно-монтажных работ, которые выполняются при реконструкции зданий, относят:

- замену инженерных коммуникаций (водопровод, канализация, газопровод, система теплоснабжения и кондиционирования воздуха и т. п.);
- надстройку здания (увеличение высоты здания за счёт увеличения количества этажей);
- увеличение высоты и помещения;
- пристройку здания;
- частичную разборку и замену конструкций;
- усиление строительных конструкций зданий;
- реорганизацию объекта;
- утепление, оштукатуривание и окраска, добавление дверных и оконных проемов.

При оперативной реконструкции вышеуказанных помещений могут быть полезны взятые за основу требования при планировке инфекционных отделений медучреждений, в которых предусматриваются преимущественно прямые и кратчайшие пути передвижения пациентов, предметов и транспорта. Для вновь поступивших и выписанных пациентов проектируются отдельные лифты, лестничные клетки и входы. Наиболее выгодное решение однокоридорной односторонней застройки отделения [3].

Во всех инфекционных отделениях необходимо выделять нейтральную зону, где размещаются кабинеты сестры-хозяйки и врачей.

Для предотвращения распространения внутрибольничных заболеваний считается наиболее надежным бокс – совокупность помещений (санитарный узел с ванной, тамбур, шлюз, палата) с изолированным наружным входом. Пациент попадает в бокс через тамбур напрямую с улицы. Шлюз связывает бокс с общим коридором, через который персонал имеет возможность подойти к пациенту. В шлюзе имеется умывальник, вешалки для вещей и шкаф для передачи продуктов питания в бокс к пациенту

[3]. При проектировании боксов предусматривается возможность полной изоляции пациентов (в боксах предусматривается от одной до двух коек). В перегородках и стенах между детскими палатами, а также в перегородках и стенах, которые отделяют палаты от общих коридоров, желателен предусмотреть остекленные проемы.

В инфекционном отделении может быть не палата, а боксированная палата, бокс или полубокс. Чем больше в инфекционном отделении изолированных палат, боксов и полубоксов, тем лучше условия для прекращения распространения внутрибольничных заболеваний.

В боксах инфекционных отделений предусматривают стеклянные проемы из шлюзов в палаты к пациентам, а также шкафы для передачи из шлюза в палату к пациенту белья, продуктов питания и лекарственных средств. В свою очередь в боксированных палатах эти шкафы организуются из общего коридора в палату к пациенту.

Выходы и входы отдельно стоящих зданий и совокупность помещений (отделения камерной дезинфекции, лечебные кабинеты, санпропускники и т. д.), здания и отделения должны быть расположены с учетом строгого соблюдения «чистых» технологических процессов и процессов, которые связаны с приемом и содержанием пациентов, зараженных инфекцией, а также с инфицированными предметами и материалами [3].

Имеющийся опыт создания проекта реконструкции части этажа детской областной клинической больницы в г. Гомель (не останавливая процесс работы больницы) дает возможность сделать некоторые рекомендации по реконструкции и планировке и для других помещений и зданий. Проект рассматривался как реконструкция, проводимая в стесненных условиях.

Стесненные условия строительства – условия, которые ограничивают рабочую зону применяемых машин и механизмов или обуславливающие малопроизводительные маневры, которые создают неудобства в процессе подачи, транспортировании и хранении конструкций и строительных материалов, а также приводящие к снижению производительности труда и др.

Подобные условия возникают в процессе выполнения работ вблизи зданий и сооружений, которые находятся на поверхности земли, подземных инженерных коммуникаций, воздушных линий электропередач, телевышек, деревьев и других объектов. Особые трудности происходят в процессе выполнения работ на существующих объектах при реконструкции зданий и сооружений. В подобных стесненных условиях помимо уменьшения производительности строительных машин и механизмов происходит в некоторых случаях ограничение их применения, в связи с чем увеличивается объем работ, выполняемых с помощью ручного труда [4].

Как правило, все строительные-монтажные работы вынужденно проходят в стесненных условиях функционирующих объектов.

Предусмотренные в проекте такие виды работ: как монтаж перегородок, снос перегородок из кирпича и пеноблоков, монтаж оконных проемов и прочее, чаще всего будут проводиться и на других объектах. При современном планировании и зонировании помещений еще на стадии проектирования необходимо учитывать изложенные выше соображения, что будет благоприятно влиять на безопасное перемещение людей.

Разработанные в программе MS Project календарные графики проведения экстренной модернизации и реконструкции помещений могут служить базовым руководством по проведению такого рода строительными-монтажными работ на разных объектах.

Можно заключить, что приведенные рекомендации по реконструкции и модернизации помещений в стесненных условиях производства строительными-монтажными работ будут актуальны и для других объектов.

#### Список литературы

1 Словари и энциклопедии на Академике / academic.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://normative\\_reference\\_dictionary.academic.ru/65417/реконструкция](https://normative_reference_dictionary.academic.ru/65417/реконструкция). – Дата доступа : 17.11.2022.

2 Словари и энциклопедии на Академике / academic.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://normative\\_reference\\_dictionary.academic.ru/36695/Модернизация\\_здания](https://normative_reference_dictionary.academic.ru/36695/Модернизация_здания). – Дата доступа : 17.11.2022.

3 Особенности санитарно-гигиенических требований к планировке и эксплуатации инфекционных больниц и отделений / studfile [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://studfile.net/preview/6031593/>. – Дата доступа : 17.11.2022.

4 **Канарш, Г. Ю.** Опыт и уроки советской модернизации / Г. Ю. Канарш // Знание. Понимание. Умение : информ. изм. портал. – 2016.

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

---

УДК 625.096:625.42(476-25)

### ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НАХОЖДЕНИЯ ПАССАЖИРОВ В МИНСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

*А. А. АКСЁНЧИКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. А. БАРТОШЕВИЧ*

*Минский метрополитен, Республика Беларусь*

В настоящее время среднесуточная перевозка пассажиров в Минском метрополитене составляет более 800 тыс. человек. С учетом такого количества пассажиров, подземного расположения инфраструктуры и использования электрического транспорта метрополитен относится к объектам повышенной опасности.

Понятие «безопасность перевозки пассажиров в метро» касается не только предотвращения возможной террористической деятельности, но и сохранности жизни и здоровья пассажиров непосредственно во время осуществления перевозочного процесса в соответствии с графиком движения поездов, а также их культурного обслуживания. Для достижения этого на метрополитене реализован комплекс технических мероприятий и технических средств, составляющих систему безопасности движения поездов. В нынешних реалиях система безопасности движения поездов требует постоянного совершенствования, модернизации и внедрения инновационных технологий.

Обеспечение безопасности движения поездов на Минском метрополитене является первостепенной задачей. Для этого не только внедряется современная техника, но и реализуется ряд организационных мероприятий: плановые осмотры станций, подвижного состава и сооружений метрополитена, работа с персоналом по поддержанию необходимого уровня знаний и навыков. Для повышения безопасности перевозок пассажиров на метрополитене применяется современное оборудование, функционирование которого обеспечивает профилактику различных правонарушений.

Первое требование к системам безопасности и важнейшая их задача – обеспечение высокого уровня защищенности пассажиров, их безопасность, которая достигается слаженной организационной, технической работой и взаимодействием с различными организациями.

Одним из мероприятий, направленных на повышение безопасности обслуживания пассажиров в Минском метрополитене, является повышение уровня автоматизации управления поездами метрополитена.

По классификации Международной ассоциации общественного транспорта (International Association of Public Transport) системы автоматического управления поездами метрополитена (САУП М) подразделяются на 5 уровней автоматизации (Grade of Automation).

- 1) GoA0 – полностью ручное управление подвижным составом;
- 2) GoA1 – ручное управление подвижным составом – машинист управляет остановкой и началом движения, положением дверей и другими элементами;
- 3) GoA2 – полуавтоматическое управление подвижным составом – машинист управляет закрытием дверей и началом движения; автоматически осуществляется проследование перегонов, остановка на станции и открытие дверей; возможен переход в режим ручного управления;
- 4) GoA3 – автоматическое управление без машиниста, но с присутствием на составе персонала, управляющего дверями и способного взять на себя управление в случае возникновения нештатных ситуаций;
- 5) GoA4 – полностью автоматическое управление подвижным составом без участия какого-либо персонала на борту.

В Минском метрополитене на составах серии 81-717/81-714 и их модификаций, эксплуатирующихся на 1-й и 2-й линиях, используется уровень GoA1 – минимально возможный для метрополитенов. На составах модели M110, эксплуатирующихся на 2-й и 3-й линиях, используется уровень GoA2.

Более высокие уровни автоматизации возможны путем внедрения в уже действующую в Минском метрополитене комплексную автоматизированную систему диспетчерского управления (КАС ДУ) наиболее распространенной архитектуры системы автоматического управления поездами метрополитена (САУП М) с одновременной заменой подвижного состава на новые модели с функцией автоведения.

Самым верхним уровнем САУП М является уровень центрального поста (ЦП). На этом уровне анализируется поездная обстановка, рассчитываются межпоездные интервалы, опоздания, длительность стоянок, режимы проследования перегона и другие параметры автоведения. Особенностью ЦП является то, что ему доступна вся информация о положении на линии и сведения о текущем плановом графике, позволяющие осуществлять расчет параметров автоведения.

На уровне ЦП осуществляется взаимодействие с диспетчером линии метрополитена, отвечающим за внесение корректировок в нормативный график движения поездов. Корректировки бывают следующих видов:

- ввод нового поезда;
- отмена поезда;
- изменение платформы ввода;
- изменение платформы оборота (конечной станции);
- изменение расписания ввода по платформе (после сбоя на линии).

ЦП связан по локальной вычислительной сети со станционными контроллерами системы.

Средним уровнем системы являются станционные контроллеры и средства связи с подвижным составом. Их предназначение – организация канала связи между ЦП и бортовой аппаратурой подвижного состава. Кроме того, на станционный уровень системы часто возлагается функция хранения параметров проследования перегона по умолчанию и другие вспомогательные функции.

Нижним уровнем системы является уровень бортовой аппаратуры, который посредством радиоканала, организованного на базе WiFi, радиомодемов, GSM-модемов либо еще каким-то способом взаимодействует со станционным уровнем и далее с ЦП. На нижнем уровне осуществляются привязка к пути, определение текущей координаты поезда, сопряжение с системой управления двигателем состава, с тормозной системой, системой оповещения пассажиров.

Мировой опыт, технический прогресс, наличие морального и физического износа подвижного состава диктуют необходимость внедрения инновационных технологий в метрополитене.

Использование новых технических решений позволит повысить эффективность использования подвижного состава. Сокращение затрат на содержание, обслуживание и ремонт может быть связано с инновационными инженерными и конструктивными решениями и выбором нового типа вагонов.

Обновленный подвижной состав может быть представлен электровагонами, разработанными и выпускаемыми с 2018 года заводом «Stadler Минск».

Концепция вагонов метро Stadler основана на принципе модульности. На уровне подвижного состава модульный принцип означает возможность составления электропоездов общей составностью от четырех до восьми вагонов.

Кузов вагона новых поездов представляет собой цельнометаллическую несущую конструкцию из алюминиевых сплавов со сроком службы 50 лет. В конструкции кузова вагона заложено применение звукопоглощающих материалов, позволяющих снизить уровень шума как в пассажирском салоне, так и на рабочем месте машиниста в кабине поезда. При открытии третьей линии Минского метрополитена (ноябрь 2020 года), для перевозки пассажиров был закуплен современный подвижной состав «Штадлер», который на сегодняшний день зарекомендовал себя с положительной стороны.

При разработке нового подвижного состава инженеры «Штадлер Минск» уделили особое внимание цветографическому решению и внешнему дизайну вагонов, чтобы создать оригинальный и запоминающийся образ, ассоциирующий с городом Минском и Минским метрополитеном, а также подчеркнуть высокий технический уровень новых поездов. В основу цветового решения легли цвета герба Минска: синий, белый и красный.

На Московской линии Минского метрополитена несчастные случаи с пассажирами на путях (падения пассажиров на путь) составляют 12 % от общего числа несчастных случаев. В связи с этим одним из мероприятий по обеспечению безопасности нахождения пассажиров в Минском метрополитене может являться установка платформенных барьерных ограждений с дверями автоматическими станционными.

Платформенные барьерные ограждения с дверями автоматическими станционными – система, состоящая из барьера в виде ограждения различной высоты с раздвижными дверями, чаще всего из стекла, не достигающего до потолка и не изолирующего полностью станцию от путей. Располагается на краю платформ станции в целях предотвращения случайного падения пассажиров на пути.

Таким образом, установка платформенных барьерных ограждений с дверями автоматическими станционными обеспечит максимальную защиту пассажиров на платформе от подъезжающих и отъезжающих поездов, увеличение безопасного пространства на платформах, пассажир инстинктивно будет чувствовать себя защищённым от опасных зон рельсового пути и сможет использовать платформу по всей ширине.

Применение таких технических устройств сделает метро не только самым популярным, но и безопасным видом общественного транспорта.

УДК 656.13.072

## **СУБЪЕКТИВНОСТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КОМФОРТНОГО ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ ПассаЖИРОМ ТРАНСПОРТА**

*С. П. ВАКУЛЕНКО*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Динамика изменения пассажиропотока настраивается в унисон с работой транспорта. В такой системе фазы изменения потока совпадают с фазой изменения интенсивностей прибытия и отправления подвижного состава. Установленная периодичность колебаний потока и такая же подстроенная под него периодичность нагрузок работы транспорта закрепляется соответствующими технологическим и организационными режимами и становится де-факто фиксированной системой транспортного обслуживания. При этом любое изменение установленного инертного режима воспринимается системой как выброс, а поэтому будет отторгаться. Возникает своеобразный эффект памяти системы, когда закрепленные длительным временем стимулы, приводящие к определенному режиму транспортного обслуживания, поощряются системой (реализуются), а какие-либо новые стимулы, не имевшие места в работе до сих пор, тормозятся системой (исключаются).

Например, если при строго налаженной работе пассажирской станции по обслуживанию пригородных пассажиров возникает острая необходимость обеспечить дополнительный пассажиропоток 10 тыс. чел., то можно утверждать, что в пределах комфортного времени ожидания пассажира при втором типе потока это сделать невозможно. Понятие «комфортное время ожидания пассажира» (КВОП) очень ёмко и достаточно точно определяет качество транспортного обслуживания вообще, с одной стороны. КВОП можно определить как предельную длительность ожидания посадки, не превышающую по потерям в денежном выражении некоторой величины.

Человек, находясь в непроизводительном ожидании, всегда оценивает предельное время, которое он может потратить на такие малоэффективные для него затраты. Если исходя из своего опыта интуитивных предположений и визуального наблюдения за очередью, человек решает, что потери при ожидании не восполнятся и не компенсируются целевыми установками при достижении конечного пункта своего назначения, то такой человек не станет пассажиром данного вида транспорта и будет искать альтернативные пути достижения конечного пункта поездки с меньшими потерями времени в ожидании. КВОП не может определяться из сравнений возможных ожиданий по двум видам транспорта. Комфорт ожидания для потенциального пассажира связывается прежде всего с незначительным временем. Однако в данном случае мы определяем КВОП как количественную характеристику, которая в зависимости от определенных факторов имеет вполне конкретное значение в минутах. Исследования в этом отношении следует проводить с изучением психологических мотивов.



вов комфорта, внешних и внутренних условий, порождающих соответствующее отношение ко времени своего ожидания у пассажира. Замечено стойкое нежелание у человека ожидать чего-либо и сколько-либо времени. Некоторые психологические тесты показывают относительность суждений человека о стоимости времени своего ожидания.

Этот факт весьма показателен в плане относительности суждения ценности своего времени человеком в условиях, отличных от его рабочего состояния. Если человек работает, он понимает, что время расходуется правильно, по назначению, и его состояние в этот период комфортно. Технологические перерывы также воспринимаются как требуемые остановки в работе из-за опасности перегрузки, которые в свою очередь повлекут еще большие потери времени по нетрудоспособности. Человек жертвует малым во благо большего, но если он выключается из рабочего процесса по какой-либо причине ожидания транспорта, он чувствует себя дискомфортно, его начинают одолевать сомнения в правильности выбранного пути достижения необходимого пункта назначения (например, автотранспортом) и т. д. Внутренние переживания, бессистемный анализ возможностей быстрее продолжить или завершить начатое любыми средствами оказываются тем острее, чем выше опасность несвоевременного выполнения дорогостоящей работы и, как следствие, больших финансовых потерь. Это точка зрения потенциального пассажира, и для него транспортные ожидания, являясь крайне нежелательными, должны быть сведены к нулю. С точки зрения системы обслуживания ожидания возникают там, где интенсивность поступления заявок на обслуживание выше интенсивности обслуживания этих заявок. Очередь на обслуживание в накопителе и есть та причина возникновения ожиданий, к которым у пассажира выработано острое чувство неприятия.

Теоретически можно исключить всякую очередь в любой системе обслуживания, открывая новый канал обслуживания всякий раз, когда в накопителе появляется клиент. Однако поток на обслуживание поступает неравномерно, и в моменты сгущения потребуется огромное количество билетных касс, турникетов при прохождении на посадку, дополнительных дверей вагонов при посадке и т. д. Пиковые периоды поступления интенсивного потока достаточно кратковременны, и после спада большое количество касс, турникетов нужно закрывать до следующего пикового периода. Значит, такие дорогостоящие устройства будут работать не с полной отдачей, будут потрачены огромные средства на удовлетворение требований пассажиров, именно той части, которая оказалась в этом отрезке времени с высокой интенсивностью поступления. Следовательно, время транспортного ожидания оказывается неоднозначным с точки зрения пассажира и системы, его обслуживающей. КВОП – это субъективная оценка, построенная на ценностях конкретного человека, зависящая от его общественного положения, финансового благополучия, образования, воспитания, состояния здоровья, эмоционального настроения, возраста и др.

Автором были разработаны опросники с целью выявления значимых факторов, определяющих оценку комфортного времени ожидания пассажиров на железнодорожных пассажирских станциях. Результаты этих обследований сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Данные анкетного опроса пассажиров по экспертной оценке комфортного и допустимого времени ожидания

Возрастная категория пассажиров	Значимость факторов КВОП							Оценка $t_{\text{КВОП}}^{\text{ож}} / t_{\text{ПРЕД}}^{\text{ож}}$ , мин
	A	B	C	D	E	F	G	
Пассажиры с детьми	1	2	3*	4	5	6	7	5/8
Пассажиры 18–30 лет	6	2	3	5	1*	4	7	10/15
Пассажиры 30–60 лет	1*	7	3	5	2	4	6	12/15
Пассажиры свыше 60 лет	5	4*	3	6	7	1	2	7/10

Примечание – А – достаточно свободное пространство без скученности, толчеи, с наличием места для вещей.  
 В – светлое, чистое пространство без курящих.  
 С – надлежащий уровень обеспечения общественного порядка.  
 D – соответствующий бытовой и санитарный сервис.  
 E – качественное техническое и информационное обеспечение (эскалаторы, Wi-Fi-сервис, табло и аудио-информация о времени подачи и платформах посадки в поездах, наличие камер наружного наблюдения).  
 F – небольшое расстояние от вокзала до поезда.  
 G – заблаговременная подача поездов на посадку.

Перечень и ранг факторов определялся респондентами по четырем выделенным возрастным категориям пассажиров, которые уже были в пути, но оценивали предперевозочный сервис (приобретение проездных документов, ожидание поезда и т. д.) Объем выборки составил 100 человек по всем возрастным категориям, распределение по категориям приведено на рисунке 1.

В результате исследований автор пришел к выводу, что установление ранга значимости факторов по оценке комфортности времени ожидания содержит существенную субъективность и различную степень доверия к отдельным результатам.

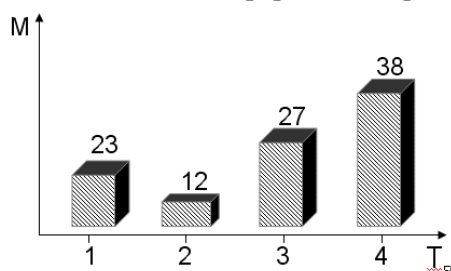


Рисунок – Распределение числа респондентов по возрастным категориям

Как видно из рисунка 1, конкретный пригородный пассажиропоток различается по возрастному фактору в широких диапазонах. При разбиении шкалы возраста на 4 категории, наиболее часто встречаются категории от 30 до 60 лет (27–40 %) и старше 60 лет (27–38 %). Именно их мнение оказалось наиболее полно учтенным при выборе перечня факторов и их значимости.

Результаты таблицы 1 обобщены по обследованиям различных станций, но итоговые оценки достаточно близки, и указанные табличные данные отражают полученные при обработке средние значения по всем выборкам.

Недостатком данной методики является относительно свободный перечень значимых факторов для оценки КВОП. Для каждого конкретного респондента понятия «надлежащий уровень», «достаточно свободное», «качественное обеспечение», «небольшое расстояние», «заблаговременная подача» приобретают свой смысл, свою уникальную интерпретацию. Исходя из установленной последовательности ранжированных факторов по каждой возрастной категории получены экспертные оценки продолжительности КВОП и предельно максимального времени ожидания. При этом каждому пассажиру был задан вопрос: «Какой фактор для вас оказался бы решающим при отказе от поездки, если время ожидания приближается к предельному?» Выбор каждой возрастной группы отмечен звездочкой в соответствующих графах (см. таблицу 1). Оценки  $t_{\text{КВОП}}^{\text{ож}}$  по возрастным категориям различаются в 2–2,5 раза (от 5 до 12 мин), а  $t_{\text{КВОП}}^{\text{ож}}$  и  $t_{\text{ПРЕД}}^{\text{ож}}$  – в 1,5–2 раза (8–15 мин). Эти различия определяются индивидуальным отношением каждого из респондентов к понятию «комфортное время ожидания». В действительности, как показали обследования, среднее время ожидания пассажира от момента прибытия на вокзал до посадки в поезд составляет 32 минуты. Из этого значения нужно вычесть время, затраченное пассажиром на вокзале до приобретения билета (5 мин) и промежуток времени от приобретения билета до начала маршрута посадки в поезд (7 мин). Эти потери времени пассажир сделал сознательно (он мог просто прийти позже на вокзал на 12 минут, сразу купить билет и сесть в поезд). Итого среднее время ожидания достигает 20 минут, что на 5 минут больше предельного, указанного самыми терпеливыми – возрастными категориями пассажиров от 18 до 60 лет, которые составляют до 50 % всего пригородного пассажиропотока (см. рисунок 1) и, следовательно, находятся в группе риска быть потерянными для железнодорожного транспорта в качестве пассажиров. Однако в действительности этого не происходит. Автор утверждает, что даже если среднее время ожидания услуги перевозки было бы не 20, а 25 и даже 30 минут, транспорт не потерял бы существенный пригородный пассажиропоток. В данном случае мы изучаем пригородный пассажиропоток, который состоит на 85–90 % из одних и тех же пассажиров. Поток постоянен по личностному составу. Люди, совершающие поездку сегодня, совершали её ранее десятки и сотни раз. Для них это выверенный, устоявшийся маршрут, с некоторыми недостатками, неудобствами, но надежный, безопасный, привычный. До 40 % всего пригородного пассажиропотока – люди возрастной категории свыше 60 лет, им сложно изменить своим привычкам, в том числе и в вопросах вида транспорта. Поэтому утверждение, что нужно бороться за пассажира, т. к. он уйдет, по меньшей мере безосновательно. Кто мог уйти – уже ушёл на автомобильный, воздушный или речной транспорт. Основная проблема стоит в иной плоскости: нужно задействовать все резервы каждого вида транспорта таким образом, чтобы пассажир почувствовал улучшение качества транспортного обслуживания и потому что так более эффективно и менее затратно. Следует обратиться к вопросу оценки времени транспортного ожидания не по критериям пассажира, а по критериям системным, обезличенным, а потому объективным.

Все технические средства обеспечения перевозок пригородных пассажиров должны быть развиты настолько, чтобы осуществлять заявленные услуги в интересах потребителя с получением максимальной прибыли на конечном этапе. В таком случае ожидания будут, может быть, и не малыми, но оправданными, объективными, учитывающими запросы самого пассажира, и пассажира не абстрактного, усредненного, а конкретного, входящего в определенную возрастную категорию.

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ГРУЗОВАЯ БЕСПИЛОТНАЯ ТЕЛЕЖКА

*Е. В. ВАСИЛЮК, В. Н. ШУТЬ*

*Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь*

В последние годы наблюдается рост интереса среди ученых и производителей автотранспорта к беспилотным автомобилям, способным перемещаться по дорогам без участия человека [1–3]. По сравнению с машинами, управляемыми человеком, автономные обладают большей скоростью реакции на изменение дорожной ситуации и не подвержены влиянию человеческого фактора: усталости, психическому состоянию и пр. Использование качественных систем автономной навигации позволит уменьшить количество ДТП и человеческих жертв, снизит стоимость транспортировки товаров, позволит экономить время, затрачиваемое сейчас на вождение транспортных средств. Такие системы разрабатываются на основе платформ, конструктивно сходных с современными автомобилями и не свойственных другим робототехническим конструкциям.

Разработка беспилотных автомобилей началась около 40 лет назад. Так, в 1980-х система автономного управления автомобилем, финансируемая Управлением перспективных исследовательских программ DARPA в Соединенных Штатах была апробирована на дороге для управления автономным транспортным средством на скорости до 30 км/ч [4].

Особое место в развитии беспилотного транспорта занимают так называемые беспилотные тележки. Они уже сейчас используются в складских помещениях, заводских цехах, в некоторых крупных портах для автономного перемещения грузов. Перспектива их применения довольно широка: подвоз комплектующих со склада на сборочный участок, отвоз готовых изделий от металлообрабатывающих станков на промежуточный склад хранения и т. д. Многие передовые страны (Германия, Дания, Япония, Россия) производят их серийно. В Республике Беларусь они не производятся, и это может быть хорошей продукцией, как для государственного предприятия, так и для частного.

Беспилотная тележка (AGV – Automatic guided vehicle) – транспортер с электроприводом, предназначенный для перемещения грузов. Тележка автоматическая, а это значит, что для ее обслуживания не нужен отдельный оператор – тележки двигаются по заданной траектории в автономном режиме без участия человека.

Беспилотная тележка снабжена всеми необходимыми системами и элементами безопасности, может эксплуатироваться на вредных или опасных производствах, местах скопления людей и других движущихся тележек.

В зависимости от типа беспилотная тележка работает:

- 1) буксиром, перевозя другие тележки;
- 2) перевозчиком, поднимая и перевозя на себе грузы (стеллажи, паллеты и т. д.).

Основные направления работы:

- 1) движение по предварительно определенной траектории различной формы, включая развилки;
- 2) поддержание постоянной скорости в случае сопровождения конвейера или других объектов;
- 3) остановки и продолжение движения, как в заранее определенных позициях, так и «по требованию» оператора;
- 4) загрузка и разгрузка перевозимых компонентов;
- 5) беспроводная связь с другими тележками или центральным терминалом для создания сети тележек, движущихся без участия людей;
- 6) картографирование неподвижных препятствий для проезда на минимальном расстоянии;
- 7) распознавание перемещающихся препятствий, ожидание их исчезновения и продолжение работы.

Следуя по маршруту, беспилотная тележка может:

- 1) останавливаться и снова начинать движение;
- 2) сопровождать конвейер на постоянной скорости;
- 3) выполнять другие запрограммированные действия.

### Список литературы

1 **Shuts, V.** Mobile Autonomous robots – a new type of city public transport / V. Shuts, V. Kasyanik // Transport and Telecommunication. – 2011. – Vol. 12, no 4. – P. 52–60.

2 **Пролиско, Е. Е.** Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория

и практика : сб. науч. тр. по материалам Междунар. заочной науч.-практ. конф. – Воронеж : ВГЛТУ, 2016. – Т. 4, № 5, ч. 3 – С. 336–341.

3 **Пролиско, Е. Е.** Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы : материалы науч.-техн. конф. (Брест, 25–28 мая 2016 г.). – Брест : БрГТУ, 2016 – С. 49–54.

4 **Шуть, В. Н.** Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В. Н. Шуть, Л. Персия. – Брест : БрГТУ, 2017. – 230 с.

УДК 725.31

## КОНКОРС КАК ВЕРТИКАЛЬНАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. А. ВЛАСЮК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожный вокзал является частью вокзального комплекса, в который входят все функционально и композиционно взаимосвязанные здания, сооружения и устройства, предназначенные для обслуживания пассажиров и проведения билетных, багажных, почтовых и других операций [1–3]. При этом устройства, которые предназначены для обслуживания пассажиров, должны соответствовать технологическим требованиям по обеспечению размещения и взаимосвязи элементов вокзала по разделению пассажиропотоков разных категорий и направлений, включая перрон, пассажирские платформы, привокзальную площадь. Одним из таких инновационных инженерно-технических устройств здания железнодорожного вокзала, в полной мере соответствующим вышеуказанным требованиям, является *конкорс* – распределительный зал, устраиваемый между платформами и основными помещениями железнодорожного вокзала (от англ. *concourse* – площадь, к которой сходится несколько улиц). Следует отметить, что объемно-планировочные решения вокзалов основаны на группировке помещений по функционально-технологическим признакам и категориям пассажиров. При этом большинство основных помещений вокзалов находится на пути движения потенциальных пассажиров с привокзальной площади к платформам станционных путей. Таким образом, конкорс делает возможным организацию потоков отъезжающих и прибывающих пассажиров по соответствующим выходам или входам, ведущим к платформам, поездам или в помещения вокзала, а также на выход в город. В Республике Беларусь такими вокзалами являются железнодорожный вокзал г. Минска и Молодечно (таблица 1).

*Таблица 1 – Краткая характеристика конкорсов железнодорожных вокзалов Республики Беларусь*

Железнодорожный вокзал г. Минск	Краткая характеристика
 <p style="text-align: center;">Схема размещения в плане города и выходы к пассажирским платформам</p> 	<p>Конкорс и сеть подземных переходов связывают вокзал с посадочными платформами, Привокзальной площадью, Центральным автовокзалом, станцией метро «Площадь Ленина».</p> <p>Пропускная способность вокзала – более 7 тысяч пассажиров</p>

Железнодорожный вокзал	Краткая характеристика
<p data-bbox="459 255 587 277">г. Молодечно</p>  <p data-bbox="319 586 727 636">Схема размещения в плане города и выходы к пассажирским платформам</p> 	<p data-bbox="896 264 1423 371">Конкурс связывает вокзал с посадочными платформами и Привокзальной площадью, обеспечивая безопасный переход через железнодорожные пути и спуск к платформам.</p> <p data-bbox="896 394 1423 470">Конкурс используется и как пешеходный мост для транзитного перехода через пути на улицу Железнодорожную</p>

Анализ таблицы 1 показал, что благодаря конкурсам на железнодорожных вокзалах Минска и Молодечно имеется вертикальная система распределения пассажиропотоков исходя из надземного уровня зданий, что позволяет обеспечить лучшее обслуживание пассажиров, поэтому наличие конкурса предусматривают проекты новых больших и, особенно, объединенных вокзалов. Конкурс может использоваться и как место ожидания для пассажиров перед посадкой их в поезда, и как вестибюль, вокруг которого группируются другие помещения вокзала.

На рисунке 1 приведен конкурс – мост на железнодорожной станции Молодечно.



Рисунок 1 – Конкурс – мост железнодорожной станции Молодечно

Таким образом, устройство конкурсов на железнодорожных вокзалах обеспечивает безопасный кратчайший путь следования пассажиров к поездам и обратно и отражает прогрессивные тенденции в организации технологического обслуживания пассажиров в современных условиях.

#### Список литературы

- 1 **Батырев, В. М.** Вокзалы / В. М. Батырев. – М. : Стройиздат, 1988. – 214 с.
- 2 **Правдин, Н. В.** Технология работы вокзалов и пассажирских станций / Н. В. Правдин, Л. С. Рябуха, В. И. Лукашев ; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1990. – 319 с.
- 3 **Малков, И. Г.** Архитектурно-строительное проектирование современных железнодорожных вокзальных комплексов : учеб.-метод. пособие / И. Г. Малков, М. М. Власюк, О. Н. Коновалова. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 27 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕТРО-ТРАМВАЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РЕЛЬСОВОГО ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ г. СТАМБУЛА

Т. А. ВЛАСЮК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Трамвайный транспорт, хотя и является наиболее сложным из наземных видов городского транспорта, так как кроме обеспечения его электрической энергией требуются устройства рельсовых путей, имеет наибольшую провозную способность и является экологически чистым видом городского транспорта, что делает его незаменимым во многих европейских городах. Однако в XXI веке трамвайный транспорт обрел, можно сказать, второе дыхание, находя применение в новой ипостаси – в виде ретро-трамваев, проезд в которых очень популярен среди туристов, посещающих европейские города. Так, одним из символов Стамбула сегодня является исторический трамвай, курсирующий по пешеходной улице Истикляль. Красный ретро-вагончик, созданный по образцу 1915 года, уже давно является визитной карточкой Стамбула и самым узнаваемым транспортом города, который печатают на открытках, а туристы с удовольствием фотографируются на его фоне. В Турции его называют *Nostaljik Tramvay* – Трамвай Ностальжи, в котором 12 посадочных мест – по 6 с каждой стороны.

В Стамбуле существуют два маршрута исторического трамвая: первый курсирует в европейской части Стамбула, а второй – в азиатской (таблица 1).

*Таблица 1 – Краткая характеристика исторических трамвайных маршрутов Стамбула*

Маршрут следования	Наименование линии	Протяженность, км	Краткая характеристика	Интервал движения, мин	Провозная способность, тыс. чел. в сутки
Истикляль (İstiklal Caddesi) – площадь Таксим (Taksim Meydanı) – площадь Тюнель (Tünel)	Таксим-Тюнель Ностальжи трамвай» (Taksim-Tünel Nostalgia Tramway (T2)	1,6	Курсирование в европейской части Стамбула 	7	5–6
Кадькей – Мода Ностальжи трамвай (Kadıköy–Moda Nostalgia Tramway)	Кольцевая линия (T3)	2,6	Курсирование в азиатской части Стамбула 	10 (полный оборот 15–20 минут)	2

Линия исторического трамвая не связана с остальным общественным транспортом Стамбула, но при этом включена в общую нумерацию и является маршрутом Т2, который за последние 100 лет совершенно не изменился, что позволяет демонстрировать гостям города старую трамвайную систему Стамбула (рисунок 1).

Трамваи линии Т3 движутся по круговой петле по часовой стрелке, примерно следуя по старому трамвайному маршруту № 20, делая 10 остановок, проходя через популярную улицу Бахарие, мимо статуи быка (рисунок 2).

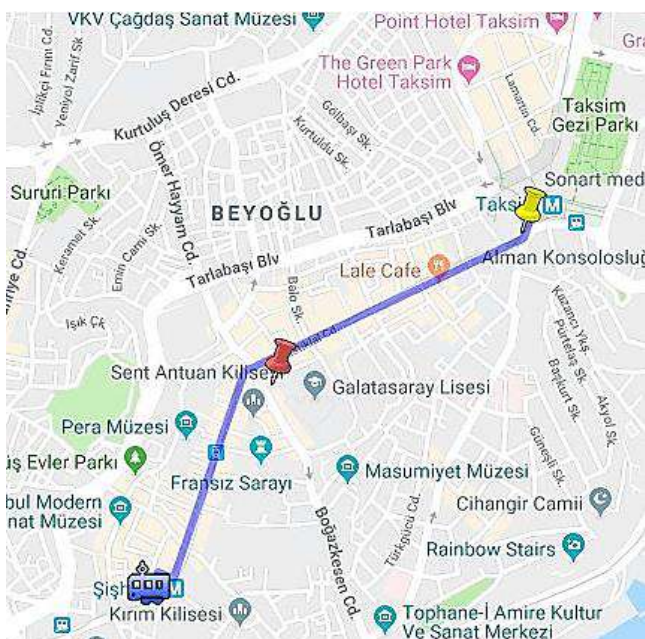


Рисунок 1 – Карта-схема маршрута Т2



Рисунок 2 – Карта-схема маршрута Т3

В настоящее время исторический трамвай Стамбула в большей степени является не общественным транспортом, а туристической достопримечательностью и развлекательным аттракционом, позволяющим пассажирам, сидя на деревянных скамьях, осматривать город из деревянных окон старого трамвая.

Таким образом, применение туристических ретро-трамваев – это не только дань истории, а еще и возможность дальнейшего развития Стамбула как крупнейшего туристического центра Европы, что подтверждается постоянным туристическим потоком, который, несмотря на пандемию, достаточно высок и продолжает расти.

#### Список литературы

- 1 **Власюк, Т. А.** Пригородные пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь (ретроспектива и развитие) : [монография] / Т. А. Власюк, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 201 с.
- 2 **Иловайский, Н. Д.** Сервис на транспорте (железнодорожном) : учеб. / Н. Д. Иловайский, А. Н. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 583 с.

УДК 656.22.3(4-15)






## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТУРИСТИЧЕСКИХ РЕТРО-ПОЕЗДОВ В СТРАНАХ ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ

*Т. А. ВЛАСЮК, А. Н. БЕЛОУС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железная дорога сегодня – это не только деловые поездки с различными целями, но и удобный маршрут для туризма и отдыха, когда возможно совершить увлекательное путешествие с высоким уровнем комфорта. Подтверждением этого является опыт применения туристических ретро-поездов в странах Западной Европы, таких как Австрия, Испания, Италия, Португалия, и др. Следует отметить, что ретро-поезда – это уникальные поезда по своей концепции, в которых вагоны выполнены в стиле определенных эпох прошлого и позапрошлого столетий с сохранением деталей интерьера и исторической атмосферы (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика туристических ретро-поездов в странах Западной Европы

Туристический маршрут	Протяженность, км	Продолжительность	Краткая характеристика
<p>The Majestic Emperor Train de Luxe (Императорский день) Зальцбург – Линц – Вена Австрия</p>	294	1 день	<p>Императорский поезд де-люкс, состоящий из 6 вагонов для путешествий по императорскому маршруту</p> 
<p>Паломнический, (Сан-Себастьян – Сантьяго-де-Компостела) Испания</p>	800	8 дней	<p>Путешествие по Зеленому берегу Испании (ретроспектива знаменитого паломнического пути по Северной Испании к предполагаемой могиле апостола Иакова) в «пульмановских» вагонах начала 1920-х годов</p> 
<p>Гастрономический (Comboio Presidencial), Сан-Бенту – винодельческая усадьба Quinta do Vesuvio Португалия</p>	200	12 ч	<p>Путешествие по винодельческому региону долины реки Дору с дегустацией местных вин в вагоне-ресторане, изготовленном в парижских мастерских 130 лет назад</p> 
<p>Danube Express Golden Eagle Италия / Венгрия, Румыния, Болгария, Сербия</p>	1500	От 5 до 12 дней	<p>Поезд системы all inclusive, выполненный в стиле «люкс-отель» с просторными номерами и панорамными окнами, рестораном высокой кухни и отдельными вагонами для персонала</p> 
<p>Восточный экспресс Venice Simplon Orient Express Венеция, Прага, Будапешт, Вена, Варшава, Краков, Стамбул Италия – Франция</p>	3000	67 ч	<p>Культурный поезд времен ар-деко – символ роскоши и путешествия по-королевски, один из старейших поездов мира</p> 



Анализ таблицы 1 показал, что железные дороги исторически активно участвовали в развитии туристского движения.

Сегодня туристические ретро-поезда предполагают программу, предусматривающую прогулочные маршруты по городам, в течение которых можно познакомиться с уникальными достопримечательностями как в период трудовых отпусков, так и выходных дней, когда во время светового дня отдыхающие посещают экскурсии, а в ночное время находятся в поезде.

Следует отметить, что в таких путешествиях могут сочетаться исторический экскурс и гастрономический тур, что возможно благодаря имеющимся вагонам-ресторанам в составе ретро-поездов. Например, северные районы Испании славятся своими именитыми кулинарами, которые считаются одними из лучших в Европе. Такое путешествие будет еще и «гастрономической экскурсией» по Галиции, Астурии, Кантабрии, Страны Басков и Кастилии. На кухню жителей этих регионов наложили свой отпечаток национальные культуры разных народов, проживавших на севере Испании и Кастилии. Аналогично можно сказать и о кулинарных традициях Италии, Австрии, Венгрии и других стран.

Таким образом, применение туристических ретро-поездов делает возможным разработку исторические маршрутов для пассажиров, путешествующих на железнодорожном транспорте и формировать туристические пассажиропотоки.

#### Список литературы

1 Власюк, Т. А. Пригородные пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь (ретроспектива и развитие) : [монография] / Т. А. Власюк, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 201 с.

2 Иловайский, Н. Д. Сервис на транспорте (железнодорожном) : учеб. / Н. Д. Иловайский, А. Н. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 583 с.

3 Власюк, Т. А. Применение литературного травелога для моделирования маршрутов на пассажирском железнодорожном транспорте / Т. А. Власюк // Феноменология транспорта в литературе: прошлое, настоящее, будущее : материалы I Междунар. науч.-методол. конф. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 14–17.

УДК 656.2.03

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОЗДАНИЯ БИЛЕТНОЙ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА НА РЕЛЬСОВОМ ТРАНСПОРТЕ

Т. А. ВЛАСЮК, Л. А. ГОНЧАРОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одновременно с появлением железнодорожного транспорта в XIX веке появляются и первые билеты, прототипами которых были квитанции, заполнявшиеся на станции вручную в трех экземплярах: для пассажира, ревизора и для отчёта. Третий экземпляр оставался в кассе. Следует отметить, что первые билеты (квитанции) появились в 20-е годы XIX века в Англии, где была открыта первая в мире железная дорога общественного пользования Стоктон – Дарлингтон.


В таблице 1 приведена краткая характеристика проездных документов, применяемых на железных дорогах Европы в XIX веке.

Таблица 1 – Краткая характеристика билетов (квитанций), применяемых на железных дорогах мира в XIX веке

Временной период, страна	Проездной документ	Краткая характеристика
20-е годы XIX в. Англия	Квитанция	Прототип билета, заполнявшегося на станции вручную в трех экземплярах
1832 г. Англия	Восьмиугольные латунные жетоны	Жетоны с оттисками названий компании, станции назначения и номера
1836 г. Англия	«Эдмондсоновские» билеты	Картонные печатные билеты
1837 г. Россия	«Жестянки»	Многоразовый латунный жетон, где был выбит номер вагона и место, который по прибытии на станцию назначения должен быть отдан при выходе кондуктору



Окончание таблицы 1

Временной период, страна	Проездной документ	Краткая характеристика
1860 г. Россия	Картонка	<p>Печатные билеты разных цветов: I класс – белые, II – розовые, III – зеленые</p> 
1840 г. Страны Европы	Картонка	<p>Картонный билет размером в треть современной банковской карточки (5×2,5 см), на котором были отпечатаны типографским способом станция отправления, станция назначения, класс билета, его тип, маршрут, цена за проезд, серия и номер. Билеты разных классов отличались друг от друга цветом</p>

На рисунке 1 приведен аппарат по печатанию билетов, предложенный Томасом Эдмондсоном в 1836 году.

Следует отметить, что практика разделения пассажиров на классы, первоначально инициированная в Англии, применялась во многих странах Европы и далее получила распространение в Старом и Новом Свете. При этом пассажирам I и II классов предоставлялись более комфортные условия поездки, чем пассажирам III или IV класса.

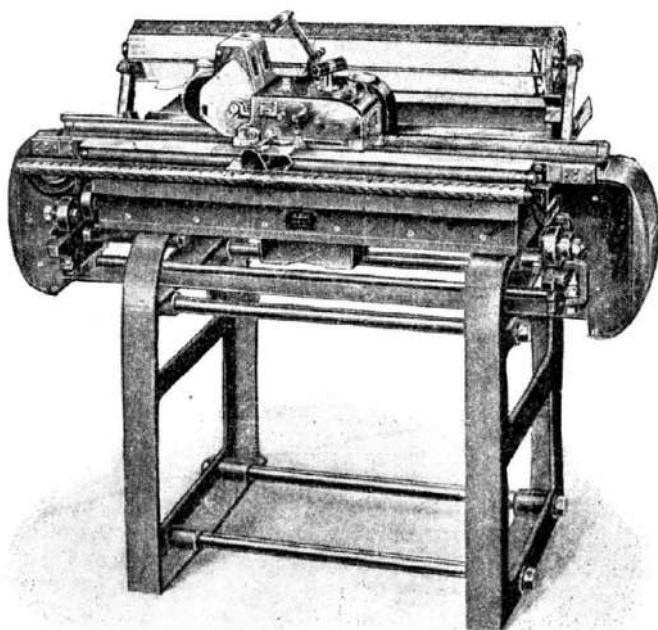


Рисунок 1 – Специальная машина по печатанию билетов Томаса Эдмондсона

На многих вокзалах пассажирам I и II классов предоставлялись собственные залы ожидания, буфеты, а также камеры хранения и билетные кассы. Помимо вышеизложенного также было регламентировано и пространство для отдельных классов пассажиров. Так, российским регламентом 1886 года предусматривалось, что каждому пассажиру III класса на вокзале полагается 1,14–1,5 м<sup>2</sup> пространства. Пассажиры I и II классов имели право на 3,41–4,55 м<sup>2</sup> площади в зале ожидания. Исходя из этих нормативов осуществлялось проектирование и строительство железнодорожных вокзалов.

Таким образом, можно сказать, что билет на железнодорожном транспорте «выступил» регламентирующим фактором четкого разграничения пространства и комфортных условий поездки для пассажиров. Ретроспективный анализ исторического пути, который был «пройден»

проездными билетами на бумажном носителе от «жестянок» до электронных билетов, позволяет глубже понимать и осознавать повседневную жизнь людей как прошлого, так и настоящего времени. Для нового «сетевого поколения студентов» виртуальность является естественной средой, где нет места прошлому, которое представляется устаревшим и ненужным. Однако не следует забывать, что это определенные этапы развития современной цивилизации и определенных достижений человечества как в техническом, так и в культурном плане.

## ОПЫТ КИТАЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ТУРИСТИЧЕСКИХ ТРАМВАЕВ В ПЕКИНЕ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МАРШРУТОВ ГОРОДСКОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Т. А. ВЛАСЮК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

ЦЗЭН СЯНЬФЭН

*Гуанчжоуский профессионально-технический колледж  
железнодорожного транспорта, Китайская Народная Республика*

Трамваи в Пекине появились более 120 лет тому назад и являлись основным видом общественного транспорта с 1924 г. по 1950-е годы. Их называли Dang-Dang (Данг-Данг) из-за звука колокола, в который должен был звонить водитель, чтобы предупредить прохожих о приближении трамвая. Первая трамвайная линия была построена компанией Siemens, что позволило соединить Юндинмэнь со станцией Мацзябао железной дороги Пекин-Фэншань (рисунок 1).

Первая трамвайная линия называлась «Императорский китайский электрический трамвай» (Imperial Chinese Electric Tramway) и была кольцевого типа, на которой имелось 9 остановок: площадь Тяньаньмэнь, Дундань, Дунсы, Бэйсиньцяо, Гулоу, Дианьмэнь, Пиньянли, Сисы и Сидань (рисунок 2).



Рисунок 1 – Первая трамвайная линия маршрута № 2



Рисунок 2 – Схема трамвайной линии «Императорский китайский электрический трамвай»

В настоящее время по исторической торговой улице (Qianmen Street) курсируют два туристических трамвая, оформленных в ретро-стиле (копии транспорта, который использовался в китайской столице в начале и середине XX века) и снабженных электрическими аккумуляторами. Современные Данг-Данг осуществляют провоз 84 пассажиров в течение 10 минут по историческим маршрутам (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика исторических трамвайных маршрутов Пекина

Маршрут следования	Наименование линии	Протяженность, км	Краткая характеристика	Интервал движения, мин	Скорость движения, км/ч
Ароматные холмы – парк Сяншань	Район Хайдянь (Xijiao) (станция Вагоу линии метро № 10)	1	Курсирование от пешеходной улицы Цяньмэнь до Чжушикоу 	35–45	10–15

Окончание таблицы 1

Маршрут следования	Наименование линии	Протяженность, км	Краткая характеристика	Интервал движения, мин	Скорость движения, км/ч
Yizhuang New Town Modern Tram	Yizhuang Development Area	До 6	Курсирование в районах Дасин и Тунчжоу 	35–45	10–15

Территория возле Цяньмэнь включает несколько районов, имеющих историческое значение, которые на протяжении нескольких столетий являлись коммерческими центрами столицы. Сегодня этот район, активно посещаемый туристами, является отправной точкой для обзорных экскурсий по городу [1]. Это способствовало воссозданию исторического трамвая, который сегодня является туристической достопримечательностью и развлекательным аттракционом.

Таким образом, выполненный анализ показал, что интерес к трамвайному сообщению связан не только с модой на ретро, а с очевидными его преимуществами как экономичного и экологически чистого вида транспорта и сегодня, ретро-направление активно развивается во многих городах мира, в том числе и в Пекине.

УДК 811.161.1:81

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПОДБОРА ТЕКСТОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ РКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

*И. И. ВОЛЬСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

Языковая компетенция студента-иностранца определяется прежде всего его интенсивным включением в учебно-образовательный процесс в соответствии с основными видами речевой деятельности, определёнными образовательными стандартами и выбранной специальностью. Как известно, усвоение грамматического материала и овладение лексическим богатством современного русского языка наиболее успешно проходит на синтаксической основе, поэтому работе с текстовым материалом отводится особое место при изучении русского языка как иностранного. Подбору текстов по специальности уделяется особое внимание. В техническом вузе обучение РКИ имеет свою специфику. Лексическая работа в первую очередь основана на работе с текстами по специальности, которые являются источником актуальной для студентов информации, отвечают целям и задачам обучения, связаны с будущей профессиональной деятельностью обучающихся, вызывают у них интерес.

Здесь необходимо учитывать *содержательный, познавательный и воспитательный* аспекты обучения иностранному языку. Неразрывно с этими аспектами связана *языковая* составляющая текстов, так как тексты используются в обучении не только для развития коммуникативно-речевой деятельности, но и для профессионально-ориентированной подготовки иностранного студента.

*Содержательный* критерий определяется в первую очередь целесообразностью предлагаемого текстового материала. Для каждой конкретной специальности необходимо подбирать тексты с учетом не только профессионально-ориентированной составляющей, но и языковой подготовки студентов. Ценность текстового материала характеризуется наличием терминологической лексики и его актуальностью.

Чем больше в тексте терминов, профессиональных слов, тем легче будет впоследствии студенту воспринимать лекционный материал, готовиться к практическим занятиям, зачетам и экзаменам.

Работа с текстом проходит в течение всего периода обучения, и степень их сложности, информативной насыщенности постоянно изменяется. Эффективность учебного текста обусловлена тем, насколько в нём учтены возможности пользователя. Таким образом, необходимо соотносить размер текста и количество предлагаемой в нём информации. Важно также и умение акцентировать внимание на самых важных информационных частях, учитывать возможности обучаемого к запоминанию. В процессе изучения отмечается взаимообогащение и реализация межпредметных связей и формирование профессиональной компетенции студентов. Следует также отметить, что отражаемые факты должны отличаться типичностью. Типичность – один из важнейших принципов при отборе текстов. Лучше использовать хорошо известную информацию. Среди обсуждаемых могут быть весьма разнообразные темы: экологические и демографические проблемы, вопросы образования, здравоохранения, развитие нанотехнологий, вопросы международного экономического сотрудничества и т. д.

Вторым критерием является *познавательная насыщенность* учебных текстов. Познавательная мотивация иностранца повышается, когда полученная им информация понятна, восприятие происходит на осознанном уровне. Пребывая в стране обучения иностранный студент осознаёт, что русский литературный язык и язык технических текстов – это разные понятия, поскольку технические тексты содержат огромное количество заимствований и профессиональных слов. Данную лексику студенты не изучают на подготовительном курсе, из-за чего ее восприятие на 1-м курсе является самой большой проблемой. Поэтому пригодность текста для использования в процессе обучения определяется с двух точек зрения: чисто языковой и профессионально-ориентированной. Языковая составляющая играет, пожалуй, одну из главных ролей при отборе текстов. Какого бы содержания ни был текст для работы, языковед прежде всего рассматривает его с точки зрения грамматической и лексической наполняемости, с точки зрения соответствия уровню подготовленности студента, с точки зрения соответствия учебным планам, рабочим программам по языковым курсам и выбранной специальности.

*Воспитательный аспект* также является весьма значимым, так как иностранные граждане изучают язык в условиях чужой культуры и чужих традиций. Поэтому обязательно следует использовать лингвострановедческий материал, который дает полное представление о реалиях страны, воспитывает уважение к стране, к её традициям, культуре, к людям, развивает толерантность. С точки зрения воспитательного воздействия могут использоваться тексты об отношении людей друг к другу, к своей стране, о положительных качествах характера человека, о взаимопомощи. В этом отношении можно указать на необходимость обращения к произведениям русских и белорусских классиков. Показательными будут и тексты-биографии великих людей, деятелей науки, искусства, культуры.

Огромное количество научных, лингвострановедческих и культурологических текстов представлено в современных учебно-методических пособиях, учебниках по русскому языку как иностранному, в интернет ресурсах. При этом всегда возникает необходимость подготовки, подбора каких-то новых дополнительных текстовых материалов, связанных с определёнными вопросами, касающимися особенностей региона, высшего учебного заведения и т. д.

В связи с этим в Белорусском государственном университете транспорта накоплен достаточно богатый опыт по подготовке пособий, содержащих тексты по разнообразной тематической направленности с учетом специальности студентов. Текстовый материал отражает историю развития транспортного вуза, традиции учреждения образования, его современные достижения; также тексты рассказывают о наиболее значимых событиях в жизни региона, города, о юбилейных датах и т. д. Преподавателями русского языка разработан ряд пособий совместно с преподавателями технических дисциплин, что позволяет более качественно вести подготовку со студентами. На протяжении нескольких лет для студентов 5-го и 6-го курсов введены дисциплины «Профессиональная лексика» и «Профессиональная лексика и культура речи». Такие пособия подготовлены с целью оказания помощи студентам при подготовке курсовых и дипломных проектов, так как общенаучная терминология вызывает затруднения при подготовке научных текстов.

Такое направление в работе преподавателей РКИ является востребованным, продуктивным и, как показала практика преподавания РКИ, своевременным и необходимым. Работа в этом векторе будет продолжена. Многие учебно-методические пособия можно использовать как для аудиторной работы со студенческой группой, так и для дистанционного обучения иностранных граждан, прежде всего это касается заочной формы обучения.

Таким образом, подготовка и подбор текстов по специальности – это одна из составляющих обучения русскому языку как иностранному в техническом вузе.

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЛОКАЦИЯ  
ДИНАМИЧЕСКОЙ 3D-МОДЕЛИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ  
НА МАРШРУТАХ ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА**

*А. К. ГОЛОВНИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Информационные реконструкции станционных процессов на динамической модели станции связываются с воспроизведением изменений состояний визуальных объектов инфраструктуры и подвижного состава. Однако без привычных для реального мира подвижных образов людей компьютерная репродукция представляется механистическим конструктивом, резко контрастирующим с реальным прототипом, в котором динамичные процессы с участием регулировщиков скорости движения отцепов, работников пунктов технического и коммерческого осмотра, станционного технологического центра, пассажиров на посадочных платформах и в поездах определяют картину жизнедеятельности сложной технической системы железнодорожной станции, формируя корректную среду взаимодействующих и взаимозависимых объектов. Модель чрезвычайно обедняется отсутствием человека как важного объекта виртуальной реконструкции.

Моделирование динамики процессов с участием антропоморфных объектов, обладающих поведенческими свойствами, позволит создать устойчивые информационные реконструкции технических систем, развивающиеся по определенным правилам, воспроизводящим прототипируемые процессы. Интеллектуализация модельной среды связывается с расширением области ее действия на нештатные ситуации, которые могут служить материалом для обучения модельной системы поведению в подобных критичных обстоятельствах с поиском рациональных решений на основе генетических алгоритмических конструкций. Прототипирующая среда, наделяемая саморазвивающейся способностью к принятию решений, присущей оператору-человеку, рассматривается как биохевиористичная модельная система. Такая модель способна к саморегуляции, активизирующей состояния объектов и производящей корректировку подобными воздействиями, которые компенсируют тренды негативного развития технологических процессов, обеспечивая эквивалентность модели и прототипа. Интеллектуальная работа модели в этом случае происходит на уровне обработки информационной средой возникающих ситуаций и принятия управляющих модельных решений, препятствующих развитию деконструктивных ситуаций, способных привести к выходу компьютерной модели за пределы программно-контролируемого спектра событий. В такой среде кроме модельных объектов инфраструктуры и подвижного состава формируется многочисленный типаж антропоморфных объектов (юзерпиков), обладающих специфическими для модели поведенческими свойствами, способными в той или иной степени оказывать влияние на динамику прототипируемых явлений. Антропоморфные объекты являются не только визуальным отражением своих прототипов, но и наделяются модельным эквивалентом их рассудочных способностей, обеспечивая реалистичную динамику технологических процессов в системе взаимодействующих конструктивов, информационно репродуцирующих физические и биологические структуры.

Отношения между модельными объектами подвижного состава и антропоморфными компонентами основываются на взаимодействии соответствующих информационных атрибутов (массы отцепа, рода груза, назначения вагона, его технического состояния и принимаемого решения о характере торможения на замедлителях; степени взрыво-, пожароопасности грузов в вагонах поезда и приоритетности роспуска его с горки).

Антропоморфные объекты в трехмерной модели воспроизводятся визуализированными сущностями, имеющими образную аналогию с прототипами. Тем не менее объекты регулятивного поведения, характерные для реальной станции, в модели формируются как прототипно подобные, например, реализация информационной реконструкции железнодорожной станции-автомата, функционирующей по безлюдной технологии, способной поддерживать рабочий режим по обслуживанию поездо-, вагоно- и грузопотоков без какого-либо контроля с внешней стороны. Антропоморфные объекты в этом случае растворяются в модельной среде эффективного функционирования. Целеориентированной становится вся модельная среда, в которой объекты изменяют свои состояния строго в

направлении, оцениваемом программными критериями с максимально достижимыми значениями фиксированных параметров эффективности.

В интеллектуальную модель станции включаются пассивные антропоморфы, идентифицирующиеся с пассажиропотоками, следующими по территории модельной станции. Пассивный антропоморф является необходимым конструктивным звеном модели пассажирской или другой станции, для которых операциями являются посадка-высадка пассажиров и обеспечение их безопасного прохода через пространственную локацию модельной станции.

Массив антропоморфов пассажиров может визуальнo и структурно различаться по следующим позициям:

- имперсональные, обезличенные аватары, движение которых строго упорядочено по выделенному маршруту с появлением и исчезновением в точках зарождения и погашения потока на границах модельного пространства;

- разнообразные трехмерные изображения пассажиров с характерными признаками объектов предыдущего класса. Визуальное отличие данной группы аватаров заключается в определенной личностной и объектной характеристике (наличие или отсутствие багажа и ручной клади, детей в общем потоке пассажиров, лиц с ограниченными физическими возможностями). При этом указанные особенности аватаров пассажиров определяют скорость их движения в потоке, оказывая тем самым влияние на динамику пассажиропотока в целом;

- персонализированные аватары пассажиров с вероятностными отклонениями от установленного режима движения (перестроения в другие потоки, возникающего как намерения пассажиров скорректировать свой маршрут; изменения скорости или направления движения отдельных пассажиров в общем потоке; возникновение других ситуаций, влекущих дезорганизующие или резонансные явления в маршрутном потоке). Натурализация визуального эффекта для данного класса персонализированной динамики аватаров пассажиров с выраженными поведенческими установками приводит к определенному рассеянию фиксированных маршрутов внешне подобных графических изображений пассажиров.

Диссипативные тренды движения модельных пассажиропотоков ожидаются наиболее выраженными для пересекающихся маршрутов, а также для узких потоков относительно высокой плотности. Тем не менее движения пассажиропотоков должны быть устойчивыми в динамике, и определенные флуктуации, рассеивающие границы маршрутного движения аватарных образов, следует рассматривать как кратковременные, алгоритмически распознаваемые и быстро погашаемые вокруг основного ядра потока. Модельные реставрации диссипативных трендов должны контролироваться программной средой, а при достижении некоторых установленных критических значений отклоняющегося потока от основного ансамбля – резко сокращать его долю или активизировать запасные маршруты движения, разгружающие пассажиропоток, способный привести к частичному или полному затору в движении.

Для обслуживания модельных пассажиропотоков на станции формируются различные образы сервисных объектов (мосты, тоннели, лифты, эскалаторы, турникеты, траволаторы и др.). Параметрическим атрибутом этих объектов кроме их геометрических размеров является количество обслуженных пассажиров за определенное время. Входные и выходные турникеты, а также пассажирские поезда определяются как области зарождения и погашения пассажиропотоков, которые пересекают наружные границы пространственной локации модельной станции. Особый алгоритм визуализации аватарных изображений пассажиров реконструирует динамику появления и исчезновения графических генераций при достижении модельным пассажиром невидимой плоскости, пересекающей контуры объектного наполнения пространства моделирования (рисунок 1).

Специфическими структурами, порождающими и погашающими аватарные конструкции модели, являются продукционные плоскости, за пределами которых модельный мир не существует. Различают входные  $F_{in}$  и выходные  $F_{out}$  продукционные плоскости. Входные плоскости генерируют новые структурные элементы аватаров пассажиров определенного маршрута движения, выходные – выводят эти аватары за пределы модели с визуальной недоступностью для их дальнейшего наблюдения. Выходные продукционные плоскости несут значительную информационную нагрузку, являясь концентраторами сведений о количестве пассажиров и характере пассажиропотоков, исходящих за границы модельной станции. Эти данные могут быть исходной информацией для входных продукционных плоскостей смежного модельного мира (например, при формировании 3D-образа при-

вокзальной площади с реконструкцией соответствующих пассажиропотоков, перемещающихся с железнодорожной станции к остановочным пунктам городских видов транспорта).

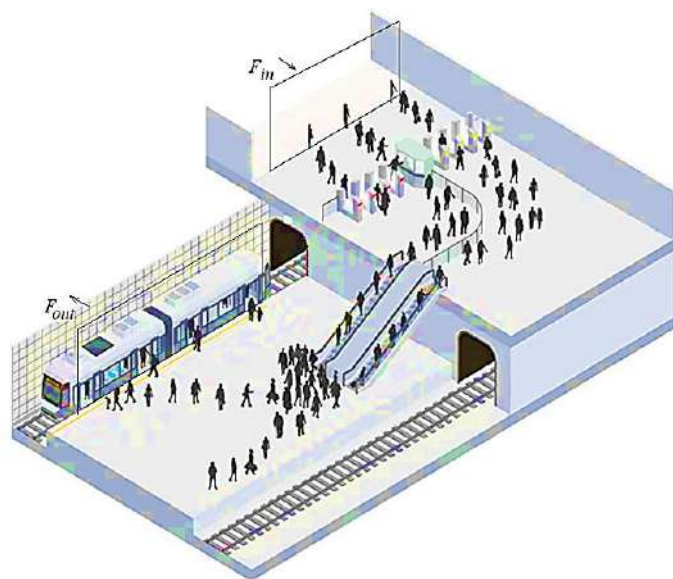


Рисунок 1 – Продукционные порождающие плоскости модельной станции

Все антропоморфные объекты любых пассажирских потоков обладают свойством трансграничной активации и деактивации, т. е. определенным образом возникают при преодолении продукционной плоскости модельного пространства станции и исчезают при выходе из него. Каждый антропоморфный объект имеет определенную пространственно-временную траекторию, не совпадающую ни с какой другой для других аватаров данной модельной реализации станции. Программный контроль над динамикой прототипируемых процессов движения модельных пассажиропотоков позволит разделять мировые линии движения всех антропоморфных объектов и не допускать их пересечения в четырехмерной локализованной области.

#### Список литературы

1 Головнич, А. К. Антропоморфные объекты в 3D-моделях технологических процессов железнодорожных станций / А. К. Головнич // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : Междунар. сб. науч. тр. – Вып. 3. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 78–90.

УДК 811.112.2

## ФОРМИРОВАНИЕ ИНОЯЗЫЧНОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В СФЕРЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*Н. А. ГРИШАНКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В соответствии с программой подготовки по иностранным языкам студенты, магистранты и аспиранты, обучающиеся по специальности «Управление процессами перевозок», должны уметь правильно с точки зрения произношения, употребления лексических единиц и грамматических структур, вести диалог и монолог по различной проблематике, включая безопасность пассажирских перевозок [1–3]. При этом необходимо учитывать условия и перспективы обучения. Среди факторов, стимулирующих потребность в иностранном языке как части специальной подготовки, следует выделить такие:

– тенденция к возрастанию доли самостоятельной учебной работы студентов, близкой к научно-исследовательской работе;



– возрастание требований специальных кафедр к знаниям обучаемых в области изучения и развития зарубежного опыта, что находит своё отражение в единых (сквозных) программах подготовки специалистов;

– повышение уровня научно-исследовательской работы обучаемых.

Потребность в иностранном языке обусловлена его спецификой – быть средством для получения информации, необходимой на данном этапе учебы. При этом проблема состоит в том, чтобы поиски информации по безопасности пассажирских перевозок, ее восприятие были одновременно связаны с формированием умений и потреблением новых знаний, способности к самообразованию. В силу этого обучение на завершающем этапе настоятельно требует использования эффективных методов для формирования творческой личности.

Развитие устной речи на иностранном языке на материале по безопасности пассажирских перевозок так или иначе связывается с работой над текстами. В научной литературе высказывается мысль, что на продвинутом этапе в университетах при подготовке инженеров формирование иноязычной коммуникативной компетенции может проводиться как на основе письменной речи, так и взаимосвязанного обучения устной и письменной форм [5].

Некоторые авторы считают наиболее эффективным упражнением резюме. Однако, учитывая возраст обучаемых, представляется полезным создать также условия, чтобы они анализировали и оценивали представляемую информацию, опираясь на усвоенный иноязычный материал, а также на свой собственный опыт и знания.

Выполнение коммуникативных заданий на базе воспринятой информации текстов во многом зависит от той установки на полноту понимания, с какой усваивался текст при чтении или аудировании.

Так, материал, воспринятый в процессе просмотрового чтения (по сути, предчтения) дает обучаемому ограниченные возможности для участия, например, в дискуссии, в обсуждении проблемы по теме и т. п.

Ознакомительное чтение имеет в этом смысле большие возможности для устных высказываний, поскольку предполагает понимание текста в пределах 60–70 %. По характеру устные высказывания обучаемых могут быть сообщающего характера как в «чистом» виде, так и с элементами оценки или критическими замечаниями.

Изучающее чтение позволяет ещё глубже проникнуть в смысл сообщаемого, поскольку понимание предполагает достижение 100 % охвата информации текста. В связи с этим в устной речи возможны высказывания более высокого уровня, типа обсуждения или обоснования.

Всё сказанное даёт основание полагать, что при планировании заданий, направленных на формирование умений и навыков устной речи, следует учитывать коммуникативные возможности соответствующих рецептивных видов речевой деятельности. При этом также целесообразно дифференцировать и сами задания в плане развития репродуктивных или продуктивных форм мышления.

Известно, что функции, выполняемые вопросами в ходе обучения, различают по типу познавательной деятельности, которая ими вызывается (таблица 1).

Таблица 1 – Функции, выполняемые вопросами

Функция вопросов	Характеристика	Пример
Репродуктивно-мнемическая функция	Простое воспроизведение полученной информации	Что называется именем существительным?
Репродуктивно-познавательная функция	Вопрос побуждает к решению задач, связанных с привычными способами рассуждения и не дающих принципиально нового значения.	Чему равно $37 \times 48$ ?
Репродуктивно-познавательная функция	Вопрос побуждает к решению задач, представляющих для обучаемых проблему и дающих новый познавательный результат	В чем состоит актуальность внедрения системы риск-менеджмента для усиления безопасности на железнодорожном транспорте Украины? Каким образом компьютерное моделирование способствует предотвращению транспортных происшествий при перевозках пассажиров?

Следовательно, ответ на проблемный вопрос – это не простое воспроизведение полученной информации, он требует знания содержания текста, понимание его, а также собственных выводов и обобщений.

В практике обучения используются все названные функции вопросов. Однако применительно к завершающему этапу обучения иностранному языку речь идёт о целесообразности выбора проблемного или непроблемного пути усвоения учебного материала. В этом плане интерес представляет исследование А. И. Зильберштейна и В. В. Евдокимова, которые установили, что материал описательного, иллюстративного характера проще и с меньшей затратой времени может быть усвоен на основе репродуктивного изложения, тогда как материал, содержащий причинно-следственные связи и зависимости, целесообразно изучать проблемным способом [4, с. 49].

Поиск неизвестного в проблемном задании стимулируется вопросом или побуждается соответствующими глаголами. Чаще всего для этого используются задания, такие как: объясните..., вспомните..., докажите..., изложите..., рассмотрите..., проанализируйте..., опишите..., определите..., охарактеризуйте..., поясните..., сравните..., сопоставьте..., интерпретируйте... и др.

По нашим наблюдениям, нужные для решения исходные данные могут быть переданы:

- в самом вопросе;
- в побудительной фразе;
- в монологе сообщающего типа, который предшествует вопросу;
- графически (схемой, графиком) или формулой, за которой следует вопрос.

Анализ материалов кандидатских экзаменов по иностранному языку на кафедре славянских и романо-германских языков показал, что продуктивная роль вопросов может проявляться и при проверке знаний. Стимулирование продуктивного мышления в режиме контроля, когда само обучение находится на завершающем этапе, а ознакомление с новой информацией осуществляется в значительной степени в процессе самостоятельной работы, представляется весьма перспективным в общедидактическом плане и необходимым для творческого развития обучаемых.

В методике как науке известны упражнения типа «деловых игр», «интервью», «круглого стола», «мозгового штурма», базирующиеся на принципе моделирования деятельности студентов, магистрантов, аспирантов. Наше опытное обучение основано на предположении возможности моделирования отдельных сторон учебной деятельности обучаемых, в частности, «проигрывания» ситуаций, в которых решаются познавательные задачи по специальности.

Выбор решения познавательных заданий как формы работы со студентами по иностранному языку с методической точки зрения может быть мотивирован возможностью реализации коммуникативных моделей, использование которых обусловлено потребностью передать естественные ситуации отношений между предметами и явлениями действительности, их взаимосвязи и зависимости.

Предлагаемые для решения задания, на наш взгляд, являются как раз тем стимулом, который каждый раз, с каждой новой задачей, ставит обучаемого в «предлагаемые условия» и требует «рассуждающего», а не «автоматического» воспроизведения полученной информации, усвоенных новых знаний.

#### Список литературы

- 1 **Гришанкова, Н. А.** Иерархия видов чтения железнодорожных текстов при обучении говорению (из опыта работы с магистрантами неязыковых специальностей) / Н. А. Гришанкова // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2019. – № 2 (39). – С. 91–93.
- 2 **Гришанкова, Н. А.** Развитие навыков устной речи на иностранном языке в аспекте обеспечения безопасности пассажирских перевозок / Н. А. Гришанкова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Ч. 3. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 118–120.
- 3 **Ефремова, Н. Н.** Обучение устной иноязычной монологической речи: к вопросу о проблемах и учебных достижениях обучающихся / Н. Н. Ефремова, Л. В. Гусева // Иностранные языки в школе. – 2019. – № 10. – С. 28–31.
- 4 **Зильберштейн, А.И.** Экспериментальное исследование границ применимости проблемного и репродуктивного обучения / А. И. Зильберштейн, В. И. Евдокимов // Новые исследования в педагогике: сборник научных статей. – М. : МГПИИЯ, 1972. – № 6. – С. 49.
- 5 **Стеркин, Г. Я.** Обучение устной монологической и речи по специальности в техническом вузе (фр. яз.) автореф. : дис. ... канд. пед. наук / Г. Я. Стеркин. – Л., 1972. – С. 15.

## **ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛОВ, ФОРМИРУЕМЫХ С УЧАСТИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*К. С. ГУРЛО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При оценке эффективности функционирования транспортно-пересадочных узлов (далее – ТПУ) и железнодорожных вокзалов и формировании комплексной транспортной системы крупных городов следует учитывать причины, определяющие выбор пассажиром способа перемещения и вида транспортных средств (социальные, психологические и демографические).

В первую очередь пассажир при выборе маршрута передвижения просчитывает затрачиваемое на поездку время. Поэтому фактор времени является одним из основных параметров для пассажира, влияющим на выбор вида транспорта, при условии, что его удовлетворяет стоимость проезда этим видом транспорта и качество обслуживания в нем. Время нахождения пассажира в ТПУ составляет до четверти общего времени перемещения. В ряде случаев это может быть обусловлено нерациональной планировочной организацией ТПУ, недостаточной координацией в работе взаимодействующих в ТПУ видов транспорта, несоответствием пропускной способности ТПУ размерам пассажиропотока. Поэтому одной из главных задач, решение которой позволит сократить общее время поездки пассажира, является выбор рациональных параметров ТПУ как центров взаимодействия видов пассажирского транспорта. Решение задачи выбора параметров ТПУ, в том числе формируемых с участием железнодорожного транспорта, является составной частью научной проблемы рационализации структуры ТПУ на основе закономерностей формирования пассажиропотоков, направленной на повышение эффективности управления пассажирскими перевозками.

Актуальность темы исследования определяется необходимостью комплексной модернизации и новой структуризации инфраструктуры транспорта Республики Беларусь путем формирования и развития транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), обеспечивающих наиболее эффективное взаимодействие всех элементов транспортной системы.

В зарубежной практике проектирования планировочной структуры ТПУ накоплен богатый опыт формирования многофункциональных ТПУ. Так, комплексная модернизация транспортной инфраструктуры, проводимая в Японии в последние годы, позволила достигнуть глубокой интеграции систем внешнего (межрегионального), регионального железнодорожного, автомобильного и городских видов пассажирского транспорта.

При разработке крупных градостроительных проектов в Японии первостепенное внимание уделяется развитию именно ТПУ. Такой подход является основным и реализуется в ходе практически всех крупных градостроительных решений и разработок в области развития их транспортных систем.

В целом система ТПУ Японии и принципы, на которых они формировались и продолжают формироваться, требует детального изучения и внедрения в практику проектирования планировочных решений.

Развитие ТПУ в многоуровневые транспортно-пересадочные комплексы (далее – ТПК) практиковалось еще в начале 20 века. Примером такого ТПК служит Большой Центральный вокзал Нью-Йорка.

Проектирование, а затем и формирование сети ТПУ в Германии позволило решить ряд задач по разгрузке городских транспортных магистралей, высвобождению городских площадей, занятых транспортными сооружениями и коммуникациями. Сооружение и ввод в эксплуатацию (2006 г.) нового Центрального железнодорожного вокзала в Берлине (Hauptbahnhof) и оригинальные решения при формировании на его базе ТПК позволило существенно повысить качество транспортного и комплексного обслуживания пассажиров и посетителей.

Особый интерес в системе формирования и развития ТПУ Великобритании представляют реконструкция и развитие лондонского вокзала Сент-Панкрас и формирование на его базе современного ТПК в связи со строительством высокоскоростной железной дороги, соединяющей Лондон с континентальной Европой через Евротоннель. Вокзал Сент-Панкрас превратился в международ-

ный вокзал, принимающий поезда из Парижа и Брюсселя. В результате реконструкции, старинное здание вокзала и другая вокзальная инфраструктура, привокзальная площадь и прилегающие территории, превратились в многофункциональный ТПК с ресторанами, магазинами, фермерским рынком и пятизвездочным отелем, связаны с шестью линиями лондонского метрополитена и железнодорожным вокзалом Кингз-Кросс.

Что касается российского опыта формирования и развития ТПУ, то в одном только городе Москве количество ТПУ составит около 270 (без учета ТПУ центра города, расположенных внутри кольцевой линии Московского метрополитена). Основу сети ТПУ Москвы в пределах МКАД составляет инфраструктура Московского метрополитена (станции), Московской и Октябрьской железных дорог и автодорожной сети Москвы, а сети ТПУ Московской области – инфраструктура Московской и Октябрьской железных дорог и автодорожная сеть Подмосковья. Сеть ТПУ Московской области представляет собой узлы, работающие на взаимодействии железной дороги и наземных видов пассажирского транспорта (в основном автотранспорт).

Ввиду того, что в Республике Беларусь не так много городов-мегаполисов с населением более 1 млн жителей, опыт создания ТПУ мал, по сравнению со странами, указанными выше.

Эффективность пассажирских транспортных систем ТПУ неодинакова для различных условий и технологий транспортного обслуживания жителей крупных городов и городских агломераций. В этой связи становится актуальной разработка стройной и однозначной классификации ТПУ, позволяющей наиболее эффективно планировать перспективу развития их пассажирских транспортных систем.

УДК 377.3

### **ФОРМИРОВАНИЕ НАВЫКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫМ АВТОМОБИЛЕМ ПОСРЕДСТВОМ ДИНАМИЧЕСКОГО АВТОТРЕНАЖЕРА**

*Д. С. ДЕНИСЕНКО, Д. М. КОВШАР*

*Филиал «Институт профессионального образования» Университета гражданской защиты  
МЧС Беларуси, г. Гомель*

В настоящее время наиболее востребованная должность в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям – водитель пожарного автомобиля. Допуск к управлению техническими средствами получают водители, прошедшие первоначальную подготовку, при необходимости, стажировку, и прошедшие соответствующие испытания. Подготовленность водителя – важнейший фактор его уверенности на дороге. Система подготовки водителей управления пожарной аварийно-спасательной техники должна обеспечивать достаточную тренировку обучаемых для выработки умений и навыков, гарантирующих уверенную работу водителей при следовании к месту чрезвычайных ситуаций, а также управление автомобилем в любых дорожных и погодных условиях, учитывая скорость передвижения с использованием световой и звуковой сигнализации.

Качество профессиональной подготовки водителей в большей степени зависит не только от пригодности и профессиональной ориентации человека к конкретному виду трудовой деятельности, но и от оснащенности учебных учреждений.

Учитывая специфику деятельности водителей пожарной аварийно-спасательной техники, водители должны не только знать соответствующую конструкцию базового шасси автомобиля, но и иметь практическую подготовку вождения, учитывая скорость передвижения, большие габариты автомобиля, массу автомобиля, которая зависит от количества перевозимого оборудования и огнегасящих веществ, что напрямую влияет на его тормозной путь.

В настоящее время в университете гражданской защиты МЧС Республики Беларусь разработан и внедрен в процесс обучения динамический автотренажер управления пожарной аварийно-спасательной техникой. Данный тренажер призван обеспечить безопасность на современных дорогах путем совершенствования системы обучения вождению.

Динамический автотренажер управления пожарной аварийно-спасательной техникой представляет собой современный аппаратно-программный комплекс, который предназначен для первоначального обучения водителей безопасному управлению специальным грузовым автомобилем МАЗ, оборудованным системой подачи специальных звуковых и световых сигналов, а также для совер-

шенствования и коррекции имеющихся навыков управления автомобилем у опытных водителей. Тренажер предназначен для проведения подготовки без расхода ГСМ и износа ресурса автомобиля и представляет собой полноценную однорядную кабину автомобиля МАЗ, в которой функционируют все задействованные в программе органы управления. Кабина установлена на системе динамической подвижности (рисунок 1).

Рабочим местом обучаемого служит макет кабины водителя со всеми расположенными органами управления. Реальная обстановка кабины вместе с шумами и вибрациями от работающих агрегатов создает фон для выработки правильных рабочих приемов, возникающие при этом динамические нагрузки иногда достаточно близки по своей величине, направлению и продолжительности действия к реальным. Компьютерная программа позволяет модулировать различные условия вождения, такие как дорожные, погодные условия, плотность дорожного потока, состояние дорожного покрытия, смена дня и ночи. В симуляторе контролируются правила проезда перекрестков, использование указателей поворотов и световых приборов, перестроение во время движения автомобиля, превышение скоростного режима, невыполнение требований дорожных знаков и сигналов светофора, выезд на встречную полосу, правила обгона и опережения попутно движущихся автомобилей, правила маневрирования и движения задним ходом, правила остановки и стоянки автомобиля, пересечение дорожной разметки. Современные технологии позволяют формировать определенные навыки водителей спецтранспорта на динамическом тренажере, который состоит из двух основных частей: рабочего места обучаемого и системы воспроизведения окружающей обстановки.



Рисунок 1 – Динамический автотренажер управления пожарной аварийно-спасательной техникой

На начальном этапе обучения, занятия на таком тренажере позволят обучающемуся приобрести навыки и умения при управлении спецтранспортом при любой сложившейся дорожной обстановке. Что позволит обучающимся, перед тем как пересесть на реальный пожарный автомобиль, привыкнуть к органам управления, его габаритам, поведению автомобиля на дороге, а также закрепить такие качества, как оперативное мышление и стрессоустойчивость.

А главное, необходимо широкое распространение и внедрение в учебный процесс специальных тренажеров, а точнее тренажерных комплексов, что, безусловно, повысит эффективность учебного процесса в качественной подготовке водителей и сделает обучение более безопасным.

#### Список литературы

1 Об утверждении правил организации технической службы в ОПЧС Республики Беларусь : приказ МЧС Респ. Беларусь от 22.12.2009 № 162 (в ред. приказа МЧС Респ. Беларусь от 30.12.2016 № 329) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://web.ucp.by/file/Doc/28.pdf><https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600345&p1=1>. – Дата доступа : 06.09.2022.

2 **Иларионов, В. А.** Водитель и автомобиль / В. А. Иларионов, М. В. Кошелев, В. М. Мишурич. – М. : Транспорт, 1985. – 275 с.

3 **Коротков, Э. М.** Качество образования: формирование, факторы и оценка, управление / Э. М. Коротков. – М. : ГГУ, 2002 – 84 с.

УДК 656.2

## НОВЫЙ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ: ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ

*Л. А. ДИДРИХ*

*Оренбургский техникум железнодорожного транспорта – структурное подразделение  
Оренбургского института путей сообщения – филиала Самарского государственного  
университета путей сообщения, Российская Федерация*

В основе биометрических разработок лежит измерение уникальных, присущих человеку индивидуальных характеристик. Применяются различные биометрические системы безопасности, где необходима потребность верификации личности.

Существуют следующие разновидности биометрических исследований:

- по отпечатку пальца;
- по лицу;
- по радужной оболочке глаза;
- по геометрии руки;
- по ДНК;
- на основе голосовых характеристик.

Биометрия – это наука, изучающая возможности различных характеристик человеческого тела (будь то отпечатки пальцев или уникальные свойства человеческого зрачка или голоса) для сходства между индивидуальностью человека и его биометрическим «шаблоном». Пользуясь биометрическими параметрами, необходим ввод биометрического пароля или кода – большой палец, голос или зрачок глаза человека индивидуален и уникален [2, с. 54].

При обработке отпечатка пальца учитываются папиллярные линии и выступы кожи, имеющие свой уникальный, присущий только этому человеку узор, и система позволяет абсолютно надежно идентифицировать личность.

Безусловно, существует вероятность процента отказа в доступе для пользователей. Он мал и составляет около 3 % ошибочного доступа – что меньше 1 % к миллиону.

Преимущество верификации по отпечатку пальца – простота использования, удобство и надежность.

Процесс идентификации занимает минимум времени и не требует физических и умственных затрат для человека, использующего данную систему доступа.

Исследования показали, что использование отпечатка пальца для идентификации личности является наиболее удачным и распространенным методом из всех существующих биометрических приёмов.

Образ отпечатка пальца – это растр, его считывают особым устройством, которое, основываясь на строении папиллярного узора, распознает и фиксирует личность человека.

Выявляя особенности структуры отпечатка, система распознавания сравнивает его с другими отпечатками и выявляется схожесть. Если же отпечатки различны, то доступ аннулируется либо невозможен.

На сегодня биометрические системы идентификации личности широко используются в различных структурах, организациях и приложениях.

Уже внедрены и широко используются системы для идентификации отпечатков пальцев, лиц, ушей, радужной оболочки глаза. Форма на пальцах человека используется как признак распознавания человека по изображению его ладони. Форма складок кожи на ладони обладает определенной основой, позволяющей с максимально высокой точностью распознать личность. Алгоритм биометрической идентификации представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Алгоритм биометрической идентификации

Прикладывая палец к сканеру, работник подтверждает свою личность – действие фиксирует время прихода или ухода, открывает электронный замок. Для сканирования биометрических данных могут применяться (на выбор):

- компактные USB-сканеры;
- настольные и настенные киоски, рамки;
- терминалы многофакторной аутентификации.

Оборудование интегрировано и взаимодействует со шлюзами, замками, турникетами.

Чтобы исключить ошибки использования при повреждении «контрольного» пальца, в базу заносятся дополнительные данные (отпечатки для увеличения точности распознавания).

Биометрическая идентификация личности по отпечаткам пальцев ведет учет рабочего времени и формирует отчеты в автоматическом режиме. Системой предусмотрено 27 итоговых отчетов. При помощи конструктора можно создать новые (в соответствии с индивидуальными требованиями). В итоге использования формируется модуль календарного планирования с графиками учета рабочего времени. Возможно SMS-оповещение. Сама система сканирования не распознаёт изображение, она преобразовывает его в цифровой код.

Система BioTime – современная структура идентификации, интегрированная с программой 1С по отпечаткам пальцев, 3D-геометрии лица. BioFace – система распознавания личности по 3D-изображению лица (рисунок 2), основана на новой технологии, позволяющей получать точную математическую модель лица человека в 3D-формате.

Трансформируя данные в цифровой биометрический шаблон, BioTime позволяет:

- исключить риск потери или кражи индивидуального идентификатора;
- исключить возможность передачи «ключа» другому сотруднику или постороннему лицу [4, с. 48];
- контролировать точное время прихода и ухода каждого сотрудника на рабочее место.

Благодаря BioTime мониторинг присутствия сотрудников на рабочем месте происходит в режиме реального времени. Управление осуществляется в корпоративном масштабе – данные всех филиалов собираются на сервер в автоматическом режиме.

В крупных компаниях с большим штатом такая быстрая процедура контроля доступа – это требование бизнеса, удовлетворить которое позволяют современные решения распознавания личности на базе биометрической 3D-технологии распознавания лица.

Как и все биометрические технологии, трехмерное распознавание лица оперирует биологическими данными, что обеспечивает высокий уровень безопасности.

BioFace – это новый уровень безопасности.

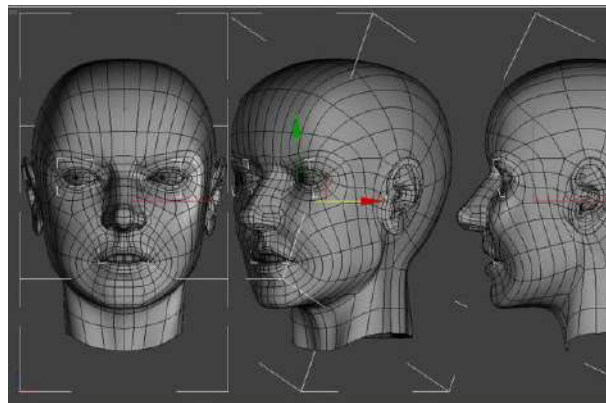


Рисунок 2 – Идентификация по форме лица

#### Список литературы

- 1 **Бакина, И.** Многомодальная идентификация личности по форме ладони и голосу / И. Бакина, Л. Местецкий // Таврический вестник информатики и математики. – 2017. – С. 59–65.
- 2 **Местецкий, Л.** Бесконтактная технология: идентификация личности по форме ладони / Л. Местецкий // Тетради международного университета в Москве : сб. науч. тр. – М. : Издательский дом Международного университета в Москве. – 2017. – Вып. 6. – С. 130–138.
- 3 **Андрианова, В. А.** Основы использования дактилоскопии в розыске преступников / В. А. Андрианова, А. П. Моисеев. – М., 2018.
- 4 **Андрианова, В. А.** Средства и методы выявления, фиксации и изъятия следов рук / В. А. Андрианова, В. Е. Капитонов. – М., 2019.
- 5 **Грановский, Г. Л.** Методы обнаружения и фиксации следов рук / Г. Л. Грановский. – М., 2018.
- 6 **Миронов, А. И.** Трасологическое исследование следов рельефа кожи человека / А. И. Миронов. – М., 2019.
- 7 **Соколова, О. А.** Основные направления решения диагностических задач в дактилоскопии / О. А. Соколова // Теория и практика судебной экспертизы. – 2018. – № 4 (32). – С. 17–23.
- 8 **Уварова, И. А.** История развития дактилоскопии / И. А. Уварова // EurasiaScience : сб. статей Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 2017. – Пенза : Научно-издательский центр «Актуальность. РФ», 2019. – С. 216–217.
- 9 **Яровенко, В. В.** О проблемах развития дактилоскопии / В. В. Яровенко, Н. Н. Китаев // Право и политика. – 2015. – № 11. – С. 1633–1641.

УДК 656.2:658.5

## НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО И ИНВЕСТИЦИОННОГО РАЗВИТИЯ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ

*С. П. КАЛЮТЧИК*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Техническое развитие Белорусской железной дороги в последние годы выполняется в значительной степени за счёт инвестирования, которое интегрируется по трём направлениям: 1) развитие

технических устройств и приобретение транспортных средств (вагонов и локомотивов, электро- и дизельных поездов) для структурных подразделений железной дороги; 2) сокращение (стабилизация) расходов отраслевых хозяйств при увеличении доходности железной дороги; 3) обновление основных средств железной дороги: приобретение современного подвижного состава, электрификация, модернизация устройств железнодорожной инфраструктуры.

Преыдушие принципы оценки технической политики железной дороги рассматривали следующие направления и показатели: 1) обеспечение заявленных объёмов перевозок грузов и пассажиров; 2) выполнение технологических и технических нормативов железнодорожных перевозок – скорости движения поездов, доставки грузов и пассажиров (маршрутной скорости), нормативов простоя грузовых вагонов под технологическими операциями, затраты топлива на поездную и маневровую работу; 3) модернизация подвижного состава и технических устройств. Их использование не позволяло оценить эффективность финансовых затрат на приобретение подвижного состава, капитальное строительство зданий и сооружений. Основу технической политики составляла необходимость расширения транспортной деятельности железной дороги: увеличение объёмов перевозок грузов и пассажиров, техническое обеспечение необходимых пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений для реализации возрастающих объёмов транспортной работы [1]. Прибыль как таковая не рассматривалась в качестве источника развития. Финансирование развития обеспечивалось из фонда социального и технического развития, который включался непосредственно в себестоимость перевозок и иных видов деятельности железной дороги. При этом экономика убыточной деятельности отраслевых хозяйств и отдельных видов транспортной деятельности железной дороги исключала торможение необходимого уровня развития. Крупные инвестиционные проекты финансировались из бюджета: строительство вторых путей на однопутных участках, переход на тепловозную и электро-возную виды тяги, модернизация вагонных и локомотивных депо под развитие народнохозяйственного комплекса. Строительство нефтеперегонных заводов потребовало модернизации вагонных депо в Витебске и Калинковичах, по подготовке цистерн, а финансирование предусматривалось в инвестиционном проекте. Создание металлургического завода в Жлобине предусматривало крупный инвестиционный проект, нацеленный на развитие вагонного депо Жлобин для организации подготовки под погрузку полувагонов. Финансирование проекта выполнено из государственного бюджета. Оценка эффективности таких инвестиций при использовании принципа бюджетного финансирования теряет практический смысл – перевозки грузов и пассажиров обеспечены, государственный заказ выполнен, поставленная задача при проектировании инвестиционного проекта решена. Техническая политика иных видов деятельности железной дороги не рассматривалась, так как они интегрировались в подсобно-вспомогательной деятельности.

В новых условиях экономической деятельности страны инвестиции финансируются по нескольким источникам, и оценить их необходимость без многофакторного анализа – сложная задача, которая осложняется ограниченными ресурсами отрасли. При этом финансирование инвестиций выполняется из прибыли железной дороги. И не всегда инвестиции планируются для отраслевых хозяйств, которые формируют прибыль.

Для эффективного использования инвестиций в виды деятельности железной дороги (перевозки грузов и пассажиров, иные виды работ) в мировой практике используются системы комплексных интегральных измерителей транспортной деятельности железной дороги. Эта система предусматривает расчёт субпоказателей, оценивающих выполнение грузовых и пассажирских перевозок, иной деятельности железной дороги. С их учётом рассчитывается сводный показатель технической политики железной дороги. Это индекс технического развития железной дороги, интегрирующий доходы и расходы от видов деятельности отраслевых хозяйств, обновление и развитие (наращивание) основных средств производственной (транспортной) деятельности, её энергоёмкость.

Инвестиции в современных условиях включают совокупность финансирования: 1) непосредственное целевое финансирование, в составе которого затраты на оборудование, не входящее в сметы на строительство, модернизацию оборудования и транспортных средств, приобретение подвижного состава; 2) финансирование проектно-изыскательских работ; 3) денежное обеспечение строек различного назначения.

Для отраслевых хозяйств рассчитывается субпоказатель оценки проводимой в них технической политики по перевозкам. Для каждого отраслевого хозяйства рассматриваются изменения показателей: расходов отраслевого хозяйства, отраслевого показателя, его себестоимости, энергоёмкости,



амортизации. В расчёт включается оценка темпа изменения каждого показателя [2]. По результатам расчётов оценочных показателей генерируются субпоказатели по отраслевым хозяйствам.

По видам деятельности железной дороги выполняется расчёт субпоказателей изменения качества грузовых и пассажирских перевозок.

При оценке субпоказателя грузовых перевозок учитываются следующие факторы:

доходы и расходы от перевозок грузов, грузооборот;

– затраты на эксплуатацию производственных систем по формированию объёмных показателей грузовых перевозок и эксплуатацию производственных систем по формированию доходов от грузовых перевозок (использование элементов цифровой экономики);

– комплексный измеритель по использованию IT-технологий при организации грузовых перевозок, инвестиции в грузовые перевозки.

В расчёт субпоказателя пассажирских перевозок включаются следующие факторы:

– по классу обслуживания пассажиров (бизнес-, эконом- и международное сообщение): доходы и расходы от перевозок пассажиров, пассажирооборот, комплексный измеритель;

– расходы на эксплуатацию и сопровождение автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками;

– комплексный измеритель по IT-технологиям при выполнении пассажирских перевозок;

– инвестиции в пассажирские перевозки.

При формировании субпоказателя эффективности технической политики по иным видам деятельности железной дороги используются факторы доходности, расходов, энергоёмкости и затрат на амортизацию используемого оборудования. Полученный сводный показатель технической политики железной дороги включает субпоказатели технической политики в отраслевых хозяйствах, по выполнению транспортной деятельности, увязывается с доходной и расходной составляющими по видам деятельности и по отраслевым хозяйствам. При этом в каждом субпоказателе учтена инвестиционная составляющая.

По значению сводного показателя для железной дороги в целом устанавливается достаточность значения каждого удельного показателя (он колеблется в пределах 1,0 либо имеет установленное нормативное значение). При отклонении от нормативного значения рассматриваются индексы по отраслевым хозяйствам и видам транспортной деятельности железной дороги в целом. На основании этого разрабатываются мероприятия по проведению технической политики по видам деятельности и отраслевым хозяйствам, определяется предпочтение инвестиций, ограничение расходов, снижение энергоёмкости функционирования отраслевых хозяйств. Мероприятия закрепляются нормативными документами железной дороги и становятся обязательными для исполнения всеми структурными её подразделениями.

По факту достижения субпоказателей выполняется сравнительный факторный анализ, по результатам которого делается заключение о величине планового финансирования мероприятий технической политики (величина обратно пропорциональна индексу субпоказателя).

#### Список литературы

1 **Власюк, Т. А.** Пригородные пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь : [монография] / Т. А. Власюк, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 201 с.

2 **Михальченко, А. А.** Исследование влияния уровня качества пассажирских перевозок на инвестиционную политику железной дороги / А. А. Михальченко // Вестник БелГУТА: Наука и транспорт. – Гомель : БелГУТ, 2020. – № 2 (40). – С. 85–90.

УДК 656.064+656.073

## ПЛАН УСТОЙЧИВОЙ ГОРОДСКОЙ ЛОГИСТИКИ СИМБИОТИЧЕСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ И РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

*Д. В. КАПСКИЙ, С. В. БОГДАНОВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Поскольку городская логистика является междисциплинарным и симбиотическим предметом – сложнейшим социально-экономическим процессом, затрагивающим различные вопросы планирования и управления как системами городского грузового, так и пассажирского транспорта, то ее

можно определить как процесс оптимизации транспортно-логистической деятельности государственных предприятий и частных компаний с учетом транспортной среды, загрузки дорог, потребления (сокращения затрат) энергии для синергетического эффекта по снижению негативного воздействия транспорта на жителей города [1]. Городская логистика включает в себя не только оптимальное распределение грузов и пассажиров по городу, но и стратегии, которые могут улучшить производительность и эффективность транспортной системы при одновременном снижении заторов, сокращении времени нахождения в пути (грузов и пассажиров), уменьшении вредного экологического воздействия транспорта на окружающую среду и др. [2] (рисунок 1). По сути, она призвана решать проблемы, с которыми сталкивается мультигородской логистический центр, и является стратегическим фактором развития городских (урбанизированных) территорий, используя современные инновационных технологии.



Рисунок 1 – Преимущества устойчивой транспортной логистики

Эффективная городская логистика создает больше продуктивных и привлекательных городских районов, поскольку она направлена на оптимальное планирование, управление и контроль за движением грузов и пассажиров в транспортно-логистической системе города. Также городская логистика – это обширная сфера, которая включает в себя взаимодействие как между бизнесом (B2B), так и между бизнесом и клиентом (B2C), а также очень большое количество заинтересованных сторон и экономических операторов, что делает возможным бесперебойное функционирование современных городов как единого организма от доставки почты (посылок), розничной торговли, сбора отходов и мусора, транспортировки строительных материалов и оборудования до создания точек роста для дальнейшего развития экосоциосистемы города. Она, безусловно, может помочь улучшить экономические показатели развития города, повысить эффективность, улучшить качество воздуха и снизить выбросы углерода, а также обеспечить более упорядоченное движение транспорта и повысить безопасность движения (повысить совокупное качество дорожного движения, которое характеризуется минимумом социальных, экономических, экологических и аварийных потерь).

Роль городской логистики повышается с бурно растущими возможностями, связанными с информационно-коммуникационными технологиями, цифровой трансформацией городских пространств и широким применением интеллектуальных транспортных систем.

Европейской платформой по планам устойчивой городской мобильности были разработаны рекомендации по созданию планов устойчивой городской мобильности (Sustainable Urban Mobility Plan, SUMP), в которых содержатся требования по координации усилий государственного и частного сектора в рамках развития городской логистики, управления доступом и взимания платы с участников дорожного движения, развития городских интеллектуальных транспортных систем и безопасности городского движения [3, 4]. Эти планы позволяют разработать стратегии, определяющие переход к более чистым и устойчивым видам транспорта, активизации использования пешей активности, в том числе за счет применения инновационных решений для развития городской территории и управления спросом. Именно городская логистика играет основную роль в Планах устойчивой городской мобильности, стратегическом плане для удовлетворения потребности людей и предприятий в мобильности в городах и их окрестностях для лучшего качества жизни. Сформулированы восемь основных принципов устойчивой городской мобильности, на которых строится План устойчивой городской логистики [5–8]. Планы устойчивой городской логистики включают мероприятия по развитию транспортно-логистической подсистемы движения грузопотоков, которая позволяет значительно улучшить транспортно-экспедиционное обслуживание клиентов за счет ускорения доставки грузов, обеспечения их сохранности, предоставления грузоотправителям и грузополучателям дополнительных услуг по их информационному, складскому, транспортно-экспедиционному и сервисному обслуживанию, информационному обеспечению, реализации е-логистики и пр., а также развитию подсистемы логистики маршрутного пассажирского транспорта, которая интегрирует отдельные виды городского пассажирского транспорта, формирует с должным комфортом и безопасностью оптимальные маршруты передвижения населения. В результате мультимодальность становится отличительной особенностью подсистемы городского маршрутного пассажирского транспорта.

#### Список литературы

- 1 **Taniguchi, E.** Concepts of City Logistics for Sustainable and Livable Cities / E. Taniguchi, R. G. Thompson, T. Yamada // Green Logistics for Greener Cities : first International Conference Green Cities. – Kyoto, 2016. – P. 310–317.
- 2 **Rodrigue, J. P.** City Logistic, the Geography of Transport System. 4<sup>th</sup> Edition / J. P. Rodrigue, L. Dablanc. – London : Routledge. – 2016. – 454 p. ISBN: 978-1-138-66957-4.
- 3 **Капский, Д. В.** Прогнозирование аварийности в дорожном движении : [монография] / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.
- 4 **Врубель, Ю. А.** Опасности в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2013. – 244 с.
- 5 Sustainable Urban Logistics Planning, Sulp [Electronic resource]. – Mode of access : [https://www.eltis.org/sites/default/files/sustainable\\_urban\\_logistics\\_planning.pdf](https://www.eltis.org/sites/default/files/sustainable_urban_logistics_planning.pdf). – Date of access : 22.08.2022.
- 6 **Врубель, Ю. А.** Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2006. – 252 с.
- 7 **Капский, Д. В.** Метод конфликтных зон прогнозирования дорожно-транспортной аварийности по потенциальной опасности / Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2015. – 372 с.
- 8 **Капский, Д. В.** Методология повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2018. – 372 с.

УДК 656.7.004.67

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕРНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М-1/Е30 НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Д. В. КАПСКИЙ, С. В. БОГДАНОВИЧ, Е. Н. КОТ*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Автомобильная дорога М-1/Е30 Брест – Минск – граница РФ (Редьки) пересекает территорию Республики Беларусь с юго-запада на восток. Ее протяженность составляет 660 км. На всём протяжении дорога имеет как минимум две полосы движения в одном направлении, однако центральная разделительная полоса (конструктивно выделенная либо в виде дорожного ограждения) на некото-

рых участках (северный обход г. Бреста и др.) отсутствует. При переводе автомобильной дороги М-1/Е30 в категорию «Автомагистраль» необходимо учитывать интересы как минимум двух групп «пользователей» (участников движения): те, кто будет ехать по М-1, те, кому необходимо пересечь М-1. Для второй группы дорога категории «Автомагистраль» будет всё более существенным препятствием, ограничивающим возможность перемещений. Только часть мероприятий по улучшению дороги М-1 будет полезной для обеих групп участников, а большинство мероприятий будет противоречивыми (для одной группы будут созданы лучшие условия движения, а для другой они ухудшатся). При реконструкции автомобильной дороги по требованиям автомагистрали она практически станет границей, разделяющей Беларусь на юго-западную и северо-восточную части. Пересечь эту границу на транспортных средствах (а возможно, и в пешем порядке) можно будет только в ограниченном количестве мест. Поэтому планируемая реконструкция существенно изменит уклад жизни во всей стране. Для улучшения условий движения транспортных средств по дороге М-1 требуются следующие мероприятия. 1 Оценка геометрических параметров дороги М-1 (план, продольный профиль, поперечный профиль) и их соответствия параметрам дорог категории I-a (автомагистраль) в соответствии с требованиями Соглашения о международных автомагистралях (СМА, AGR). 2 Обследование существующих на дороге М-1 узловых пунктов (развязки в разных уровнях, пересечения, примыкания) и их соответствия требованиям для узловых пунктов на автомагистралях. 3 Обследование всех развязок «клеверный лист» с целью поиска решений для уменьшения количества конфликтных точек на дороге М-1 в зоне таких развязок. 4 Изучение возможности закрытия части существующих перекрестков в одном уровне с организацией отнесенных удобных разворотов с плавным «разведением» проезжих частей встречных направлений. 5 Изучение возможности создания новых участков дорожной сети для ликвидации всех примыканий к дороге М-1 дорог категорий IV–VI и всех сезонных съездов (сохраняются только развязки с дорогами II и III категорий). 6 Исследование характеристик транспортных потоков на участках дороги М-1 с выделением групп тихоходных транспортных средств (в том числе сельхозтехники), а также других участников (велосипедисты и т. п.), движение которых по автомагистралям запрещено, для разработки рекомендаций по созданию единой (не разорванной) альтернативной сети дорог для этих групп участников. Исследование путей миграции диких животных и их пересечений с дорогой М-1. 7 Обследование участков дороги М-1, проходящих через населенные пункты (Ленинский, Борисово и т. п.), для оценки возможности ликвидации пересечений с местным движением транспортных средств и пешеходов (обходы НП, переходы и развязки в разных уровнях и т. п.). 8 Анализ аварийности (топографический, количественный, инженерный), в том числе по неучетным ДТП, для выявления мест повышенной аварийности и достоверного (на научной основе) установления причин «очаговых» аварий. 9 Оценка прочности существующей дорожной одежды для разработки мероприятий по увеличению допустимой нагрузки на ось до 13 тс и устранения сезонных ограничений нагрузки на ось. Оценка связности сети международных дорог в Беларуси, основой которых является М-1 (например, М-11 не доходит до дороги М-1 возле д. Чемеры Ивацевичского района и т. п.) для устранения «разрывов» сети, закрываемых участками других (не международных) дорог. 10 Обследование системы маршрутного ориентирования для разработки мероприятий по ее модернизации. 11 Обследование сервисных зон и соответствия их размещения с учетом правил выполнения автомобильных перевозок (расстояние между местами отдыха и т. п.). 12 Разработка обоснования ограничения максимальной скорости с учетом выполнения всех международных требований по безопасности, обеспечение единого режима ограничения максимальной скорости на всей дороге с исключением мест локальных ограничений. 13 Возможность удобных разворотов с плавным «разведением» проезжих частей встречных направлений. 14 Обследование всех установленных искусственных неровностей на М-1 для обоснования их ликвидации. 15 Обследование установленных дорожных ограждений и потенциальных мест для их установки с целью ликвидации возможности выезда на проезжую часть встречного направления (непрерывное ограждение на разделительной полосе на всём протяжении дороги) и выезда за пределы проезжей части на опасных участках. 16 Организация системы искусственного освещения на всем протяжении дороги. 17 Обследование ОП автобусов на дороге М-1 с целью поиска альтернативных мест их размещения.

Для улучшения условий пересечения дороги М-1 предусмотрены следующие мероприятия. 1 Обследование сети пересекающих дорог для выявления мест, где требуется строительство дополнительных искусственных сооружений для пересечения дороги М-1 в разных уровнях (в том числе

мест для проезда сельхозтехники под М-1 или над ней). 2 Исследование существующих локальных местных перемещений через дорогу М-1 с целями: пересмотреть административно-территориальное деление Беларуси для исключения мест «локального» захода дороги М-1 на территорию отдельных районов (Кореличский район Гродненской области и т. п.), чтобы дорога в большей степени стала «границей», которую не надо пересекать «по обычным делам»; пересмотреть участки землепользования, чтобы исключить сельхозпредприятия, земли которых будут размещаться по обе стороны от дороги М-1; пересмотреть организацию сельхозработ в прилегающих к М-1 районах, чтобы исключить потребность в передвижении сельхозтехники по М-1; обеспечить создание сети местных дорог низких категорий, обеспечивающих возможность проезда сельхозтехники между местами ее применения без выезда на М-1 и пересечения ее в одном уровне.

Для улучшения условий движения для пересекающих М-1 пешеходов и велосипедистов предусмотрены следующие мероприятия. 1 Обследование всех оставшихся на М-1 наземных пешеходных переходов с целью поиска альтернативных вариантов пересечения пешеходами. 2 Решение вопроса о целесообразности сохранения «мест пересечения пешеходами» дороги М-1 без придания этим местам статуса пешеходного перехода». 3 Подготовка проекта изменений в ПДД (п. 18) по вопросу перехода пешеходами проезжей части вне населенных пунктов на участках дорог 1-й категории, (1-б, 1-в). По действующим ПДД при наличии разделительной полосы или установленных ограждений такие дороги переходить вне переходов нельзя. А вне населенных пунктов устройство переходов, особенно на дорогах 1-й категории, – «неприятный сюрприз» для водителей, которые не ждут такого способа ОДД и не успевают остановиться перед вышедшим переходом. 4 Обследование системы велопешеходных путей вдоль участков М-1 с целью перемещения их на обособленное полотно либо отделение их от проезжей части дорожными ограждениями с требуемым уровнем удерживающей способности.

Для повышения защиты дороги М-1 от диких животных предусмотрены такие мероприятия. 1 Обследование путей миграции животных через дорогу М-1. На основании предложений специализированных научных организаций – разработка системы защиты дороги М-1 от диких животных, включающей: места размещения и вид биопереходов; участки, на которых требуется установка защитных ограждений; обеспечение непрерывности защитных ограждений без разрывов для примыкающих дорог, полевых и лесных дорог; устройство искусственного освещения с целью отпугивания диких животных.

УДК 656.13.08–057.6

## **КРАТКИЙ ОБЗОР СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОСОВ ПО ПРОБЛЕМАМ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ИЗМЕНЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО СОЗНАНИЯ В РАЗНЫХ СТРАНАХ**

*Д. В. КАПСКИЙ, С. В. БОГДАНОВИЧ, Е. Н. КОТ*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*С. В. СКИРКОВСКИЙ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель;*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Начиная с 2000-х годов во многих странах мира начали проводиться социологические опросы по проблемам безопасности дорожного движения. В каждой стране имеются свои методики таких социологических опросов, в которых описаны: цель; целевая группа; метод опроса; оптимальная выборка; частота; область опроса.

*Дания.* Наименование опроса: Road User Survey. Цель: анализ удовлетворенности качеством автомобильных дорог. Целевая группа: водители, велосипедисты, пешеходы, местные жители. Методы опроса: телефонный опрос (20 минут). Выборка: 1500 водителей, 200 велосипедистов/пешеходов, 200 жителей домов, расположенных вдоль дороги. Частота: 2 опроса в год (каждое лето и каждую зиму). Область опроса: удовлетворенность; важность; приоритеты; различные вопросы, связанные с автомобильной дорогой; справочные и специальные вопросы. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 5 – очень недоволен, 1 – очень доволен (дополнительно: 6 – не знаю).

*Финляндия.* Наименование опроса: Road User Satisfaction Survey. Цель: получение представления об удовлетворенности участников дорожного движения техническим обслуживанием и эксплуатацией автомобильных дорог. Результаты являются основой для расчета целевых показателей эффектив-

ности, а также для получения бонусов подрядчиками в области содержания автомобильных дорог. Целевая группа: любители и профессиональные водители. Методы опроса: почтовый опрос (респондентам рассылается 4-страничная анкета). Выборка: случайная выборка людей в возрасте от 15 до 74 лет. Анкета рассылается 25 000 человек зимой (примерно 300 человек для каждой из 82 зон обслуживания) и 7000 человек летом. Дополнительно летом и зимой опрашиваются 2250 профессиональных водителей. Частота: 2 опроса в год (каждое лето и каждую зиму). Область опроса: удовлетворенность и важность вопросов содержания дорог, например, зимнее содержание, состояние дорожного покрытия, количество пешеходных и велосипедных дорожек, состояние дорожных знаков, вопросы по доступности автомобильных дорог, а также справочные и специальные вопросы. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 5 – очень недоволен, 1 – очень доволен (дополнительно: 0 – не знаю). Наименование опроса: Satisfaction Survey for Business Life. Цель: определение значения логистики для бизнес-пользователей, а также их потребностей и удовлетворение решением этих проблем. Целевая группа: бизнес-пользователи. Методы опроса: интернет-опрос. Выборка: 1300 человек, которые занимаются логистикой в компаниях, представляющих промышленность, торговлю, строительство, логистику, услуги и операторов пассажирских перевозок. Частота: 2 опроса в год (каждое лето и каждую зиму). Область опроса: важность и удовлетворенность автомобильным транспортом, железнодорожным транспортом, воздушным транспортом, портами, морским транспортом, терминалами, пограничными пунктами пропуска; важность и удовлетворенность различными особенностями автомобильного транспорта, например, время доставки; хорошие условия ночью; безопасность дорожного движения.

*Исландия.* Наименование опроса: Road User Satisfaction Survey. Цель: анализ удовлетворенности качеством автомобильных дорог. Целевая группа: любители и профессиональные водители.

Методы опроса: интернет-опрос (ранее был телефонный опрос). Выборка: 1500 водителей, 200 велосипедистов/пешеходов, 200 жителей домов, расположенных вдоль дороги. Частота: 3 опроса в год (два для всех водителей в феврале и августе, один для тяжелых транспортных средств). Область опроса: удовлетворение различных вопросов по обслуживанию и эксплуатации автомобильных дорог, например, дорожная разметка, дорожные работы, зимнее содержание. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 5 – очень недоволен, 1 – очень доволен.

*Нидерланды.* Наименование опроса: Road User Satisfaction. Цель: получение удовлетворенности клиентов по различным аспектам. Целевая группа: водители. Методы опроса: интернет и личный опрос. Выборка: два интернет-опроса 2000 водителей автомобилей, один личный опрос 1000 водителей грузовиков в зонах обслуживания. Частота: 2 опроса в год. Область опроса: удовлетворенность; важность; пожелания; справочные вопросы; специальные вопросы для проектов; специальные вопросы для каждого региона. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 5 – очень недоволен, 1 – очень доволен.

*Португалия.* Наименование опроса: Assessment on the Satisfaction of (Toll) Motorway Users. Цель: анализ восприятия услуг, предоставляемых платными автомагистралями. Целевая группа: водители легковых и грузовых автомобилей. Методы опроса: личный опрос 3000 водителей в зонах обслуживания, зонах отдыха и автозаправках. Частота: 1 опрос в год. Область опроса: имидж; СТО; АЗС; помощь автотранспортным средствам; информация; сигнализация; оборудование для обеспечения безопасности; качество дорожного покрытия; управление дорожными работами; цена; обработка жалоб; задержки в поездках; альтернативный маршрут. Оценочная шкала: от 1 до 10.

*Швеция.* Наименование опроса: Customer Satisfaction Index]. Цель: удовлетворенность пользователей всей поездкой (например, доступность, надежность). Целевая группа: водители и транспортные компании. Методы опроса: интернет- и почтовый опросы. Выборка: 3500 транспортных компаний, 3500 частных водителей в возрасте от 18 до 84 лет. Частота: 1 опрос в год. Область опроса: уровень качества обслуживания дорог и улиц; безопасность дорожного движения; личная безопасность; доступность; поведение в пробках; другие участники дорожного движения; правила дорожного движения; проект дорог и улиц; зоны обслуживания, информация; возможность выбора между режимами; экологические проблемы; дорожная информация; вопросы для бизнес-сообщества. Оценочная шкала: от 1 до 10, где 1 – очень недоволен, 10 – очень доволен (дополнительно: 11 – не знаю). Наименование опроса: Customer satisfaction with SRA's customer service. Цель: следить за удовлетворенностью специалистов обслуживанием Шведской дорожной администрацией. Целевая группа: специалисты. Методы опроса: телефонный опрос. Выборка: 900 человек. Частота: 2 опроса в год. Область опроса: 10 вопросов относительно их удовлетворенности взаимодействием со Шведской дорожной администрацией. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 5 – очень хорошо, 1 – очень плохо. Наименование опроса: Road User Satisfaction with Maintenance and Operation Services. Цель: удовлетворенность пользователей дорог тех-

обслуживанием и эксплуатацией. Целевая группа: водители легковых автомобилей, водители грузовиков. Методы опроса: почтовый опрос + телефонное интервью с теми, кто не ответил. Выборка: 2800 частных водителей в возрасте от 18 до 70 лет, 2100 водителей грузовых автомобилей. Частота: 1 раз в два года (зима и лето). Область опроса: удовлетворенность содержанием автомобильных дорог; приоритетность вопросов эксплуатации. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 1 – очень доволен, 5 – очень недоволен (дополнительно: 6 – не знаю). Наименование опроса: Promises – satisfaction with service level. Цель: Удовлетворенность клиентов уровнем обслуживания в определенных областях. Целевая группа: водители и транспортные компании. Методы опроса: веб-панель Шведской дорожной администрации. Выборка: 6041 человек. Частота: 3 опроса в год. Область опроса: дорожные работы – нарушение доступности; придорожный отдых; дорожные работы – ограничения скорости; предоставление актуальной информации о зимних условиях. Информация – нарушение трафика. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 1 – очень плохо, 5 – очень хорошо (дополнительно: 6 – не знаю).

*Великобритания.* Наименование опроса: National Road Users' Satisfaction Survey (NRUSS). Цель: оценка осведомленности и удовлетворенности услугами Дорожного Агентства. Целевая группа: пользователи автомобильными дорогами Дорожного агентства. Методы опроса: личный опрос. Выборка: 2000 человек, равномерно распределенными между семи регионами. Частота: 1 опрос в год. Область опроса: осведомленность об автомобильных дорогах Дорожного агентства; проезд по автомагистралям и магистральным дорогам; данные о последнем путешествии; задержки и время в пути; дорожные работы; безопасность дорожного движения; общее содержание; информация / знаки; дорожная полиция и телефоны скорой помощи; предупреждения о плохой погоде; личные данные и разрешение на повторный контакт. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 5 – очень недоволен, 1 – очень доволен (дополнительно: 6 – не знаю). Наименование опроса: Area Road Users' Satisfaction Survey (ARUSS). Цель: оценка осведомленности и удовлетворенности услугами Дорожного Агентства в рассматриваемой области. Целевая группа: пользователи местными автомобильными дорогами. Методы опроса: личный опрос. Выборка: 5502 человека, равномерно распределенными между 14 регионами. Частота: 1 опрос в год в течение 6 месяцев. Область опроса: вопросы безопасности, состояния дороги (например, дорожного шума), мусора, заторов на дорогах и дорожных работ. Оценочная шкала: от 1 до 5, где 5 – очень недоволен, 1 – очень доволен (дополнительно: 6 – не знаю).

УДК 656.13.07

## **ПЕРЕСМОТР ПОДХОДОВ И СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ В ОБЛАСТИ ДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА И ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ЦЕЛЮ СОЗДАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ УСТОЙЧИВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПОЛИТИКИ**

*Д. В. КАПСКИЙ, С. В. БОГДАНОВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*С. В. СКИРКОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель;*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

В 2006 году в нашей стране была принята (в 2016 г. – дополнена) **Концепция обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь** (далее – Концепция) (утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 14.06.2006 № 757; в ред. постановлений Совмина от 18.10.2012 № 947, от 17.08.2016 № 642). *Ответственным разработчиком Концепции, в которой были учтены передовые для того времени положения, являлось Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.* В Концепции было определено, что дорожное движение отличается повышенной опасностью и содержит следующие 4 основные угрозы: физическую и имущественную (связанную с дорожно-транспортными происшествиями); экологическую (связанную с выбросами в атмосферу от двигателей транспортных средств, шумовым воздействием от транспортных средств и т. п.); социальную (вызываемую негативными общественными отношениями, возникающими в процессе дорожного движения и подготовки к нему); экономическую (связанную с расходом ресурсов на перемещения с использованием дорожных транспортных средств). Таким образом, безопасность дорожного движения (БДД) определяется не одной лишь *дорожно-транспортной аварийностью*, а совокупностью всех четырех основных угроз, при этом доля издержек от аварийности составляет около 7–15 %. В со-

ответствии с мировыми подходами Концепция определила направления широкомасштабных мультидисциплинарных воздействий в сфере дорожного (автомобильного) транспорта и дорожного движения. Концепция состоит из 33 сущностных подпунктов, три из которых относятся транспортным средствам, шесть – к дорожной инфраструктуре (дорожно-транспортной сети) и ее проектированию, 24 – к компетенции современной сферы организации дорожного движения (ОДД).

Однако последняя группа положений (относящаяся к ОДД) не имела (и не имеет) своих адресатов, поскольку нет сформированных структур, системно занимающихся вопросами дорожного транспорта, в том числе ОДД. Поэтому данная группа положения Концепции практически не была выполнена. В результате прогрессивная по сути Концепция не стала достаточным правовым обеспечением современного управления движением. **Закон** от 5 января 2008 г. № 313-З «**О дорожном движении**» (далее – Закон) связывает БДД только с «физической» ее составляющей (ДТП). *Ответственным разработчиком Закона 313-З и последующих дополнений к нему является Министерство внутренних дел (Государственная автомобильная инспекция – ГАИ).* В дальнейшем в Закон вносили изменения (ред. Законов Республики Беларусь от 08.05.2009 № 17-З, от 07.01.2011 № 240-З, от 04.01.2012 № 337-З, от 10.07.2012 № 426-З, от 12.07.2013 № 62-З, от 11.07.2014 № 176-З, от 13.07.2016 № 397-З). Действующий Закон «О дорожном движении» не содержит пояснений сущности дорожного движения, к какой системе (отрасли, подотрасли) оно относится, каковы его функции, цели, задачи, оценочные критерии качества, кто конкретно обеспечивает управление им и кто отвечает за качество. В статье 7 Закона указано, что государственное регулирование и управление в **области дорожного движения** осуществляются 8 структурами управления, а контроль обеспечивают МВД, ГАИ МВД, Минтранс; Минсельхозпрод; МЧС; иные госорганы. Таким образом, дорожное движение, не имеющее собственных структур управления, для которого системно не сформированы функции, задачи и оценочные критерии качества, управляется (не считая Президента и Совмина) более чем восемью непрофильными органами и структурами (у каждой из них есть своя профессиональная деятельность). В Законе не упоминается даже понятие «дорожный (автодорожный) транспорт», для которого дорожное движение является «технологическим процессом». При этом применяется понятие «область дорожного движения» (в Правилах дорожного движения «сфера дорожного движения»). Правила дорожного движения, утверждаемые **Главой** Государства, должны также четко согласовываться с Законом о дорожном движении и готовиться мультидисциплинарным коллективом авторов, а не только контрольным органом – ГАИ МВД.

При этом роль дорожного транспорта растет. В настоящее время управление дорожно-транспортной отраслью распределено между Министерством транспорта и коммуникаций, МВД, другими ведомствами, а также местными исполнительными и распорядительными органами власти. При достигнутом уровне автомобилизации указанное распределение функций не может обеспечить высокое качество создаваемых транспортных услуг. Из-за отсутствия системы управления дорожным транспортом ОДД также не имеет своей структуры управления. Поэтому сегодня функции такой структуры рассредоточены среди многих ведомств и организаций, которые не несут ответственности за уровень и качество дорожного движения, не имеют для этого ни материально-финансовых, ни научно-технических, ни кадровых возможностей. Для улучшения ситуации необходима системная структура управления дорожным транспортом, в одно из подразделений которой нужно передать функции по управлению дорожным движением от многих органов власти (МВД и т. п.). Наличие компетентного и ответственного головного ведомства с соответствующей структурой, осуществляющей руководство обеспечением БДД (во всех ее аспектах) на уровне страны (области, района, города) на современном этапе является важнейшим условием. При отсутствии такого головного ведомства, внимание которого было бы постоянно нацелено на достижение результата, положительные сдвиги, например, в сфере координации программ развития дорожно-транспортной отрасли будут незначительными и недолговечными. Планы действий по реализации разработанных концепций и программ, которые подготовлены без участия специализированного учреждения, отвечающего за их выполнение, а также без стабильного источника финансирования, скорее всего, останутся лишь на бумаге и не дадут положительных результатов. В настоящее время большую часть функций по управлению БДД реализует ГАИ МВД. Она занимается согласованием проектной документации (хотя не занимается ни строительством, ни проектированием), согласованием нормативной и учебной литературы (но не занимается ни учебной, ни научной деятельностью), выдачей водительских удостоверений (хотя не занимается подготовкой водителей, переподготовкой мастеров производственного обучения и пр.). Такой подход в нашей стране сложился со времен СССР,



когда был невысокий уровень автомобилизации и мультисистемный подход не был обязательным. Основными функциями и задачами ГАИ являются контроль за соблюдением законодательства, координация действий госорганов и иных организаций по устранению причин нарушений ПДД и (или) совершения ДТП, а также организация и осуществление мероприятий в области обеспечения безопасности дорожного движения (пункт 9, глава 2 «Основные задачи и функции ГАИ» Положения о Государственной автомобильной инспекции Министерства внутренних дел (утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 31.12.2002 № 1851 (в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь 04.04.2011 № 442, от 09.10.2012 № 918, от 18.10.2012 № 947, от 07.05.2015 № 382, от 19.09.2016 № 737, от 26.06.2020 № 377, от 27.01.2021 № 44)). Контроль за движением является одной из основных функций ГАИ. При этом из-за ненадлежащей идеологии управления дорожным движением практически игнорируются экономическая, экологическая и социальная угрозы, определенные Концепцией. А при оценке физической опасности (аварийности) учитываются в основном аварии с пострадавшими (за которые ГАИ отчитывается перед вышестоящими органами). Контроль за дорожным движением является односторонним и не всегда соответствует своему назначению (например, ГАИ не контролирует завышенные потери от остановок и перепробега транспортных средств, уровень воздействия транспорта на экологическую систему городов и сельских населенных пунктов, снижение скорости сообщения, особенно маршрутных пассажирских транспортных средств, появление заторов и пр.). Следует пересмотреть полномочия Министерства внутренних дел, Государственной автомобильной инспекции и иных госорганов в области дорожного движения и дорожного транспорта. Предлагается возложить на Министерство транспорта и коммуникаций роль головного ведомства и выполнение основных функций по организации дорожного движения и обеспечению его безопасности в нашей стране. Часть функций это ведомство решает уже на сегодня. Поэтому предлагается дополнительно передать Минтрансу следующие функции: установление порядка приема квалификационных экзаменов на право управления механическим транспортным средством (за исключением колесного трактора); утверждение формы бланка водительского удостоверения на право управления мопедом, мотоциклом, автомобилем, составом транспортных средств, трамваем, троллейбусом и талона к нему; выдача и обмен водительских удостоверений на право управления мопедом, мотоциклом, автомобилем, составом транспортных средств, трамваем, троллейбусом и выдачу талонов к ним; проведение государственной регистрации и государственного учета транспортных средств (за исключением колесных тракторов и прицепов к ним), если иное не установлено Советом Министров Республики Беларусь; проведение приема квалификационных экзаменов на право управления механическим транспортным средством (за исключением колесного трактора); установление порядка переоборудования транспортных средств; установление порядка формирования и изменения организации дорожного движения; анализ организации дорожного движения и принятие мер по ее совершенствованию; определение порядка учета дорожно-транспортных происшествий; проведение аудита безопасности дорожного движения и сертификация данных услуг (лицензирование аудиторов безопасности дорожного движения). С учетом реализации дополнительных функций в Минтрансе необходимо создать Департамент дорожного транспорта, в котором предусмотреть соответствующие управления и отделы, занимающиеся разными аспектами дорожного транспорта, дорожного движения и обеспечения его безопасности.

УДК 656.064+656.072/.073

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ЛОГИСТИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

*Д. В. КАПСКИЙ, С. В. БОГДАНОВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*С. В. СКИРКОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель;*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

План устойчивой городской мобильности содержит требования не только по обеспечению мобильности участников дорожного движения, но и по планированию городской логистики промышленных предприятий, бизнеса, повышения эффективности городской логистике на всей городской территории с учетом его топологии и пр. (разрабатывается отдельный интегрированный с

SUMP документ по разработке устойчивых и эффективных стратегических решений в условиях сложной организации распределения грузов из-за специфики взаимодействия между множеством участников-грузополучателей и отправителей с разными и часто противоречащими потребностями и целями, отсутствием достоверной и полной информации от грузоотправителей и транспортных компаний и пр. Городская логистика учитывает планирование землепользования и планы обслуживания и предоставления транспортных услуг крупных объектов (например, больниц, офисных зданий, заводов, предприятий и т. д., а также других центров тяготения грузопотоков в центральной части городов) [1, 2].

К наиболее актуальным вопросам городской логистики сейчас относятся инфраструктурные и пространственные ограничения, связанные со временем и местом доставки, повышенными затратами на электроэнергию, а также высокие выбросы CO<sub>2</sub>. Решение требует новых интеллектуальных (умных) технологий, таких как интеллектуальный контроль дорожного движения, модульные контейнеры, помогающие улучшить загрузку транспортных средств, и альтернативные виды транспорта. Разумный подход к городской логистике может внести значительный вклад в реализацию концепции устойчивого развития. Это позволит снизить нагрузку на дорожную инфраструктуру, улучшив качество окружающей среды и жизни в агломерациях. Главной тенденцией в устойчивой городской логистике является сотрудничество поставщиков, заказчиков и государственной администрации.

План устойчивой городской логистики предусматривает мероприятия по перераспределению перевозок грузов и пассажиров альтернативными видами транспорта. Например, в последнее время распространен развоз мелкопорционных грузов не автомобильным, а велосипедным транспортом. Небезопасные доставки тяжелыми грузовыми автомобилями в центральной части города могут представлять угрозу для незащищенных участников дорожного движения. В некоторых странах как альтернатива автомобильному применяется также для городских перевозок водный и рельсовый транспорт. Отдельно в таких планах предусматриваются решения по выделению вело-пешеходных пространств, принудительному снижению скорости, ограничению доступа, изменению условий оплаты парковки и т. д.

Повышение эффективности транспортной системы напрямую связано с тем, что городские поставки грузов часто задерживаются из-за перегруженности дорог, плохих условий погрузки/разгрузки (например, возле магазинов, расположенных вблизи улиц с отсутствием места для остановки/стоянки), что увеличивает прямые и косвенные затраты городского транспорта, вызывает дальнейшие заторы и негативные экологические последствия. Также плохо спланированная городская логистика может вызвать более длительные задержки в дорожном движении, например, если подходящих мест для погрузки/разгрузки вне проезжей части нет.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) являются действенным инструментом для грузовой и пассажирской городской логистики. Они также повышают комфорт и безопасность дорожного движения, качество обслуживания, позволяют оптимизировать режимы управления движением в зависимости от транспортной нагрузки и маршруты движения в зависимости от динамически изменяемой в реальном времени дорожной ситуации и пр., способствуют выбору рациональных экологических режимов движения транспортных средств, сбору информации о поездках (корреспонденциях), помогают усовершенствовать систему взимания оплаты в контексте ограничения доступа в центральную (серединную) часть города, управления парковкой и многие другие. Это позволяет лучше использовать существующую дорожную сеть и способствует более широкому использованию коллективных и альтернативных видов транспорта (схемы совместного использования велосипедов, каршеринг, совместное использование автомобилей и пр.), эффективному использованию личных транспортных средств и их интеграции в мультимодальные перевозки, повышает привлекательность маршрутного пассажирского транспорта за счет оптимизированного (приоритетного) управления движением.

Необходимо отметить, что мультимодальные информационные системы билечивания (которые собирают данные о бронировании билета, об оплате билетов на всем протяжении маршрута или за определенный маршрут движения с учетом пересадочности) вносят значительный вклад в продвижение более устойчивых (мультимодальных) средств мобильности, способствуют развитию высококачественных информационных услуг для пассажиров. ИТС имеют подсистемы, которые позволяют бронировать погрузочные площадки для погрузочно-разгрузочных работ в центральной части города.

Городская логистика предусматривает решения, связанные с обновлением подвижного состава

(например, закупка электрического транспорта и т. п.) и переходом на альтернативные виды топлива, развитие инфраструктуры электрических зарядных станций для достижения цели «нулевого выброса», в т. ч. и для логистики городских грузовых перевозок в крупных городах.

Важно отметить, что подключение к поставкам на «последней миле» требует инновационных, интеллектуальных и мобильных систем для перевалки грузов. Хорошим примером могут служить ночные доставки, когда сбор происходит только утром, до открытия магазина. Для получателей это означает существенное повышение удобства доставки, когда транспортная загрузка, особенно в срединной и центральной части городов, очень низкая. Применение новых решений в этой области требует разработки гибких и модульных систем для передачи посылок (Pick-up and Drop-off) как индивидуальными потребителями, так и промышленными и торговыми компаниями. Один из элементов интеллектуального города – электромобили. Но одним из самых серьезных препятствий является высокая стоимость модернизации парка. Реализация «зеленой» городской логистики требует новых бизнес-моделей. Это могут быть более низкие местные налоги, а также возможность заходить в зоны с ограниченным грузопотоком. Внедрение электромобилей также поможет снизить уровень шума в районах, куда доставляются грузы. Однако шум создают не только звуки двигателей. Его интенсивность – последствия погрузочно-разгрузочных операций на пандусах. Шум, возникающий при закрытии двери автомобиля достигает 70 дБ, а звук движущихся контейнеров достигает почти 80 дБ. В этой области необходимо обучать рабочих и, прежде всего, внедрять современные технологии, обеспечивающие бесшумную доставку.

#### Список литературы

- 1 Commission staff working document [Electronic resource]. – Mode of access : [<https://ec.europa.eu/transport/sites/default/files/themes/urban/doc/ump/swd%282013%29524-communication.pdf>]. – Date of access : 22.08.2022.
- 2 Sustainable Urban Logistics Planning, Sulp [Electronic resource]. – Mode of access : [https://www.eltis.org/sites/default/files/sustainable\\_urban\\_logistics\\_planning.pdf](https://www.eltis.org/sites/default/files/sustainable_urban_logistics_planning.pdf) . – Date of access : 22.08.2022.
- 3 Врубель, Ю. А. Опасности в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2013. – 244 с.
- 4 Врубель, Ю. А. Определение потерь в дорожном движении / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский, Е. Н. Кот. – Минск : РИО БНТУ, 2006 – 252 с.
- 5 Капский, Д. В. Метод конфликтных зон прогнозирование дорожно-транспортной аварийности по потенциальной опасности / Д. В. Капский. – М. : Новое знание, 2015. – 372 с.
- 6 Капский, Д. В. Методология повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2018. – 372 с.

УДК 656.064

### К ВОПРОСУ ОБОСНОВАННОГО ВЫБОРА МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*О. П. КИЗЛЯК, Г. И. НИКИФОРОВА, Т. Г. СЕРГЕЕВА*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

Современные реалии таковы, что, начиная с пандемийного 2020 года, устоявшиеся логистические цепи претерпевают изменения. Однако кризисный 2022 год отразился еще острее на мировом товародвижении и транспортной сфере. Санкционная политика ряда стран серьезно повлияла на отечественный авиационный транспорт, в меньшей степени затронув железнодорожный и морской [1–3]. Не стоит забывать, что при этом неудобства терпят все стороны, в конечном итоге рынок реагирует повышением цены на товары, в том числе из-за повышения транспортной составляющей в их цене. Роль и значение Российской Федерации в мировой системе транспорта и торговли сложно переоценить, это отражено в работах многих ученых [4–7]. Интерес вызывает реакция бизнеса на эти процессы. Так, операторские и логистические компании оптимизируют свои бизнес-процессы, меняют логистику грузопотоков, подстраиваясь под современные условия [8–11]. Однако и на государственном уровне принимаются своевременные решения для нивелирования негативных последствий. Традиционно решение проблем поставок должно основываться на базовых логистиче-

ских принципах, логистическом аутсорсинге, методах системы управления качеством [12–14]. Адаптивность логистических систем отражается в перенаправлении грузопотоков по широтному и меридиональному транспортным коридорам, проходящих по территории Российской Федерации. Эти коридоры составляют конкуренцию Южному морскому пути, который обладает рядом существенных недостатков, и продвижение отечественных грузопотоков по нему крайне затруднено. Требование к надежности функционирования логистических систем также вынуждает взаимодействовать с государствами-партнерами, не участвующими в санкционной политике [1, 15]. Анализ международного транспортного коридора позволяет выявить ряд проблем, часть из которых возможно решить с помощью выбора оптимальной ветви маршрута.

**Материалы и методы.** Выбор логистического маршрута доставки груза, очевидно, связан с логистическими принципами доставки груза, к которым можно отнести системный подход, учет рыночных потребностей, принцип адаптивности/гибкости логистических систем, принцип доставки товара потребителю с выполнением семи условий и прочие. В современных условиях, когда множество грузопотоков меняют направленность, санкционная политика «ломает» устоявшиеся логистические цепочки, особенно актуальной представляется задача проектирования цепей поставок с учетом меняющихся факторов. Если обратиться к истории XX века, то видно, что развитию логистики способствовали кризисные точки развития мировой торговли и экономики. Это объясняется тем, что к поиску эффективных и оптимальных решений бизнес подталкивали рост издержек и стремление сэкономить, сохранив и расширив при этом круг своих потребителей. На сегодняшний день полезно проводить исторические аналогии с ключевыми периодами прошлого столетия из-за схожей политической и экономической ситуации. Выделяют несколько фаз развития логистики. В 60-х годах прошлого века на первое место вышло так называемое физическое распределение. Этот этап характеризуется возникновением устойчивых связей между транспортом и складами, цель их функционирования становится общей, направленной на единый экономический результат. Это достигается применением стандартизированной тары, учетом характеристик груза при выборе вида транспорта. Склады при этом перерабатывают грузопотоки, ранее их функционал ограничивался погрузкой, разгрузкой, хранением. Энергетический кризис 1970-х годов ударил по странам Европы и США, цены на нефть выросли в 4 раза, увеличились логистические издержки до 70 % в конечной цене товара, как показывает ряд исследований. Постепенно бизнес пришел к пониманию эффективности внедрения логистических принципов для соединения этапов продвижения товаров в единую систему. 1980-е годы характеризуются добавлением к системам складов и транспорта инструмента планирования производства. Период с 1980-х до 1990-х годов считается временем расцвета логистики. Выстраиваются логистические цепи от момента закупки сырья, через производство товаров и распределения, до момента продажи. Этому способствуют появление персональных компьютеров, глобализация рынка и внедрение системы управления качеством. Конечно, в западном мире росту логистики способствовали политические и экономические договоренности о свободном перемещении грузов между странами Европы и Северной Америки. Политика выходит на первый план и в сегодняшней ситуации. Обратившись к базовым логистическим принципам, применяя успешно зарекомендовавшие себя принципы «бережливого производства», отечественная транспортная отрасль может увеличить прибыль и сократить издержки, расширить географию перевозок. В любом случае транзитный потенциал Российской Федерации будет задействован. Относительно легче санкции переносят сухопутный и водный виды транспорта. В отношении авиатранспорта ограничения также временны, поскольку носят двусторонний характер, и здесь, скорее, больший ущерб несут западные компании, вынужденные совершать авиаперелеты по обходным маршрутам с высокими затратами. Однако в данном исследовании будут оцениваться только сухопутные маршруты с использованием одного или нескольких видов транспорта.

Карта на рисунке 1 показывает, насколько велик транзитный потенциал России. По данным Eurasian Rail Alliance Index, на конец 2020 года по территории РФ в направлении восток-запад проходят Евразийский и северный маршруты, в направлении север-юг – одноименный меридиональный маршрут. На сегодняшний день «РЖД Логистика» предлагает перевозки по международным транспортным коридорам (далее – МТК) «Восток – Запад» и «Север – Юг». В сравнении с Северным и Южным морскими маршрутами (рисунок 2) «РЖД Логистика» предлагает ускоренные регулярные контейнерные перевозки со сроком доставки груза в Китай до 14 суток. Для сравнения перевозки по

южному морскому пути протяженностью около 21 тыс. км займут 48 дней, по северному морскому пути протяженностью 14 тыс. км – 35 дней.

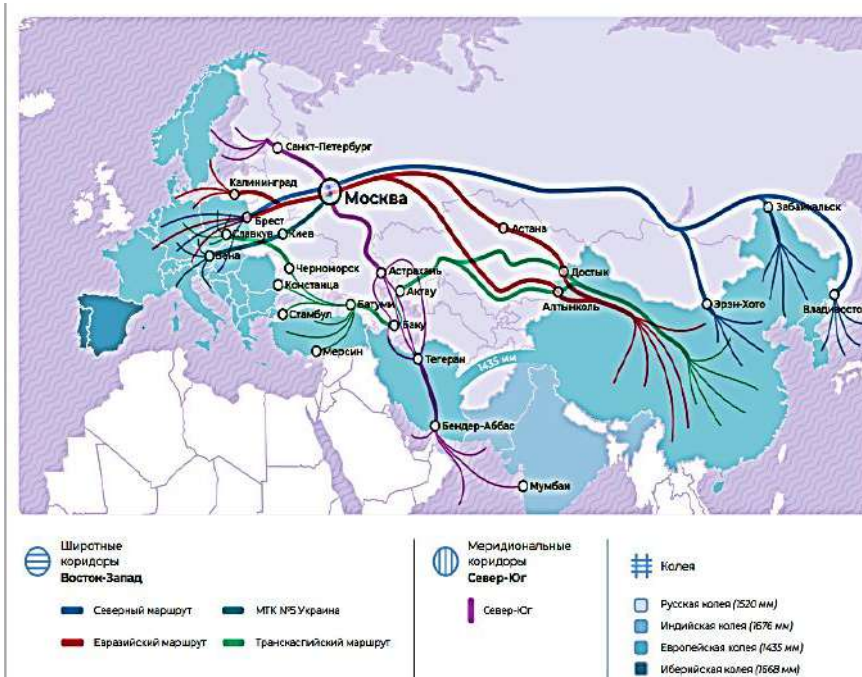


Рисунок 1 – Основные международные транспортные коридоры Евразии

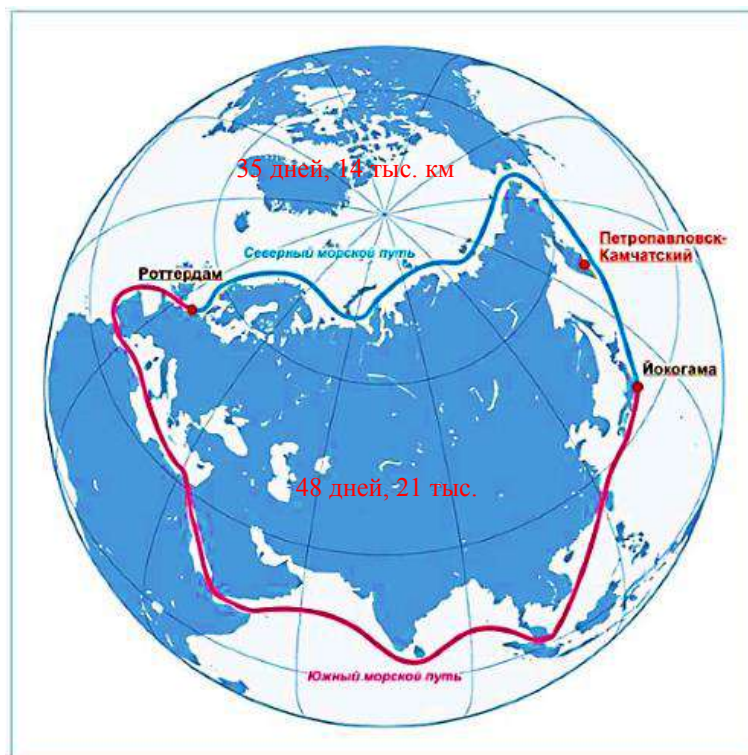


Рисунок 2 – Южный и Северный морские пути

Рассмотрим МТК «Север – Юг» и Южный морской путь, ограниченный санкционной политикой в отношении Российской Федерации. Россией, Ираном и Индией в 2000 году было принято решение о создании МТК. Данный маршрут планировался для продвижения грузопотоков между вышеуказанными государствами с выходом на другие страны Персидского залива и Южной Азии. По данным ресурса logibus.ru, планировалось, что объем грузопотока составит 20–25 млн т, однако

пока он составляет порядка 5 млн т (по данным Евразийского банка развития). МТК «Север – Юг» составляет серьезную конкуренцию южному морскому пути, который помимо большей протяженности имеет «узкое» место – Суэцкий канал. Протяженность маршрута МТК от Санкт-Петербурга (который также является транспортным узлом для перевалки грузопотока далее в Европу) до Бендер-Аббаса (крупнейшего порта на юге Ирана) составляет порядка 7 тыс. км. Несмотря на очевидные преимущества МТК «Север – Юг», существует ряд проблем, существование которых препятствует росту грузопотока:

- 1) отсутствие мультимодального оператора и единой сквозной тарифной ставки;
- 2) отсутствие договоренностей о единых гармонизированных нормах по документообороту для пограничного и таможенного контроля и, как следствие, повышение соответствующей группы затрат и длительности оформления перевозки. Эта проблема относится не только к коридору «Север – Юг», и имеет в большей степени комплексный характер;
- 3) недостаточное развитие и обеспечение логистического маршрута на отдельных участках (Волго-Каспийский канал, Транскаспийский участок). Морские маршруты Россия – Иран и Иран – Индия не обладают достаточным количеством судов;
- 4) отсутствие железнодорожного сообщения с рядом иранских портов и общая «слабость» железнодорожного сообщения в Иране, смена колеи 1520 мм на 1435 мм;
- 5) острый дефицит контейнерного парка для роста и развития контейнерных перевозок в России в целом и по анализируемому МТК в частности;
- 6) отсутствие терминалов для переработки грузопотока на отдельных участках МТК.

В центральной части МТК разделяется на четыре маршрута: Транскаспийский (морской), западный (Азербайджан), восточный (Туркменистан, Казахстан) и автомобильный (Грузия, Армения). Уже сейчас доставки грузов по восточной ветке осуществляются за 15–18 дней. А решение проблемы железнодорожного обеспечения на участке Астара – Решт в Иране дополнительно сократит срок доставки для выбора ветви маршрута на центральном участке МТК «Север – Юг».

#### Список литературы

- 1 **Pokrovskaya, O. D.** Logistic Transport Systems of Russia in New Sanction Conditions / O. D. Pokrovskaya // *Bulletin of scientific research results*. – 2022. – Is. 1. – P. 80–94. (In Russian). – DOI : 10.20295/2223-9987-2022-1-80-94.
- 2 **Fedorenko, R. V.** Features of bonded zones / R. V. Fedorenko, O. D. Pokrovskaya, T. Czegledy // *Lecture Notes in Civil Engineering*. – 2022. – Vol. 210. – P. 229–235. – DOI : 10.1007/978-3-030-90843-0\_25.
- 3 **Fedorenko, R. V.** Preconditions for the development of bonded logistics / R. Fedorenko, O. Pokrovskaya // *Transportation Research Procedia* : 12th International Conference on Transport Infrastructure: Territory Development and Sustainability, TITDS 2021. – 2022. – P. 294–300. – DOI : 10.1016/j.trpro.2022.01.049.
- 4 **Lazarev, V.** Aspects of providing ecological efficiency of the Northern Sea Route container transport system / V. Lazarev // *Вестник государственного университета и речного флота им. адм. О. Макарова*. – 2022. – С. 374–384. – DOI : 10.21821/2309-5180-2022-14-3-374-384.
- 5 Роль гуманитарной и социально-экономической составляющих регионов Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока в модернизации инфраструктуры Восточного полигона / В. Л. Белозеров [и др.] // *Социально-экономический и гуманитарный журнал*. – 2022. – № 1 (23). – С. 34–43. – DOI : 10.36718/2500-1825-2022-1-34-43.
- 6 **Куренков, П. В.** Роль и значение транспортного комплекса России в системе мировых коммуникаций / П. В. Куренков, С. Б. Лёвин // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. – 2022. – № 1. – С. 4–9. – DOI : 10.36535/0236-1914-2022-01-1.
- 7 Influence of innovative elements of railway infrastructure complex on the technology of the transport process. / S. P. Vakulenko [et al.] // *Transportation Research Procedia*. 14th International Scientific Conference on Sustainable, Modern and Safe Transport, TRANSCOM 2021. – 2021. – P. 342–347. – DOI : 10.1016/j.trpro.2021.06.040.
- 8 **Sergeeva, T. G.** Modern Management Methods for Privy Railcars / T. Sergeeva // *Bulletin of scientific research results*, 2022. – Is. 1. – P. 95–102. – DOI : 10.20295/2223-9987-2022-1-95-102.
- 9 **Sergeeva, T.** Private wagon fleet management in a digitised industry / T. Sergeeva // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2022. – Vol. 402. – P. 361–370. – DOI : 10.1007/978-3-030-96380-4\_40.
- 10 Аутсорсинг и реформирование железнодорожного транспорта / В. Л. Белозеров [и др.] // *Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник*. – 2021. – № 11. – С. 3–7. – DOI : 10.36535/0236-1914-2021-11-1.
- 11 **Nikiforova, G. I.** Study of the car fleet operation of operating companies / G. I. Nikiforova // *Proceedings of Petersburg Transport University*. – 2020. – Vol. 17, is. 3. – P. 282–287. (In Russian). – DOI : 10.20295/1815-588X-2020-3-282-287.
- 12 **Sergeeva, T. G.** Practicability of Outsourcing Application at Transportation of Oil Products / T. G. Sergeeva // *Proceedings of Petersburg Transport University*. – 2022. – Vol. 19, is. 1. – P. 49–55. (In Russian). – DOI : 10.20295/1815-588X-2022-1-49-55.
- 13 **Sergeeva, T.** Methodology for assessing the effectiveness of outsourcing for oil products' transportation by rail / T. Sergeeva // *Lecture Notes in Networks and Systems*. – 2022. – Vol. 402. – P. 844–852. – DOI : 10.1007/978-3-030-96380-4\_92.

14 Сергеева, Т. Г. Процесс принятия решения о передаче работ и услуг на аутсорсинг / Т. Г. Сергеева, В. А. Самарин, И. Р. Химач // Техник транспорта: образование и практика. – 2022. – Т. 3, № 2. – С. 196–201. – DOI : 10.46684/2687-1033.2022.3.196-201.

15 Transport and Logistics System of Turkmenistan / O. D. Pokrovskaya [et al.] // Proceedings of Petersburg Transport University. – 2022. – Vol. 19, is. 2. – P. 305–318 (In Russian). – DOI : 10.20295/1815-588X-2022-2-305-318.

УДК 51-7:656.2

## ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

*Е. В. КОПЫЛОВА*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

В настоящее время качество транспортного обеспечения в большинстве случаев является сдерживающим фактором развития городских агломераций, особенно образованных городами-миллионерами, так как мегаполисы не имеют рациональных транспортно-логистических схем, способных обеспечить необходимый уровень пассажирских перевозок. По данным международных консалтинговых агентств большинство российских агломераций отстает в 7–10 раз по популярности железнодорожного транспорта от сопоставимых зарубежных агломераций.

Уровень развития транспортной системы сказывается практически на всех сферах жизнедеятельности общества: экономической, социальной политической, демографической, экологической и т. д., поэтому разграничить выполняемые этой системой экономические и социальные функции можно только условно. Важная государственная задача в области развития и совершенствования пассажирских перевозок состоит в создании условий для повышения мобильности и территориальной подвижности населения (интенсивности перемещений, не связанных со сменой места жительства). Регулярные миграции населения к местам приложения труда, учебы и отдыха приводят к формированию городских агломераций и определяют направления их развития, в том числе развития транспортного комплекса. На формирование транспортной системы городской агломерации влияет ряд внешних и внутренних по отношению к транспортному комплексу факторов. Внешние факторы не поддаются влиянию со стороны транспортной системы или их взаимное влияние достаточно косвенно (экономическая ситуация, политическая обстановка, климатические условия, социально-демографическое развитие и т. д.) К внутренним факторам можно отнести элементы транспортного комплекса и их характеристики [1, 2].

По прогнозам, заложенным в программы развития различных сфер экономики Российской Федерации, можно сделать вывод о том, что если не предпринимать никаких мер, то к 2030 г. средняя скорость движения по автодорогам в агломерациях страны снизится в 2,5 раза, то есть до 7 км/ч. Для решения транспортных проблем при развитии городских агломераций прорабатываются проекты создания магистрального рельсового каркаса с вовлечением пригородного железнодорожного транспорта (проект «Городская электричка»).

Конечным пользователем услуг пассажирского транспорта является пассажир, который даже при регулярных поездках в пределах агломерации совершает от одной до трех и более пересадок. Для снижения транспортной усталости время в пути, включая продолжительность пересадок, должно быть минимальным. Минимально целесообразной продолжительностью поездки можно считать такую продолжительность, которая устраивает пассажира, определяя его выбор в пользу поездки по данной логистической цепочке, и может быть обеспечена при существующем уровне развития транспортной системы. Для достижения такой продолжительности необходимо обеспечить ритмичность работы транспорта. В Московской агломерации в настоящее время наблюдается высокая частота прибытия-отправления транспортных средств, что изначально обеспечивает согласованность и ритмичность работы различных видов транспорта при обслуживании пассажиров. Следовательно, повышается качество транспортного обслуживания населения, снижается транспортная усталость и в то же время обеспечивается эффективность работы транспортных средств, однако в ряде случаев при залповых пассажиропотоках возникает повышенная нагрузка на инфраструктуру. Транспортные комплексы других городских агломераций Российской Федерации отстают от Московской и Санкт-Петербургской по частоте и согласованности следования транспортных средств различных видов транспорта даже в пиковые часы.

При реализации концепции клиентоориентированности на рынке услуг в отношении пассажиров необходимо учитывать структуру пассажиропотока и требования, предъявляемые каждым целевым сегментом к параметрам поездки. Одним из основных признаков сформировавшейся городской агломерации является наличие устойчивых массовых пассажиропотоков, которые обусловлены ежедневными миграциями населения к местам приложения труда, учебы и отдыха. В этой связи вопрос изучения пассажиропотоков является определяющим в поиске путей формирования устойчивой транспортной системы, способствующей развитию городской агломерации.

Поскольку городские агломерации характеризуются полуторачасовой транспортной доступностью между городом-ядром и городом-спутником, то можно сказать, что для пассажиропотоков агломерации свойственны те же характеристики, что и для пригородных пассажиропотоков. Зарождение пассажиропотока на станциях отправления также происходит неравномерно, в том числе внутри каждого пикового и непикового периода. Еще несколько десятилетий назад можно было в целом считать появление пассажиров на станции равномерным. Любой пассажир готовился к поездке, руководствуясь действующим нормативным расписанием, которое могло оперативно корректироваться в зависимости от технологических особенностей работы железнодорожного транспорта в определенный текущий момент времени. Сейчас же расписание пригородных поездов соблюдается с высокой степенью точности. Кроме того, пассажиры с помощью сети Интернет и мобильных приложений могут в режиме реального времени следить за расписанием движения поездов, его возможными изменениями и более точно планировать свою поездку. С учетом современного ритма жизни, когда человек старается сократить расходы времени на перемещения, формирование пассажиропотока по отправлению не происходит равномерно. Также на процесс формирования пассажиропотоков на станции отправления накладывает влияние нормативное и фактическое расписание подвозящих видов транспорта. Необходимо учитывать и логику возможного поведения человека: сразу ли он пойдет на платформу отправления или воспользуется услугами, предоставляемыми на вокзальном комплексе, будет спешить на ближайший пригородный поезд или задержится на территории вокзального комплекса и поедет следующим поездом [3].

Исторически пригородные пассажиропотоки рассматривались достаточно укрупненно и только до прибытия на головную станцию пригородного участка. В современных условиях с позиции формирования транспортной системы городской агломерации к анализу пассажиропотоков стоит подходить более детально. В моноцентрических агломерациях пассажиропоток по мере приближения к городу-ядру, как правило, увеличивается. Это увеличение происходит нелинейно. Характер распределения пассажиропотока зависит от расположения городов-спутников и других населенных пунктов, генерирующих массовые пассажиропотоки относительно пригородного участка. Таким образом, пригородный пассажиропоток на каждом направлении в городской агломерации формируется из локальных пассажиропотоков отдельных населенных пунктов, а по прибытии на головную станцию перераспределяется, смешиваясь с пассажиропотоками, поступающими с других направлений и пассажиропотоками непосредственно города-ядра.

По мере приближения к городу-ядру густота пассажиропотока увеличивается. Соответственно увеличиваются количество и частота движения транспортных средств и, казалось бы, должна увеличиваться их вместимость. Однако по прибытии на головную станцию пассажиропотоки из пригородных переходят в разряд городских со свойственными им характеристиками сравнительно небольших расстояний перемещения, многообразием маршрутов перемещения и т. д. Несмотря на то что в городе-ядре пассажиропоток в несколько раз превосходит пассажиропоток пригородного направления, в городе используются в основном меньшие по вместимости транспортные средства, поскольку количество направлений и маршрутов перемещения пассажиров несравнимо велико.

Перераспределение пассажиропотоков в городских агломерациях между направлениями движения и транспортными средствами различных видов транспорта происходит с совершением пересадок, что увеличивает общие затраты времени на перемещение. Пересадки при совершении поездки продолжают создавать различные неудобства для пассажиров, в том числе и тем, что увеличивают общее время, затрачиваемое на перемещение. В городских агломерациях основная доля пассажиров совершает минимум одну-две пересадки при поездке в одну сторону. Поэтому время, закладываемое на пересадку, не должно быть слишком продолжительным, но при этом должно, с одной стороны, позволить безопасно и спокойно перейти из одного транспортного средства в другое и, с другой стороны, иметь резерв на случай сбоя в движении для восстановления расписания. Чем меньше



времени пассажир перемещается в транспортном средстве, тем меньше должно быть время ожидания в пункте пересадки, и напротив, при более продолжительной поездке более длительная пересадка вполне допустима. Рациональная продолжительность пересадки с точки зрения клиентоориентированности и с учетом технико-технологических возможностей является важным параметром при формировании транспортной системы городской агломерации. При определении продолжительности пересадки необходимо учитывать также ряд параметров: развитость коммуникационных путей инфраструктуры транспортно-пересадочного узла, плотность расписания движения транспортных средств на маршруте (возможность пересадки в следующее транспортное средство), характеристики пассажиропотока, совершающего пересадку, и т. д.

Таким образом, пространственную неравномерность пассажиропотока городской агломерации определяют количество городов-ядер (моноцентрическая или полицентрическая агломерация), количество городов-спутников и их расположение относительно транспортной инфраструктуры, параметры инфраструктурных объектов и количество подходов к городу-ядру, расположение объектов притяжения, порождающих и погашающих массовые пассажиропотоки.

Другой особенностью пригородных пассажиропотоков, на которой должно базироваться формирование транспортной системы городской агломерации, является их временная неравномерность по сезону года, дням недели, времени суток. Эта неравномерность связана с целью поездок пассажиров. Если говорить о сезонной неравномерности, то, например, в летний период из-за поездок на дачу возрастает пассажиропоток в выходные дни, а в будние дни пассажиропоток снижается, что связано с отсутствием такого сегмента пассажиропотока, как студенты и школьники, и с сокращением доли пассажиров, совершающих поездки на работу, а также в период отпусков.

Временную неравномерность пассажиропотока определяет в основном цель поездки пассажира и соответствующий ей необходимый период совершения поездки. Поездки к местам работы и учебы достаточно жестко привязаны ко времени работы предприятий и учебных заведений. Такие поездки формируют основной устойчивый пассажиропоток. Поездки, не привязанные жестко к определенному времени, также формируют значительный, но плавающий пассажиропоток.

Кроме того, в современных условиях необходимо рассматривать не только неравномерность пассажиропотока, но и его неоднородность, которая заключается в том, что пассажиропоток, следующий по одному маршруту, состоит из различных сегментов. Укрупненные сегменты пассажиропотока могут быть дифференцированы по платежеспособности и соответствующим требованиям к параметрам поездки, включая время ее совершения, комфорт и набор услуг в пути следования.

Таким образом, при формировании транспортной системы городских агломераций необходимо учитывать следующие особенности.

1 Пассажиропотоки городской агломерации неравномерны в пространстве и времени со своими признаками как пригородных, так и городских пассажиропотоков.

2 Пассажиропотоки городских агломераций неоднородны по своей структуре и должны рассматриваться в разрезе составляющих их сегментов, при этом потребности одних сегментов могут быть учтены при составлении расписания движения, а других – при выборе классов обслуживания.

3 При совершении внутриагломерационных поездок основная часть пассажиров пользуется не одним видом транспорта и совершает порядка 1–3 пересадок.

4 Значительная часть поездок пассажиров в городских агломерациях жестко привязана ко времени, что обусловлено целью поездки.

Сложность изучения пассажиропотоков и маршрутов их перемещения заключается в том, что пассажиропотоки формируются на существующих маршрутах. Потенциальные пассажиры самостоятельно оценивают возможности различных видов транспорта, существующие маршруты, стоимость проезда, расписание движения, комфорт и другие параметры предстоящей поездки, сопоставляют их со своими потребностями и выбирают способ перемещения. Особого внимания при формировании транспортной системы требуют безальтернативные маршруты, то есть те, где у пассажира отсутствует выбор (есть только один способ совершения поездки). Неудовлетворительное транспортное обслуживание на таких маршрутах может привести к полному отказу от поездок, смене места жительства и серьезным социально-экономическим изменениям в населенном пункте.

Итак, на формирование пассажиропотоков и распределение их между маршрутами следования и видами транспорта оказывают влияние как факторы, которые исходят от самого пассажира, так и не зависящие от него или частично зависящие. Чем больше параметров предполагаемой поездки соот-

ветствует ожиданиям пассажира, тем более вероятен выбор данного способа поездки по рассматриваемому маршруту.

#### Список литературы

1 **Копылова, Е. В.** Значение транспорта для развития городских агломераций / Е. В. Копылова // Устойчивое развитие территорий : сб. докл. II междунар. науч.-практ. конф. – М. : Нац. исследовательский Московский гос. строит. ун-т, 2019. – С. 199–201.

2 **Копылова, Е. В.** Оценка целесообразности формирования логистических систем обслуживания пассажиров / Е. В. Копылова, С. П. Вакуленко, А. Ю. Белякин // Мир транспорта. – 2015. – № 2. – С. 122–128.

3 **Копылова, Е. В.** Формирование принципов клиентоориентированного транспортного обслуживания пассажиров в пригородном сообщении / Е. В. Копылова // Современные проблемы развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом : материалы Междунар. науч.-практ. конф. МГУПС (МИИТ). – М. : ВИНТИ, 2015. – С. 76–77.

УДК 621.3.017

## «УМНАЯ» ОПОРА ОСВЕЩЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЛАТФОРМ

*Л. С. ЛАБУНСКИЙ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года предусматривает повышение эффективности функционирования железнодорожного транспорта. От состояния и качества работы железнодорожного транспорта зависят не только перспективы социально-экономического развития, но и возможности государства эффективно выполнять такие важнейшие функции, как защита национального суверенитета и безопасности страны, обеспечение потребности граждан в перевозках, создание условий для выравнивания социально-экономического развития регионов [1].

Повышение безопасности пассажирских перевозок и качества обслуживания пассажиров имеет первостепенное значение для конкурентоспособности железнодорожного транспорта в сравнении с другими видами общественного транспорта, например, автомобильного.

Появление скоростных поездов пригородного и междугороднего сообщений позволило существенно сократить время в пути следования и привлечь дополнительное число пассажиров. Однако безопасность пассажирских перевозок и качество обслуживания на пассажирских станциях и остановочных платформах пригородного сообщения можно существенно повысить применением инновационных технологий. Для этого можно объединить устройства наружного освещения пассажирских платформ, информационные ресурсы ОАО «РЖД» и экстренных служб. В качестве такого инновационного устройства предлагается «умная» опора освещения.

Различные виды «умных» опор как составные части проекта «Умный город» в последнее время достаточно распространены, например техническое решение: «Умная опора на базе интеллектуальной системы управления КУЛОН» [2].

Однако для повышения безопасности пассажирских перевозок и качества обслуживания пассажиров на пассажирских станциях и остановочных платформах пригородного сообщения требуются дополнительные наборы функций.

Проект «умной» опоры для пассажирских платформ разработан в Самарском государственном университете путей сообщения и представляет собой комплекс устройств, собранный на одной опоре наружного освещения.

Для «умной» опоры использованы современные дизайнерские и технические решения, которые вписывают конструкцию в архитектурный облик станции и предлагают для пассажиров удобные дополнительные услуги.

Отличительной особенностью предлагаемой «умной» опоры является система умного освещения, которая может регулировать яркость светильников, установленных на опоре, в зависимости от времени года, погодных условий, графика движения пассажирских поездов и наличия людей в освещаемой зоне. Для повышения безопасности пассажиров дополнительно к основному освещению формируется цветное предупреждение в виде предупредительной красной линии ограждения приближения к краю платформы.

Для информационного сопровождения, а также экстренного оповещения пассажиров при чрезвычайных ситуациях устанавливается монитор с акустическими излучателями.

Поскольку пассажиропоток сильно зависит от времени суток и сезона и может возникнуть ситуация, когда на платформе окажется минимальное число людей (в худшем случае – один человек), на «умной» опоре установлены «кнопка экстренного вызова» и камера видеофиксации, что позволит быстро оповестить экстренные службы о различных происшествиях, в том числе криминального характера.

Для установки на пассажирских платформах Куйбышевской железной дороги разработан проект «умной» опоры в следующем исполнении:

- основное электроснабжение АС 220 В, 1000 Вт;
- резервный источник питания (солнечная панель) мощностью 300 Вт с контроллером МРРТ, АКБ 100 А·ч и инвертор с автоматическим включением резерва;
- основные светодиодные светильники – 2 шт. по 40 Вт;
- светильники «предупредительная “красная” линия ограждения платформы» – 2 шт. по 30 Вт;
- датчик освещенности, датчики объёма и движения;
- камера видеофиксации и бесконтактный измеритель температуры тела;
- два информационных видеомонитора (отображение запроса, расписания движения поездов, часы, температура тела, прогноз погоды, правила безопасности, социальная реклама, интересные исторические факты), микрофон с устройством распознавания речи, звуковая колонка (предупреждение о приближении поезда) 50 Вт;
- кнопка экстренного вызова.

Установка «умных» опор предусмотрена в районе перронных выходов с пассажирских платформ, где пассажиропоток максимален.

#### Список литературы

1 О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года : распоряжение Правительства РФ от 17.06.2008 № № 877-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/>. – Дата доступа : 15.09.2022.

2 Умная опора на базе интеллектуальной системы управления КУЛОН [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://kulon.su/upload/iblock/>. – Дата доступа : 15.09.2022.

УДК 656.13

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТНЫМИ ТАКСИ

*А. А. ЛЕВЧУК, В. Н. ШУТЬ*

*Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь*

Одной из важнейших проблем пассажирских перевозок на сегодняшний день является низкий уровень их организации. Это связано с неупорядоченным планированием маршрутов движения пассажирских автотранспортных средств. В связи с повышением уровня автомобилизации и увеличением подвижности населения на фоне недостаточных темпов развития дорожной сети остро стоит проблема оптимизации пассажирских перевозок, направленная на их динамическую адаптацию к постоянно меняющимся условиям.

Примером такого общественного транспорта может служить маршрутное такси – микроавтобусы, осуществляющие перевозку пассажиров и багажа по установленным маршрутам и не полностью интегрированные в регулярную систему общественного транспорта. Маршрутное такси – немunicipальный вид общественного транспорта, который может иметь одного оператора, обслуживающего сразу несколько маршрутов. Отличительной чертой маршрутного такси является возможность как дублировать муниципальные (регулярные) маршруты, так и иметь собственные тарифы.

Главные недостатки маршрутного транспорта связаны со значительными эксплуатационными затратами, небольшой вместимостью транспортных средств, загрязнением окружающей среды, высоким уровнем шума, непостоянным графиком работы. Но благодаря преимуществам маршрутного транспорта перед другими видами и несмотря на присущие ему недостатки, оно получило значительное распространение.

В данный момент организации транспорта городов Беларуси не имеют достоверной информации о перевозимых пассажирах по часам суток. Это вызывает определенные трудности в планировании графика движения, так как неизвестно, сколько может понадобиться маршруток на перевозку.

Одно из возможных решений – создать систему, позволяющую пользователям (пассажирам) регистрировать в системе заявки на проезд маршрутным транспортом. Это поможет рассчитывать загруженность маршрута на ближайшее время и, как следствие, корректировать количество транспортных средств на конкретном маршруте.

Основной задачей данного проекта является реализация системы оптимальной перевозки пассажиров маршрутными такси города.

Обусловливается эта задача тем, что на текущем этапе развития системы городского общественного транспорта существует такая проблема, как движение маршрутных такси по маршрутам, на которых число реальных пассажиров значительно ниже, чем количество мест, доступное в транспортном средстве. Потенциальные клиенты не имеют возможности получить нужную им информацию об актуальном графике движения маршрутного такси и предпочитают другие виды транспорта. Это приводит к необоснованным тратам на топливо и потере выручки для операторов.

Система представлена двумя отдельными клиент-серверными приложениями различной, но совместимой архитектуры. Оба приложения ориентированы, в первую очередь, на использование на мобильных устройствах и могут быть использованы на устройствах с операционной системой Android. Приложения позволяют хранить и передавать данные в виде запросов. Взаимодействие в системе происходит путём обмена запросами с сервером.

*Основные задачи системы.*

- 1 Создание заявки пассажира, ожидающего на остановочном пункте маршрутное такси.
- 2 Информирование клиента о расположении маршруток на карте.
- 3 Информирование водителя маршрутного такси о загруженности маршрута.
- 4 Информирование водителя маршрутного такси о количестве пассажиров, которые заполнят и покинут маршрутное такси на каждом следующем остановочном пункте.

Хранение и передача данных происходит в виде запросов между приложением и сервером. Каждый запрос представляет собой набор, определяющий маршрут, начальный и конечный остановочные пункты. Маршрут, в свою очередь, определяется упорядоченной последовательностью остановок. Одной из центральных функций приложения для водителя маршрутного такси является рекомендация по времени выезда его с конечного пункта на маршрут. В соответствии с информацией, поступающей на сервер, водителю будет подан сигнал активации, когда ему следует выехать с остановочного пункта, на котором он находится. Выезд происходит, когда на одном из остановочных пунктов предполагаемая заполненность транспортного средства подходит к максимально допустимой в данной точке. Остановочный пункт фиксируется, и происходит запуск транспортного средства.

Далее по мере приближения к данной точке осуществляется высадка уже подобранных пассажиров и забор ожидающих на промежуточных остановках. На конечном остановочном пункте транспортное средство останавливается и ожидает следующего сигнала о запуске. Данное приложение является ориентированным на внедрение в реальную транспортную систему, которая позволит производить регистрацию пассажиров на перевозку, что, в свою очередь, позволит собирать статистику, определять маршруты с малой эффективностью и сократить экономические затраты на поддержание системы общественных перевозок.

Внедрение системы позволит увеличить прибыль перевозчиков, оптимизировать маршрутную сеть города, уменьшить расход энергоресурсов, повысить безопасность перевозок и качество обслуживания пассажиров. Таким образом, система обладает высоким потенциалом и может быть эффективно применена для решения задач управления транспортом.

Экономические расчеты показали жизнеспособность разработанного программного обеспечения (ПО) для подсчета пассажиропотока и обосновали целесообразность создания системы и внедрения данного ПО.

Создание и продвижение системы представляется как полезным с социальной точки зрения, так и экономически эффективным.

Рынок маршрутных транспортных средств на сегодняшний день постоянно растёт, что влечёт за собой увеличение расходов на содержание автопарков и загрязнение окружающей среды. В областных городах Беларуси маршруты сильно нагружены, водители могут проехать маршрут без пасса-

жиров. Система на данном этапе способна облегчить перевозку пассажиров и разгрузить транспортный поток, но впоследствии предполагается накапливать информацию, на основе которой при помощи машинного обучения можно усовершенствовать маршруты, расписание и количество транспортных средств на маршруте. Также система оплаты через приложение облегчит продажу билетов и позволит водителю не отвлекаться от дороги.

В результате наблюдений была найдена ещё одна функция, которая весьма полезна для водителей – голосовой чат. Водители часто общаются между собой. Они принимают решения по времени отправления и движениях на маршруте. Эту функцию также можно добавить в наше приложение, что повлечёт ещё большую заинтересованность у водителей. Благодаря всем вышеизложенным аспектам данной системы время перевозки пассажиров будет ускорено, а расходы сократятся. Так как система решает задачу оптимизации перевозки пассажиров, то она может внедряться повсеместно.

Затраты на маркетинг не велики, ввиду того что для функционирования системы информация о ней должна быть распространена на всех остановочных пунктах, посредством QR-кода. Каждый пассажир, придя на остановку, будет проинформирован о существовании системы. Также QR-код может располагаться в маршрутных такси для информирования о системе и оплате проезда.

УДК 656.072

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ГОРОДСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ**

*С. А. ЛЕОНОВА*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

При организации пассажирских перевозок особое внимание уделяется обеспечению безопасности пассажиров от противоправных действий нарушителей, в том числе антитеррористической безопасности [1]. На объектах транспортной инфраструктуры устанавливается система обеспечения безопасности, которая включает систему видеонаблюдения с возможностью распознавания лиц и автомобильных номеров, возможностью сверки полученных данных с базой; охранно-тревожную сигнализацию и пожарную сигнализацию; систему контроля и управления доступом, препятствующую несанкционированному проникновению нарушителей на территорию объекта.

К системам мониторинга и обеспечения транспортной безопасности на городском общественном транспорте относят подсистемы управления процессом пассажирских перевозок, информационного обеспечения пассажиров, пожарной сигнализации, контроля топлива и давления в шинах, тахографы [2]. Однако при этом остается открытым вопрос обеспечения безопасности пассажиров в пути следования, причем во многих городах России в структуре городских перевозок преобладают автобусные перевозки. В настоящее время на городском общественном транспорте реализуются программы повышения качества обслуживания и сервиса, ускорения продвижения по городской транспортной сети, подсчета пассажиропотока, однако при этом вопросам безопасности следует уделить особое внимание.

С целью осуществления сбора и анализа данных о величине и колебаниях пассажиропотока на каждом маршруте предлагается использование интеллектуальной системы на основе искусственных нейронных сетей [3, 4]. При этом анализируется и обрабатывается большой массив информации, поступающей с камер видеонаблюдения, установленных в салоне подвижного состава, на основе технологии Big Data. Точные данные о фактическом пассажиропотоке на каждом направлении используются для оценки и принятия решения об увеличении или уменьшении количества автобусов, работающих на линии, составления расписания движения транспортных средств таким образом, чтобы в «пиковые» периоды приходилось максимальное количество подвижного состава и при этом соблюдался режим труда и отдыха водителей и кондукторов. Аналогичные системы предлагается использовать и на пригородном железнодорожном транспорте. Распознавание пассажиров с использованием искусственной нейронной сети осуществляется за счет распознавания пассажиров на видео с ракурсов камер, направленных на входные двери.

С целью обеспечения антитеррористической безопасности предлагается внедрить в интеллектуальную систему подсчета и анализа пассажиропотоков дополнительный модуль с функцией детекции и распознавания пассажиров, которая позволит не только выполнять подсчет входя-

щих/выходящих пассажиров на каждом остановочном пункте, но и в режиме реального времени распознавать или верифицировать правонарушителей и сверять их с базой. Для распознавания используют нейросети, которые умеют считывать и анализировать уникальные черты человеческого лица. Биометрическая идентификация позволяет осуществлять поиск преступников и других нарушителей порядка [5], а в будущем, при полном переходе к системе биометрических паспортов, позволит не только предотвращать возможные теракты, акты незаконного вмешательства, но и помогать в поиске пропавших детей или дезориентированных взрослых. Это в разы снизит вероятность возникновения опасных ситуаций и угроз на транспорте.

Предлагаемая интеллектуальная система на основе искусственной нейронной сети осуществляет обработку и анализ большого массива информации с выводом в графический интерфейс пользователя данных о пассажиропотоках каждого транспортного средства, наполнении автобусов, а также обеспечивает безопасность пассажиров в пути следования.

Система состоит из следующих модулей (рисунок 1).

1 Модуль идентификации или верификации пассажиров. В рамках данного модуля осуществляется взаимодействие базы данных преступников с данными камер видеонаблюдения. Технологии искусственных нейронных сетей позволяют распознавать лица пассажиров, входящих в автобус, и предотвращать возможные террористические акты или другие возможные нарушения безопасности.

2 Модуль подсчета входящих/выходящих пассажиров. В результате формируется база данных, отражающая информацию о количестве входящих и выходящих пассажиров для каждого отдельного автобуса с указанием даты, времени и остановки. При этом исключается возможность повторного учета пассажиров за счет создания временного массива данных о пассажире для каждой остановки, который очищается при закрытии дверей.

3 Модуль, объединяющий массивы транзакций и данные о местонахождении подвижного состава. В результате формируется база данных, отражающая информацию о количестве приобретенных билетов для каждого отдельного автобуса на каждом остановочном пункте.

4 Модуль оценки количественных и качественных показателей, позволяющий выполнять расчет основных показателей работы, сравнивать количество обилеченных пассажиров с фактическим числом перевезенных пассажиров на маршруте.



Рисунок 1 – Модули предлагаемой системы анализа данных и расчета показателей, обеспечивающей безопасность пассажиров на городском общественном транспорте

Таким образом, предлагаемая интеллектуальная система позволяет создать базу данных о наполнении автобусов городского общественного транспорта по участкам и всей длине маршрута, коэффи-

циентах сменности пассажиров на маршруте, изменении потоков пассажиров по часам суток и пассажирообмене каждого остановочного пункта, количестве безбилетных пассажиров, а также обеспечивает безопасность перевозочного процесса и снижает вероятность возникновения террористических актов.

#### Список литературы

1 Федеральный закон от 09.02.2007 N 16-ФЗ (ред. от 14.03.2022) «О транспортной безопасности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_66069/dc51a90a5466668e74778bfa947ae75824ec4e](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66069/dc51a90a5466668e74778bfa947ae75824ec4e). – Дата доступа : 9.10.2022.

2 Мишина, Е. С. К вопросу оснащения городского общественного транспорта системами мониторинга и обеспечения транспортной безопасности / Е. С. Мишина, Р. К. Лебедь, Р. Н. Хмелев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 10. – С. 326–332. – EDN JTOEVF.

3 Fadeev, A. I. Passenger trips analysis determined by processing validation data of the electronic tickets in public transport / A. I. Fadeev, S. Alhusseini // 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1061 012001 – P. 9.

4 Trajnet: A trajectory-based deep learning model for traffic prediction / В. Hui [et al.] // Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2021. – P. 716–724.

5 Система распознавания лиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5fbc521a9a79472773ea1481>. – Дата доступа : 9.10.2022.

УДК 656.211.08

## БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРОВ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

*Д. В. ЛЫГАНОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Основным видом грузового и пассажирского транспорта в республике являются железнодорожные магистрали. Они связывают в единое целое все области и большинство крупных населенных пунктов, удовлетворяют потребность населения в перевозках и обеспечивают нормальный оборот продуктов промышленности и сельского хозяйства. Железнодорожный транспорт – это вид транспорта, функционирующий днём и ночью, независимо от времени года и атмосферных условий. Железные дороги располагают различными инженерными сооружениями, техническими устройствами и средствами, основными из которых являются железнодорожный путь, подвижной состав (локомотивы и вагоны), сооружения локомотивного и вагонного хозяйства, устройства сигнализации, связи и электроснабжения.

В последнее время особую остроту приобрели проблемы производственного травматизма на железной дороге. По итогам 2021 года на территории Гомельской области зарегистрировано 17 происшествий, связанных с гибелью и травматизмом в результате которых 11 человек погибло, 6 получили травмы.

С учетом остроты вопроса, связанного с принятием мер по защите жизни и здоровья граждан, обеспечению безопасного движения поездов, перевозки пассажиров и грузов, напоминаем, что во время нахождения на объектах железнодорожного транспорта категорически запрещается:

- проходить по железнодорожным путям вне мест, специально предназначенных для их пересечения;
- переходить через железнодорожные пути перед приближающимся поездом;
- переходить через пути сразу же после прохода поезда одного направления, не убедившись в отсутствии следования поезда встречного направления;
- проезжать через железнодорожные переезды при закрытом шлагбауме или запрещающем сигнале светофора;
- подлезать под вагоны стоящего поезда;
- двигаться вдоль железнодорожного пути ближе 3 метров от крайнего рельса;
- осуществлять посадку в вагоны или высадку из них во время движения поезда, проезжать на подножках или крышах вагонов;
- подкладывать на железнодорожные пути посторонние предметы;
- дотрагиваться до контактного провода на электрифицированных участках железной дороги.

Чаще всего люди получают травмы на пешеходных переходах и железнодорожных переездах, поскольку зачастую не осознают, что не обладают преимуществом и первоочередным правом при пересечении путей. Бывают ситуации, когда, не обращая внимания на предупредительные плакаты, граждане это делают, не вынимая наушников, не снимая капюшонов. Подобные факты нередки и при передвижении по путям в неустановленных местах (рисунок 1).



Рисунок 1

Для этого нужно проводить больше организационно-технических мероприятий, которые предусматривают строительство ограждений, ремонт пешеходных мостов и переходов, пассажирских платформ и железнодорожных переездов, установку турникетов и речевых информаторов о приближении поезда, плакатов безопасности, замену покрытия на переездах и т. д.

Альтернативные образцы пешеходных переходов можно наблюдать в соседней стране – России: конструкторы холдинга «Швабе», входящего в состав Ростеха, изготовили пилотную модель светофора, проецирующего лазерную стену, которая оповещает автомобилистов о приближении к пешеходному переходу, а первый «лазерный» пешеходный переход, оснащенный системой интерактивного информирования водителей, заработал на Печорской улице на северо-востоке Москвы. Система, использует лазер, который фиксирует приближение и выход пешехода на проезжую часть и немедленно при помощи проектора выводит на асфальт яркое информационное требование об остановке для водителя (рисунок 2). Первооткрывателем таких технологий стал Китай – дизайнер Хайнань Ли (Hanyoung Lee). Такой вариант, очевидно, поможет избежать травматизма на железных дорогах.



Рисунок 2

Таким образом, для предотвращения травм альтернативным вариантом будет установка пешеходных переходов с лазерной системой, образующей на переходе виртуальную стену и изображением двигающихся фигурок пешеходов. Цвет лучей будет изменяться в соответствии с тем, приближается ли подвижной состав или нет.



## **ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ИННОВАЦИОННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ**

*Н. А. ЛЮБОЧКО, Н. В. КУЛАЖЕНКО, М. Н. ЛИПСКАЯ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современном образовательном пространстве наблюдается спрос на специалистов, владеющих двумя и более языками. В связи с тем, что профессиональное взаимодействие на международном уровне требует от современных специалистов знания иностранных языков, в образовании используются такие инновационные формы, как дистанционная. Дистанционное обучение органично дополняет очную и заочную формы обучения. Посредством дистанционного обучения слушатели имеют возможность осваивать обучающие материалы, получать консультацию преподавателя, выполнять контрольные и экзаменационные работы в удобное для них время, в удобном месте и с помощью своего компьютера.

Дистанционное обучение должно строиться на базе электронных образовательных программ и коммуникационно-прикладных средств, которые помогают организовать полноценное учебное взаимодействие как постоянно контактирующих слушателей, так и разделенных пространством и временем, с использованием новейших педагогических технологий. Использование видеоизображения, звука, графической информации совместно с эмоциями участников дистанционного обучения позволяет достичь результата, близкого к обычному (очному) уроку.

В Белорусском государственном университете транспорта имеется достаточно развитая информационно-образовательная структура, предлагающая различные виды образовательных дистанционных услуг широкому кругу потенциальных потребителей:

- проведение практических занятий по выбранной специальности для учащихся Гуанчжоуского профессионально-технического колледжа (первая ступень образования);
- проведение занятий для граждан КНР (вторая ступень образования);
- организация работы с аспирантами (гражданами КНР) по научным направлениям;
- работа дистанционной. Летней школы для студентов КНР;
- проведение онлайн-консультаций для белорусских студентов заочной формы обучения;
- организация и проведение онлайн-олимпиады по иностранным языкам для студентов первого курса всех специальностей очной формы обучения.

Процесс обучения иностранным языкам с применением дистанционных технологий на кафедре «Славянских и романо-германских языков» происходит при помощи современных платформ Zoom и Voov. Занятия проходят при взаимодействии учащихся и преподавателя.

Основными видами учебной деятельности с применением дистанционных технологий являются:

- лекции / практические занятия;
- консультации;
- самостоятельная работа;
- контроль знаний.

Лекционный материал представлен в виде электронных учебников, работа с которыми осуществляется учащимися самостоятельно либо может поясняться преподавателем.

При подборе учебного материала для онлайн-урока преподаватель руководствуется методическим подходом к моделированию языкового учебного материала. Основной задачей для преподавателя является определение тематики, отбор учебных текстов и формулирование заданий и упражнений. Урок должен объединять в себе лингвистическую и экстралингвистическую информацию, наглядно представлять учащимся языковой и речевой материал, активизировать зрительный и моторный каналы восприятия, содержать справочный материал, задания для контроля и самоконтроля, материал для выполнения проектной работы с использованием интернет-ресурсов, дополняться видеоприложением.

Так, в рамках вводно-фонетического курса используются видеоматериалы, демонстрирующие артикуляционные особенности произнесения звука, что позволяет учащимся понять и научиться

правильно его произносить. Различные видеосюжеты и презентации при работе с учащимися Летней школы, а также со студентами первой и второй ступеней обучения дают возможность познакомиться их с историей, национальными традициями и культурой белорусского народа, а также мотивировать студентов к созданию и использованию речевых ситуаций в профессиональной сфере.

Контроль знаний учащихся осуществляется в формате тестирования. Это позволяет выявить ошибки в ходе овладения материалом и определить уровень успешности.

Решение задачи развития коммуникационных умений во время проведения онлайн-консультаций для студентов заочного факультета Белорусского государственного университета транспорта осуществляется на базе текстового материала, который представлен специально составленными, адаптированными и неадаптированными текстами, имеющими разную степень языковой, содержательной и структурной сложности. Текстовый материал ориентирован на осмысление и активизацию в речи специальной лексики, совершенствование навыков разных видов чтения, а также овладение практическими навыками устного общения по тематике специальности студентов (пассажирские перевозки, грузоперевозки, обеспечение безопасности на транспорте).

В ходе проведения Международной онлайн-олимпиады по иностранным языкам для студентов первого курса всех специальностей очной формы обучения преподавателями кафедры «Славянские и романо-германские языки» Белорусского государственного университета транспорта использовались тестовые задания в электронной форме следующих типов:

- задания, требующие выбора одного правильного ответа из 4–5 предложенных вариантов;
- задания, в которых необходимо выбрать несколько правильных ответов из некоторого числа предложенных вариантов;
- задания, в которых для восстановления смыслового содержания текста требуется вставить пропущенные слова, данные отдельным списком;
- задания на понимание логических и смысловых связей.

Результаты дистанционного обучения зависят от качества электронных учебных материалов, создающихся с учетом личностно-ориентированного, функционального принципов, системности, доступности, преемственности, а также с учетом коммуникативного и социокультурного подходов к изучению иностранных языков.

Таким образом, дистанционное обучение дает уникальную возможность получать новые знания и способствует оптимизации учебного процесса, формирует профессиональную коммуникативную компетенцию обучающихся, расширяет возможности преподавания иностранных языков.

#### Список литературы

- 1 Садоян, Р. Э. Начальный этап построения систему мультимедийного дистанционного обучения иностранным языкам / Р. Э. Садоян. – М. : Академия, 2006.
- 2 Богомолов, А. Н. Научно-методическая разработка виртуальной языковой среды дистанционного обучения иностранному (русскому) языку [Электронный ресурс] / Центр международного образования МГУ им. Ломоносова. – М., 2021. – Режим доступа : <https://distant.msu.ru/mod/page/view.php?id=42071>. – Дата доступа : 25.09.2022.

УДК 656.021.5

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЯХ С НЕПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ГРАФИКОМ ДВИЖЕНИЯ

*М. А. МАРЧЕНКО, О. Д. ПОКРОВСКАЯ*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

В настоящее время расчёт наличной пропускной способности на железнодорожных линиях с непараллельным графиком движения поездов и смешанным движением (организацией железнодорожного движения, при котором по одной линии следуют поезда различной категории) [1] производится по аналитическим формулам. Они учитывают суточный бюджет времени на содержание железнодорожной инфраструктуры, надёжность железнодорожной инфраструктуры, а также межпоездной интервал. Значение последней переменной, в свою очередь, напрямую зависит от скорости движения поездов на конкретном участке железнодорожной линии, принимается за сред-

вершение данных операций суммируется с общим временем хода поезда (его технической скоростью), что искажает конечный результат наличной пропускной способности. В данной статье предложены изменения, внесение которых в используемые формулы позволит повысить точность расчёта наличной пропускной способности. Полученные в результате преобразования формулы отличаются универсальностью, поскольку их применение возможно для любого типа поездов.

Подобных результатов можно также добиться путём имитационного моделирования железнодорожного движения на станционных путях и участках между станциями, однако зачастую этот метод представляет собой сложный процесс построения имитационной модели, который предъявляет высокие требования к пользователю, которому зачастую для реализации подобных задач в соответствующей программной среде требуются знания языков программирования. По этой причине метод определения пропускной способности по аналитическим зависимостям не потерял актуальности [2–6].

В настоящее время пропускная способность определяется по формуле [11]

$$N_{\text{нал}} = \frac{(1440 - t_{\text{техн}})}{I_p} \cdot \alpha_n, \quad (1)$$

где  $t_{\text{техн}}$  – время, необходимое на содержание и ремонт инфраструктуры;  $I_p$  – расчётный межпоездной интервал;  $\alpha_n$  – коэффициент надёжности работы инфраструктуры и подвижного состава, принимаем равным 0,96 [11].

Межпоездной интервал формулы (1) определяем по формуле [7]

$$I_p = \frac{0,5L_{\text{п2}} + L_{\text{бл1}} + L_{\text{бл2}} + 0,5L_{\text{п1}}}{v_{\text{cp}} \cdot 16,7} + t_{\text{в}}, \quad (2)$$

где  $L_{\text{п1}}$ ,  $L_{\text{п2}}$  – длина соответственно впереди и позади идущего поезда;  $L_{\text{в}}$  – расстояние, которое проходит второй поезд за время, необходимое для восприятия машинистом сигнала ближнего светофора;  $L_{\text{б1}}$ ,  $L_{\text{б2}}$  – длина соответственно первого и второго по счёту блок-участков относительно впереди идущего поезда;  $v_{\text{cp}}$  – средняя скорость следования поездов по блок-участкам;  $t_{\text{в}}$  – время на восприятие изменения показания светофора, принимаем равным 0,05 мин.

В данной формуле принимается среднее время следования поезда. Оно складывается из времени на разгон и замедление поезда, а также на время следования поезда с постоянной скоростью. В дифференциальном виде уравнение движения поезда можно представить в следующем виде:

$$S_{\text{общ}} S_{\text{общ}} = \frac{dv}{dt} \cdot t_{\text{разг}} + v_{\text{пост}} \cdot t_{\text{пост}} + \frac{dv}{dt} \cdot t_{\text{зам}}; \text{ при } t_{\text{разг}} + t_{\text{пост}} + t_{\text{зам}} = t_{\text{общ}}, \quad (3)$$

где  $\frac{dv}{dt}$  – дифференциальный вид изменения скорости движения (ускорение или замедление);  $t_{\text{разг}}$  – время на разгон;  $v_{\text{пост}}$  – постоянная скорость;  $t_{\text{пост}}$  – время следования с постоянной скоростью;  $t_{\text{зам}}$  – время на замедление.

Главной задачей для решения данного уравнения является нахождение времени следования с постоянной скоростью. В качестве исходных данных должно быть известно общее расстояние пути следования и время хода, а также значения разгона и замедления. Первым шагом в решении данного уравнения является нахождение средней скорости, которая используется для расчёта межпоездного интервала в существующей формуле:

$$v_{\text{cp}} = \frac{S_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}}. \quad (4)$$

Далее находим время ускорения до средней скорости и замедления:

$$t_{\text{уск ср}} = \frac{v_{\text{cp}}}{a}, \quad t_{\text{зам ср}} = \frac{v_{\text{cp}}}{b}, \quad (5)$$

Находим время следования поезда со значением средней скорости, при условии, что средняя скорость будет равна максимальной:

$$t_{\text{cp}} = t_{\text{общ}} - t_{\text{уск ср}} - t_{\text{зам ср}}. \quad (6)$$

где  $a$  – ускорение поезда;  $b$  – замедление поезда.

Зная значение времени на разгон поезда до средней скорости и замедление, находим расстояние, проходимое поездом во время разгона и замедления до средней скорости:

$$S_{\text{уск ср}} = \frac{at_{\text{зам ср}}^2}{2}, S_{\text{зам ср}} = \frac{bt_{\text{зам ср}}^2}{b}. \quad (7)$$

Находим расстояние, пройденное со средней скоростью,

$$S_{\text{ср}} = v_{\text{ср}} t_{\text{ср}}. \quad (8)$$

Общий расчётный путь, пройденный поездом, в таком случае

$$S_{\text{расч}} = S_{\text{уск ср}} + S_{\text{ср}} + S_{\text{зам ср}}. \quad (9)$$

Однако полученное расстояние не будет соответствовать фактическому расстоянию, пройденному поездом, поскольку его фактическая максимальная скорость больше средней, принятой в качестве максимальной в расчётах [8-11]. Находим полученный коэффициент погрешности:

$$K_{\text{погр}} = \left(1 - \frac{S_{\text{расч}}}{S_{\text{общ}}}\right). \quad (10)$$

Далее выполняем распределение коэффициента по значениям расстояний разгона, замедления:

$$K_{\text{разг}} = \frac{\frac{K_{\text{погр}}}{2} b}{(a+b)}; \quad (11)$$

$$K_{\text{зам}} = \frac{\frac{K_{\text{погр}}}{2} a}{(a+b)}; \quad (12)$$

$$K_1 = \frac{S_{\text{расч}}}{S_{\text{общ}}} + K_{\text{разг}}; \quad (13)$$

$$K_2 = \frac{S_{\text{расч}}}{S_{\text{общ}}} + K_{\text{погр}}; \quad (14)$$

$$K_3 = \frac{S_{\text{расч}}}{S_{\text{общ}}} + K_{\text{зам}}, \quad (15)$$

где  $K_1, K_2, K_3$  – результаты распределения коэффициента по расстоянию соответственно разгона, постоянной скорости и замедления.

После распределения находим фактическое расстояние, пройденное во время разгона, замедления и следования с постоянной скоростью:

$$S_{\text{разг}} = S_{\text{общ}} \cdot K_1; \quad (16)$$

$$S_{\text{ср}} = S_{\text{общ}} \cdot K_2; \quad (17)$$

$$S_{\text{зам}} = S_{\text{общ}} \cdot K_3. \quad (18)$$

Зная время разгона, можем найти максимальную скорость следования поезда:

$$v_{\text{max}} = a \sqrt{\frac{2S_{\text{разг}}}{a}}. \quad (19)$$

После получения значения максимальной скорости подставляем его в исходную формулу межпоездного интервала:

$$I_{\text{p max}} = \frac{0,5L_{\text{n2}} + L_{\text{бл1}} + L_{\text{бл2}} + 0,5L_{\text{n1}}}{v_{\text{max}} \cdot 16,7} + t_{\text{в}}. \quad (20)$$

По формуле (20) целесообразно производить вычисление пропускной способности на участках, где поезда следуют с постоянной скоростью, не меняя её в пути следования. В противном случае появляется необходимость введения дополнительных переменных в представленные формулы, учитывающих изменения скорости в пути следования. Пропускная способность на участках, где поезд движется с ускорением или замедлением, должен рассчитываться отдельно, на основании данных об ускорении и замедлении конкретного поезда. В таком случае итоговая формула расчёта пропускной способности будет выглядеть следующим образом:

$$I_p = I_{p \text{ разг}} + I_{p \text{ max}} + I_{p \text{ зам}} \quad (21)$$

Таким образом, представленные формулы позволят повысить точность расчёта наличной пропускной способности на железнодорожных линиях. Особенно актуальны они будут при производстве расчётов на железнодорожных линиях с непараллельным графиком движения поездов, поскольку они позволяют в большей степени учесть влияние значений разгона и замедления каждой категории поездов на пропускную способность железнодорожной линии.

#### Список литературы

- 1 Угрюмов, А. К. Вопросы организации движения на двухпутных участках / А. К. Угрюмов // Вопросы эксплуатации железных дорог СССР : тр. ЛИЖТ. – Л. : Трансжелдориздат, 1960. – Вып. 170. – С. 34–69.
- 2 Зуев, Г. А. Интервальное регулирование движения поездов на станции / Г. А. Зуев, А. Г. Савицкий // Железнодорожный транспорт. – СПб. : ПГУПС, 2021. – Вып. 5. – С. 26–32.
- 3 Использование пропускной способности станций при интервальном регулировании движения поездов / А. Ф. Бородин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – СПб. : ПГУПС, 2021. – Вып. 2. – С. 29–36.
- 4 Абдуллаев, Ж. Я. Особенность определения пропускной способности двухпутных участков / Ж. Я. Абдуллаев // Изв. Петерб. ун-та путей сообщения. – СПб. : ПГУПС, 2019. – Вып. 3. – С. 361–369.
- 5 Проект «Городские железные дороги России» / В. А. Персианов [и др.] // Вестник транспорта. – 2014. – № 5. – С. 2–10.
- 6 Каталевский, Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении : учеб. пособие / Д. Ю. Каталевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Дело РАНХиГС, 2015. – 496 с.
- 7 Инструкция по расчёту наличной пропускной способности : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 16.11.2010 г. № 128. – М. : ОАО «РЖД», 2011. – 305 с.
- 8 Дроздова, М. А. Цифровизация отрасли железнодорожных перевозок: проблемы и успехи / М. А. Дроздова, Е. А. Фурсова // III Бетанкуровский Междунар. инженерный форум : сб. тр. – 2021. – С. 119–121.
- 9 Баритко, А. Л. Организация и технология внешнеторговых перевозок / А. Л. Баритко, П. В. Куренков // Железнодорожный транспорт. – 1998. – № 8. – С. 59–63.
- 10 Покровская, О. Д. Состояние транспортно-логистической инфраструктуры для угольных перевозок в России / О. Д. Покровская // Инновационный транспорт. – 2015. – № 1 (15). – С. 13–23.
- 11 Pokrovskaya, O. Assessment of transport and storage systems / O. Pokrovskaya, R. Fedorenko // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 1115 AISC. – P. 570–577. – DOI : 10.1007/978-3-030-37916-2\_55.

УДК 656.2:658.5

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*А. А. МИХАЛЬЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Особенностью организации пассажирских перевозок в Беларуси является их социальная направленность. К социально значимым пассажирским перевозкам в стране отнесены все виды сообщений внутривнутриреспубликанского назначения. Во всём мире внутригосударственные перевозки пассажиров носят социально значимый характер, и расходы на их выполнение дотируются из бюджета. Уровень дотирования расходов на пассажирские перевозки имеет колебание 80 % (городское сообщение), 70 % (пригородное сообщение), 40 % – междугороднее. В Беларуси субсидирование расходов на выполнение социально значимых перевозок носит ограниченный характер и составляет 15–20 % на городские и пригородные перевозки (преимущественно в г. Минске).

Исследования экономистов в Беларуси показывают высокий уровень убыточности социально значимых перевозок (до 90 % в пригородном сообщении). В то же время предлагается внедрение и развитие бизнеса пассажирских перевозок с получением прибыли от их выполнения. Главным направлением и выводами таких исследований приводится необходимость закрытия нерентабель-

ных маршрутов пассажирских перевозок. В таком случае придётся закрыть 90 % пассажирских маршрутов на автомобильном транспорте и все малодетальные железнодорожные линии (75 %). Такая позиция привела в странах с развитой пассажирской сетью к полной ликвидации пассажирских перевозок. Главный упор делался на автомобильный транспорт, находящийся в частном секторе. На начальном этапе это было высоко эффективно, но через 1,5–2 года частный бизнес на транспорте стал ориентироваться на чистую прибыль. Все нерентабельные маршруты пассажирских перевозок были закрыты. В результате имело место падение объёма пассажирских перевозок, что привело к закрытию транспортных предприятий, выполняющих смешанные перевозки (в международном и внутригосударственном сообщении). Уменьшилось финансирование развития транспортных коммуникаций, что отразилось на качестве пассажирских перевозок. Это стало причиной исключения бизнеса на транспорте при выполнении пассажирских перевозок и национализации пассажирской транспортной системы.

В Беларуси повторяется отрицательный опыт развития пассажирской системы, направленный на достижение рентабельности пассажирских перевозок на автомобильном и железнодорожном транспорте. Это приводит к тому, что рост тарифов на пассажирские перевозки и стремление доведения его до уровня получения прибыли постепенно приводит к их разрушению. В результате замедлилось развитие ускоренного движения пассажирских поездов в межрегиональном сообщении. Финансирование в основном производится в линии с высоким уровнем эксплуатации для целей грузовых перевозок. Это обычно 2–3 железнодорожные линии, используемые для транзитных перевозок грузов и пассажиров.

Современные принципы организации пассажирских перевозок в большинстве стран, получивших отрицательный опыт разрушения пассажирской системы национальным бизнесом, включают:

- активное участие государства в поддержании пассажирской системы;
- развитие частно-государственного партнёрства при выполнении пассажирских перевозок;
- новые формы кредитования транспортных предприятий при обновлении транспортных средств;
- участие банковской системы;
- развитие законодательной базы в этой области.

Участие государства в поддержании пассажирской системы рассматривается по направлениям:

- прямые дотации и инвестиции в предприятия, выполняющие пассажирские перевозки;
- снижение налогов на виды деятельности транспортных предприятий, выполняющих пассажирские перевозки;
- покрытие из бюджета части расходов гражданам на транспортное обслуживание по источникам получения доходов (оплата годовых проездных билетов в пригородном и городском сообщении);
- оплата эксплуатации и строительства транспортных коммуникаций из бюджетов разного уровня и не покрывалась за счёт транспортных предприятий. При этом вводилась оплата для иностранных пользователей транспортными коммуникациями при использовании их для пассажирских перевозок. Это улучшало положение национального перевозчика на рынке пассажирских перевозок внутри страны.

В ряде стран делалась попытка бесплатного пользования гражданами услугами городского транспорта. С доходов граждан взимался транспортный налог и перечислялся транспортным предприятиям. В итоге те граждане, которые не пользовались общественным транспортом, оплачивали эти расходы. К тому же в городах с большим притоком иностранцев объём финансирования стал недостаточным. Это привело к злоупотреблению гражданами использованием пассажирского транспорта и отрицательный опыт был закрыт.

Прямые дотации и инвестиции в предприятия, выполняющие пассажирские перевозки, в большинстве стран выполняются по следующим направлениям:

- 1) покрытие части расходов транспортных предприятий, относимых на фонд оплаты труда мобильного персонала (водителей и машинистов) и социальные выплаты;
- 2) оплата приобретения транспортных средств, затрат по технической их эксплуатации. Транспортные средства приобретаются за счёт бюджета у национальных производителей, что обеспечивает поддержку собственных промышленных предприятий и исключает внедрение иностранной техники.

Широко используется опыт покрытия из бюджета части расходов гражданам на транспортное обслуживание по источникам получения доходов. Затраты на приобретение проездных билетов (в основном годовых) компенсируются из бюджета предприятий и социальных выплат гражданам. Такая форма компенсации имеет определённые преимущества:

- у граждан, приобретающих проездные билеты на определённую сумму, срабатывает желание «выкатать» её. При компенсации стоимости проездного билета такая потребность не возникает;
- транспортное предприятие получает всю сумму, затрачиваемую на выполнение пассажирских перевозок;
- возрастают более эффективный контроль и ответственность за использование финансовых ресурсов на выполнение перевозок пассажиров.

При этом возрастает роль государственных структур, отвечающих за пассажирские перевозки: обычно в региональных подразделениях либо на уровне государства (при небольших размерах государств и малочисленности населения).

Оплата эксплуатации и строительства транспортных коммуникаций из бюджетов разного уровня показала высокую эффективность в странах, которые к этому пришли. Со стороны структур государственного управления и местной администрации стало больше уделяться внимания развитию транспортных коммуникаций, используемых для пассажирских перевозок. Пришли к пониманию по вопросу изменения статуса коммуникаций улично-маршрутной сети населённых пунктов:

- выделение отдельных полос для движения общественного транспорта;
- закрытие всех видов движения кроме общественного на ряде улиц с выносом других видов движения на параллельные улицы (такая мера исключит простои общественного транспорта в пробках);
- внедрение одностороннего движения транспортных средств.

При организации дотирования общественного транспорта и выполнения социально значимых перевозок большое значение имеет интеграция финансовых ресурсов в одной структуре управления, ответственной за организацию пассажирских перевозок на всех видах транспорта. Сегодня финансовые потоки в системе пассажирских перевозок организуются децентрализованно, что затрудняет контроль правомочности отнесения затрат на пассажирские перевозки транспортными предприятиями. В мировой практике созданы интегрированные структуры (региональные или общегосударственные) по организации социально значимых перевозок, их финансированию и технологическому обеспечению. При этом для транспортных предприятий установлены эксплуатационные показатели, по которым производится финансирование их работы из бюджета интегрированной структуры по пассажирским перевозкам. Такая мера позволила экономически развитым государствам сохранить и развить социально значимые перевозки при наличии в стране развитого бизнеса в других отраслях. При этом национальный бизнес эффективно вовлекается в обеспечение транспортной деятельности транспортными средствами, энергетическими ресурсами, в развитие транспортной инфраструктуры и предприятий, обеспечивающих её развитие и функционирование.

УДК 656.2:658.5

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛОГИСТИКИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, О. А. ХОДОСКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Пассажирские перевозки железнодорожным транспортом Беларуси выполняются с использованием хорошо развитой логистики. Эта логистика отличается от её аналогов в других государствах и при выполнении международных пассажирских перевозок. Логистика железнодорожных перевозок в Беларуси включает:

- виды сообщения: международное (пассажирское сообщение с передвижением пассажиров при пересечении государственной границы), межрегиональное (сообщение между регионами внутри страны); региональное (сообщение внутри региона);

- класс обслуживания: бизнес-класс; экономкласс; повышенной комфортности (фирменное обслуживание пассажиров в поездах международного сообщения);
- категории поездов: скорые, пассажирские, пригородные, городские.

В других государствах используется классическая номенклатура логистики пассажирских перевозок [1]: 1) виды сообщений не рассматриваются; 2) пассажирские поезда имеют следующую классификацию: интерэкспресс (используется для перевозок пассажиров в международном сообщении); интерсити (используются поезда для перевозок пассажиров между городами внутри страны); региональные поезда (используются для перевозок пассажиров в регионе – в пределах зоны региональной агломерации); городская железная дорога (выполняются пассажирские перевозки между станциями, расположенными внутри городских агломераций, и пригородными зонами тяготения к ним).

Формирование логистики пассажирских перевозок предусматривает зоны ответственности [2]:

- при выполнении перевозок в международном сообщении – ответственность устанавливается международными соглашениями государств, на территории которых выполняется пассажирская перевозка;

– для внутригосударственных перевозок установлены зоны ответственности:

1) межрегиональные перевозки – ответственность за их выполнение устанавливается на уровне управления железной дороги;

2) региональные и городские перевозки – ответственность за их выполнение установлена на уровне отделения дороги.

Следует также отметить, что на Белорусской железной дороге ответственность за выполнение комплекса технологических начальных и завершающих операций возлагается на отделения железной дороги. В большинстве стран эта ответственность возлагается на муниципальные образования – вокзалы находятся на их ответственной собственности.

С учётом рассматриваемой логистики устанавливается безопасность её реализации по формам и зонам ответственности. Безопасность логистики пассажирских перевозок рассматривается по следующим уровням её выполнения:

- безопасность нахождения пассажиров на объектах железнодорожного транспорта;
- безопасность движения поездов;
- безопасность маневровых передвижений с пассажирскими вагонами и поездами.

Безопасность нахождения пассажиров на объектах железнодорожного транспорта является частью безопасности логистики пассажирских перевозок.

При нахождении пассажиров на вокзалах и посадочных платформах обеспечивается безопасность по следующим позициям:

- в процессе перемещения пассажира в помещениях вокзала (определяется нормативами эргономики вокзальных услуг);
- при проходе пассажира к поездам при следовании на посадку и после выхода из вагонов: при использовании переходов в одном уровне, в подземных и наземных переходах;
- при нахождении пассажиров на посадочных платформах при ожидании прибытия поезда, выполнении посадки или высадки в/из вагонов;
- при нахождении провожающих и встречающих лиц на платформах при прибытии, проследования и отправления поездов и выполнении маневровых передвижений на перронных путях.

Отдельно рассматривается логистика международных перевозок при смене железнодорожной колеи с перестановкой пассажирских вагонов:

1) создаются условия, исключающие выпадение пассажиров из вагонов во время перестановки;

2) обеспечивается безопасность пассажиров при выполнении маневровых передвижений в зонах перестановки вагонов и исключается возможность нахождения пассажиров в технологических зонах с повышенной опасностью.

В зону безопасности пассажиров при выполнении начально-конечных операций включается безбарьерная среда на вокзалах. С ней связана безопасность как самих людей с ограниченными возможностями их передвижений, так и сопровождающих их лиц. При этом проблемной задачей является перенос ручной клади и багажа таких лиц.

Важным элементов пассажирской логистики является безопасность нахождения пассажиров при движении поездов. Решение этой проблемы выполняется по ряду параметров:

- непосредственная организация движения пассажирских поездов различной классификации по параметрам безопасности – выполнение скоростного режима и интервального регулирования движе-



ния поездов различной категории на перегонах и станциях; выполнение графика движения пассажирских поездов; изменение продолжительности и условий посадки и высадки пассажиров при сокращении продолжительности остановки или стоянки поездов при отклонении их движения от графика;

– раннее предупреждение пассажиров о приближении поездов к объектам их нахождения: используется информация, представляемая на билбордах, размещённых на платформах или электронных информационных табло;

– исключение нахождения пассажиров на платформах при проследовании скоростных и грузовых поездов без остановки на станции: ограничивается доступ пассажиров на платформы с использованием технических и технологических устройств;

– безопасное нахождение пассажиров в поездах: исключение их падения при разгоне и торможении пассажирских поездов; обеспечивается безопасный переход между вагонами в процессе движения поезда; используется бестамбурный подвижной состав при скоростном движении поездов;

– безопасность пассажиров при отправлении или прибытии поездов (выполнение посадки при полной остановке поезда и до начала его движения), ограничение доступа пассажиров и провожающих их лиц на платформы до прибытия или после отправления поездов.

Безопасность пассажиров при выполнении маневровых передвижений с пассажирскими вагонами и поездами рассматривает следующие функциональные параметры:

– прицепка и отцепка групп вагонов в поездах, следующих в прямом сообщении;

– организация посадки и высадки пассажиров при выполнении маневровых передвижений с сцепляемыми группами вагонов;

– обеспечение безопасности нахождения пассажиров при подаче под посадку состава поезда или прицепной группы вагонов.

При выполнении пассажирских перевозок отдельным элементом безопасности логистики рассматривается также организация стационарного и бортового питания пассажиров: исключение поставок недоброкачественного питания и отравление пассажиров; безопасное бортовое питание пассажиров – безопасный приём пищи в процессе движения поездов различного скоростного режима, при торможении и разгоне поездов в процессе движения.

Результативность обеспечения безопасности логистики пассажирских перевозок достигается по следующим параметрам:

1) снижение уровня травматизма пассажиров и объёма выплат по страховым платежам;

2) обеспечение безопасного нахождения пассажиров на объектах железнодорожного транспорта;

3) повышение уровня комфорта перевозок пассажиров по различному классу обслуживания;

4) достижение поставленных целей выполнения логистики пассажирских перевозок.

#### Список литературы

1 Власюк, Т. А. Железнодорожный пассажирский транспорт в территориальной структуре городов-центров и их спутников в Республике Беларусь (ретроспективный анализ и перспективы развития) : [монография] / Т. А. Власюк. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 230 с.

2 Михальченко, А. А. Логистика перевозок грузов и пассажиров. Практикум : учеб. пособие / А. А. Михальченко, О. А. Ходоскина. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 164 с.

УДК 725.3.001.2

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

*Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

*И. С. АБДУЛЛАЕВ*

*Управление комплексной экспертизы проектов ОАО «РЖД», г. Москва, Российская Федерация*

Применение технологических мероприятий в качестве меры повышения безопасности движения поездов, а также пропускной способности лимитирующих участков и направлений сети железных дорог – это весьма эффективное и первоочередное решение вопроса, так как оно требует меньших затрат по сравнению с техническими и реконструктивными мероприятиями, но может быть доста-

точным само по себе. Оптимизация технологии перевозки – это «живой» и сугубо индивидуальный процесс, который должен осуществляться непрерывно, независимо от наличия дефицитов «узких» мест в целях сокращения эксплуатационных затрат. Для этого на железных дорогах созданы Центры организации работы железнодорожных станций (ДЦС), технологические группы и службы (ТС), а также система выработки рационализаторских предложений (включая мотивацию), рассмотрений их на технико-технологических советах (ТТС) и различные механизмы последующей реализации.

Если изменение технологии работы участка одной дороги зависит или влияет на технологию работы участка соседней дороги, то включаются полигонные принципы рассмотрения технологических эффектов от предлагаемых мероприятий. Для этого созданы Центры управления тяговыми ресурсами (ЦУТР) на всех полигонах сети железных дорог России и объединенный Центр управления перевозками на Восточном полигоне (ЦУП ВП).

Технологические изменения, связанные с внедрением новых технических средств, с привлечением инвестиций, затрагивающие полигоны нескольких дорог или государств, а также находящихся на стыке интересов различных хозяйств, администраций или видов транспорта рассматриваются в ОАО «РЖД» с участием всех заинтересованных сторон.

Что касается технических и реконструктивных мероприятий, то они, как правило, реализуются по предложениям железных дорог с привлечением инвестиционных средств компании. Механизм реализации отличается тем, что в основном все решения принимаются в ОАО «РЖД», в то время как полнота рассмотрения всех возможных технологических изменений с учетом местных условий в качестве мероприятий первой очереди реализации зависит от уровня мастерства и ответственности технологов железных дорог.

Довольно распространенный метод формирования набора мероприятий по развитию направлений – это составление «Дорожных карт» с указанием сроков и ответственных, куда по предложениям с мест входят мероприятия как технологического, так и технического характера. Риск данного метода заключается в том, что если смоделировать влияние изменения технологии на работу всего участка, ряд мероприятий технического характера окажется излишним. Так, корректировкой графика движения поездов (применение параллельного или «пакетного» графика, применение непарности на лимитирующих направлениях, использование сезонных «ниток» пассажирских поездов грузовыми и т. д.) можно решить вопрос незначительного дефицита пропускной способности лимитирующих участков и направлений без строительства дополнительных главных путей. Изменение «плеч» обслуживания локомотивных бригад существенно влияет на проблему дефицита приемо-отправочных путей на технических станциях.

Таких положительных примеров на сети железных дорог очень много. Передовые технологические методы отдельных железных дорог применяются на всей сети. Однако это только передовые методы, а для получения общесетевого экономического эффекта от сокращения избыточных технических и реконструктивных мероприятий требуется проводить эту работу на системной основе. Для этого необходимо иметь как передовые современные технологические «прорывы», так и многолетний опыт наших предков по совершенствованию технологии процесса перевозок в виде типового перечня технологических мероприятий (далее – Перечень). Этот Перечень должен систематически актуализироваться, а оценка возможности его применения должна быть дана при любом рассмотрении новых инфраструктурных мероприятий.

Возможным вариантом решения задачи формирования Перечня может быть метод экспертных оценок. Сущность метода экспертных оценок заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов. Получаемое в результате обработки обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы [1]. Эксперт – это компетентное лицо, имеющее глубокие знания о предмете или объекте исследования. Метод подразумевает компетентное участие специалистов в анализе и решении рассматриваемой проблемы [2].

Достоверность групповой экспертной оценки зависит от общего числа экспертов в группе, долевого состава различных специалистов в группе, от характеристик экспертов. Сложной проблемой является формирование системы характеристик эксперта, которые могут существенно повлиять на ход и результаты экспертизы. Эти характеристики должны описывать специфические свойства специалиста и возможные отношения между людьми, влияющие на экспертизу [1].

Тем не менее можно установить некоторые общие требования, подразумевающие реестр качеств, какими должен обладать «идеальный» эксперт, с которым предпочтительно работать [1]:

- компетентность потенциального эксперта в исследуемой области;
- эрудированность в смежных областях;
- стаж научной или практической работы в определённой сфере;
- должностное положение;
- принципиальность;
- объективность;
- способность творчески мыслить;
- интуиция.

Существует множество разновидностей метода экспертной оценки. Некоторые из них приведены на рисунке 1.

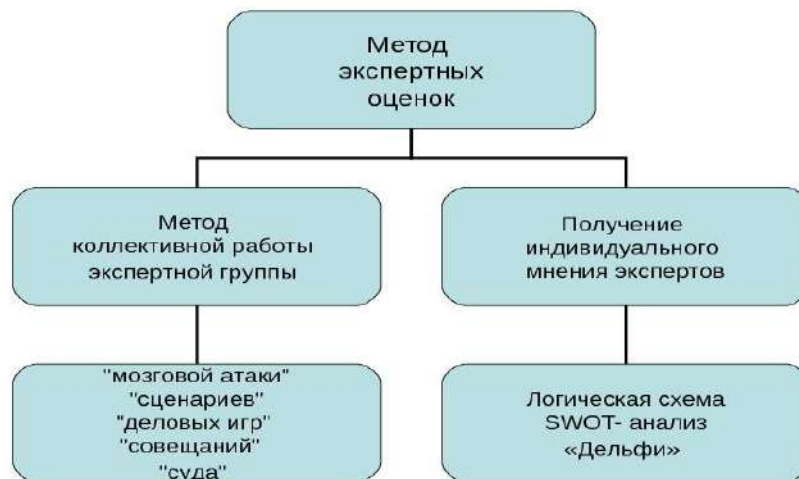


Рисунок 1 – Разновидности метода экспертных оценок

Для решения задачи формирования Перечня в Управлении комплексной экспертизы проектов ОАО «РЖД» был выбран метод «мозгового штурма», или «мозговой атаки», который подразумевает очную коллективную работу экспертной группы.

Рабочая группа включила в себя 12 экспертов, обладающих следующими качествами:

- компетентность в своей специализации (были выбраны представители блоков движения, энергетики, пути, системы централизации и блокировки, локомотивного комплекса, транспортной безопасности, автомобильных дорог, пассажирского хозяйства);
- стаж работы на производстве не менее 5 лет;
- стаж работы в должности эксперта не менее года;
- принципиальность и объективность;
- опыт взаимодействия со смежными областями.

Именно подбор экспертов из разных специализаций и опыт взаимодействия со смежными областями повлияли на выбор конкретного метода экспертных оценок.

В режиме «живой» дискуссии были определены наиболее эффективные технологические мероприятия с точки зрения влияния на повышение пропускной способности станций, узлов, участков, направлений и целых полигонов. Мероприятия рассматривались из разных сфер деятельности, полигонов, времени реализации, а также те, которые еще нигде не применялись. Из более чем 200 мероприятий был сформирован Перечень, состоящий из 11 пунктов (таблица 1), основанных на следующих критериях оценки:

- отсутствие необходимости финансирования;
- универсальность географического применения;
- возможность реализации без внесения изменений в Федеральную законодательную базу;
- время от момента принятия решения до начала реализации – не более 1 года;
- системность получения технологического эффекта;
- отсутствие негативного влияния на другие сферы деятельности.

Таблица 1 – Типовой перечень технологических мероприятий

Мероприятие	Эффект
1 Корректировка графика движения поездов (применение параллельного или «пакетного» графика, непарности на лимитирующих направлениях, использование сезонных «ниток» пассажирских поездов грузовыми)	Повышение пропускной способности участка и направления за счет рациональной организации продвижения поездопотоков
2 Удлинение «плеч» обслуживания локомотивных бригад	Повышение пропускной способности технических станций и всего направления за счет исключения занятия путей для смены локомотивных бригад
3 Осуществление подталкивания грузовых поездов без объединения тормозной магистрали (по местным условиям) с возможностью отцепки подталкивающего локомотива на ходу	Повышение пропускной способности участка за счет исключения необходимости остановки поездов для отцепки подталкивающего локомотива
4 Установление гарантийных плеч безопасного проследования вагонов по всему маршруту следования от станции погрузки до станции выгрузки	Повышение пропускной способности технических станций и всего направления за счет исключения осмотров вагонов в пути следования
5 Работа диагностических вагонов (дефектоскопы, путеизмерители) в составах пассажирских поездов	Повышение пропускной способности направлений за счет сокращения количества «ниток» хозяйственных поездов
6 Изменение технологии обслуживания устройств СЦБ в части минимизации работ в «окна» и изменения периодичности проверок устройств	Повышение пропускной способности станций и участков за счет сокращения продолжительности и количества предоставляемых «окон»
7 Использование автодорог для завоза строительных материалов на объекты строительства и реконструкции инфраструктуры	Повышение пропускной способности лимитирующих направлений за счет сокращения количества «ниток» хозяйственных поездов
8 Сокращение времени выполнения технологических операций на станциях или их параллельное выполнение (индивидуально)	Повышение пропускной способности станций за счет сокращения времени занятия путей
9 Концентрация видов работ в одно «окно»	Повышение пропускной способности станций и участков за счет сокращения количества предоставляемых «окон»
10 Предоставление «окон» в едином «створе»	Снижение потерь пропускной способности всего направления за счет единой технологии предоставления «окон» по смежным участкам
11 Согласование «твердых ниток» передачи поездов на инфраструктуру других собственников и сопредельных государств	Повышение пропускной способности пограничных станций и подходов к ним за счет синхронизации работы со всеми участниками перевозочного процесса

Практика применения данных мероприятий на реальных объектах показывает, что достигаемый технологический эффект очень зависит от конкретных местных условий и может колебаться от повышения маневренности конкретного объекта до увеличения пропускной способности лимитирующего направления вдвое. Так, решение о корректировке графика движения поездов по Северомуйскому участку с прокладкой четного (груженого) поездопотока через тоннель, а нечетного (порожного) по обходу позволит увеличить пропускную способность на всем лимитирующем Северомуйском участке направления Северобайкальск – Таксимо с 20 до 36 пар грузовых поездов к 2024 году.

Приведенный Перечень (см. таблицу 1) не может и не должен быть окончательным. Аналогичным образом должна быть организована работа экспертных групп на регионах, указанные технологические мероприятия должны быть адаптированы к местным условиям и дополнены другими, характерными для конкретной дороги. Это должен быть непрерывный и постоянно совершенствующийся процесс. Тогда применение этого Перечня перед принятием решения о необходимости выделения денег на технические и реконструктивные мероприятия будет иметь технологический смысл и экономическую целесообразность.

#### Список литературы

- 1 Метод экспертных оценок [Электронный ресурс]. – М., 2015. – Режим доступа : [https://studopedia.ru/7\\_50187\\_glava--metod-ekspertnihotsenok.html](https://studopedia.ru/7_50187_glava--metod-ekspertnihotsenok.html). – Дата доступа : 16.09.2022.
- 2 Бешелев, С. Д. Экспертные оценки / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Наука, 1973. – 246 с.
- 3 Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.
- 4 Карданская, Н. Принятие управленческого решения / Н. Карданская. – М. : ЮНИТИ, 1999. – 407 с.

## **КОМФОРТ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НОВОГО ВРЕМЕНИ НА ПРИМЕРЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ПЛАТФОРМЫ ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ**

*Д. В. ПАДЕРИНА, М. А. КУЛИКОВА*

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
г. Казань, Российская Федерация*

Город Казань по праву считается третьей столицей Российской Федерации. В границах города активно развито пригородное сообщение, функционирует более 25 станций и остановочных платформ с активным пассажиропотоком.

В настоящее время непрерывно развивающаяся инфраструктура и потребности населения приводит к модернизации городских обустройств.

В проекте рассмотрен вопрос модернизации остановочной платформы «804 километр», расположенной в жилом массиве Дербышки города Казани.

Данная остановочная платформа территориально расположена в крупном жилом массиве, население которого более 89 тысяч человек.

В рассматриваемом жилом массиве функционируют 4 огромных промышленных предприятия: «Казанский оптико-механический завод» (число работников – более 1500), «ОАО Хитон» (число работников – более 500), АО «НПО Государственный институт прикладной оптики» (число работников – более 400), ЦКБ «Фотон» (число работников – более 300). Также в поселке осуществляют работу 7 общеобразовательных школ, 16 детских садов, которые посещают дети из районов, так как рассматриваемый жилой массив находится на границе с сельскими поселениями Высокогорского района.

В поселке функционирует стадион, бассейн, городской пляж, которые также посещает население и города, и соседнего района.

До рабочих мест, образовательных учреждений и объектов инфраструктуры люди добираются на автобусах, а также пригородным сообщением.

В проекте модернизации остановочной платформы предлагаются следующие усовершенствования.

1 Установка пандуса для подъема людей с ограниченными возможностями при помощи пандуса на электрическом приводе. Данные устройства устанавливаются на первой входной группе перрона, и после нажатия кнопки пандус с надежным ограждением производит подъем на платформу. Помощь третьих лиц при наличии вышеуказанного подъемника не требуется.

В Российской Федерации и, в частности, Республике Татарстан успешно реализуется программа «Сопровождения инвалидов молодого возраста при трудоустройстве в рамках мероприятий по содействию занятости населения». Таким образом, на функционирующих заводах трудоустроено более 100 работников, имеющих инвалидность. Также и образовательные учреждения поселка посещают более 100 детей-инвалидов.

Таким образом, данная категория граждан получает возможность самостоятельного передвижения, не только на автобусах, но и на транспорте пригородного сообщения, который значительно сокращает время в пути, а также имеет более высокое качество передвижения.

2 Монтаж отопляемого помещения (мать и дитя), совмещенного с крышей перрона. На рассматриваемой железнодорожной платформе навеса не предусмотрено, соответственно, она не защищена от неблагоприятных погодных условий.

В данном проекте предусмотрен монтаж отдельного отопляемого помещения, совмещенного с основным навесом и боковым прозрачным ограждением площадью около 8–9 м<sup>2</sup>. Данное помещение создаст пассажирам с детьми наибольший комфорт, а также позволит переждать неблагоприятные погодные условия в ожидании пригородного поезда.

Отапливать помещение предлагается электрическими радиаторами, получающими питание от комплексной трансформаторной подстанции, балансодержателем которой является Горьковская дирекция по энергообеспечению. Указанная подстанция находится в 10 метрах от перрона и имеет необходимый для этого ресурс мощности. Таким образом, удастся избежать дополнительных затрат на монтаж нового КТП и прокладку кабелей.

Альтернативным же источником питания рассматриваемого в проекте теплого помещения предлагается питание от солнечного модуля Silasolar, который возможно установить на крыше перрона. Установка подобных модулей будет способствовать не только экономии электрической энергии, но и снижению негативного воздействия на окружающую среду, что поддерживает Экологическую стратегию холдинга ОАО «РЖД» до 2030 года.

3 Монтаж световой и звуковой сигнализации приближения подвижного состава. Световая сигнализация будет исполнена в виде светящейся красной полосы за 30 сантиметров от края платформы. Звуковая сигнализация будет подавать сигнал о приближении поезда за 500 метров. Датчики этих устройств планируется расположить на охраняемом железнодорожном переезде. В обязанности дежурного по переезду входит встреча всех поездов. Таким образом, при встрече поезда дежурным по переезду будут включаться датчики световой и звуковой сигнализаций. Вышеуказанный переезд располагается в 500 метрах от пассажирской платформы. Дополнительных затрат на датчики движения и звука, а также отдельный работник для этого не нужны.

Установка двух видов сигнализации приближения поезда позволит снизить случаи непроизводительного травматизма на железнодорожном транспорте (в части наезда подвижного состава), в том числе детского. Также звуковая сигнализация поможет людям с нарушением зрения, а световая – с нарушением слуха заранее узнать о приближении подвижного состава.

4 Установка контейнеров для раздельного сбора мусора. Селективный сбор мусора набирает всё большую популярность в России, так как бережет экологию и способствует снижению затрат на вывоз мусора. Есть как минимум четыре причины установок подобных контейнеров: уменьшение количества свалок, забота о природе, повторное использование ресурсов, экономия затрат на вывоз и последующую сортировку на заводах.

Это также является неотъемлемой частью стратегии развития холдинга и выполнения мероприятий, предусмотренных Экологической стратегией до 2030 года.

5 Установка USB-розеток для зарядки портативных мобильных устройств и беспроводного интернета. Это значительно повысит уровень комфорта пассажиров, а также увеличит конкурентоспособность в части комфорта, в сравнении с наземным не железнодорожным транспортом. Питание вышеуказанных устройств также может частично осуществляться от солнечных модулей.

6 Установка камер видеонаблюдения на платформе. Это повысит уровень безопасности пассажиров, а также будет способствовать скорейшему расследованию возможных случаев непроизводительного травматизма вблизи платформы.

7 Установка информационного табло. Повышает уровень комфорта для пассажиров, дает информацию о расписании пригородных поездов, текущем времени, дате и температуре окружающего воздуха.

8 Установка оборудования для билечивания пассажиров. Данный автомат будет установлен под специальным навесом для защиты от неблагоприятных погодных условий, напротив входа на перрон. Это сократит расходы на заработную плату билетных кассиров, обеспечение жизнедеятельности помещения билетной кассы и т. д. Данный автомат будет установлен в паре с турникетом, который будет осуществлять пропуск на перрон только после сканирования штрихкода с заранее купленного билета.

Вышеуказанные предложения по модернизации пассажирской платформы могут внедряться и на других объектах пригородного сообщения для увеличения пассажиропотока, комфорта пассажиров, конкурентоспособности железнодорожного транспорта, а также выполнения мероприятий по снижению непроизводительного травматизма не только в границах ОАО «Российские железные дороги», но и на железных дорогах союзных государств.

УДК 612.845.5:004.4

## **ОПТИМАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ МАШИНИСТАМ С АНОМАЛИЯМИ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ БЕЗОПАСНЫЕ ПАССАЖИРСКИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ**

*В. В. СИНИЦЫНА*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск*

На сегодняшний день известно, что 90 % информации об окружающем мире человеку даёт зрение [1]. Особая значимость обладания визуальной информацией делает необходимой разработку

различных методов и средств, помогающих людям с проблемами зрения адаптироваться и комфортно существовать в мире постоянно циркулирующего потока данных.

Одним из нарушений зрения, которое мешает людям корректно воспринимать окружающую их визуальную информацию, является аномалия цветового зрения. Аномалии цветового зрения генетического происхождения свойственны 5–8 % мужского и 0,5 % женского населения, что означает наличие данной врождённой особенности у 200–320 миллионов мужчин и примерно 20 миллионов женщин [2].

Известны случаи серьёзных последствий невозможности корректного распознавания цветов людьми, управляющими транспортными средствами и имеющими аномалии цветового зрения. Так, в XIX веке цветоаномалия людей, управляющих различными транспортными средствами, не раз приводила к катастрофам. Особенно много жертв повлекло крушение поезда в Лагерлунде в 1875 году: цветнослепой машинист принял красный сигнал за зелёный [3]. Кроме того, сложности с определением цвета моргающих ламп на приборной панели испытывают также пилоты, имеющие цветовую слепоту [4].

Совершенствование же технических возможностей обеспечивает не только развитие безграничного доступа людей к любому типу информации, но и возможность вовлечения в профессии людей, которые проявляют интерес к ним, но испытывают трудности с подобной рода деятельностью в силу каких-либо проблем со здоровьем (в частности, ввиду аномалий цветового зрения).

Так, целью данной работы является определение оптимальных устройств для предоставления возможности машинистам с цветовой слепотой осуществлять безопасные железнодорожные перевозки.

Кроме того, поставлены следующие задачи:

- исследовать существующие виды и формы аномалий цветового зрения;
- изучить имеющиеся на данный момент ограничения в профессиональной деятельности для машинистов поездов;
- определить, какие именно устройства предоставляют возможность осуществления пассажирских перевозок машинистами поездов с цветоаномалиями, а также обозначить характеристики программного обеспечения данных устройств.

Прежде всего необходимо рассмотреть виды аномалий цветового зрения, среди которых на сегодняшний день выделяются следующие.

1 Аномальный трихроматизм (включает тританомалию, протаномалию, дейтераномалию), особенностью которого заключается в недостаточном количестве фотопигмента определённого цвета (красного, синего или зелёного). Формы аномального трихроматизма имеют различные степени тяжести: А, В и С.

2 Дихроматизм, возникающий в случае отсутствия красного, синего или зелёного фотопигмента у человека. Аномалия включает в себя дейтеранопию, протанопию, тританопию.

3 Монохроматизм, при котором восприятие цвета либо отсутствует полностью, тогда люди видят мир как чёрно-белую фотографию (палочковый монохроматизм), либо присутствует фотопигмент какого-то одного вида (колбочковый монохроматизм), тогда человек видит мир одним цветом.

Кроме того, в «Перечне медицинских противопоказаний к работе по должностям работников железнодорожного транспорта общего пользования, непосредственно обеспечивающих перевозочный процесс» указано, что в случае наличия у работника монохроматизма, дихроматизма, протаномалии типа А, дейтераномалии типа А данные нарушения классифицируются в качестве выраженных нарушений способности к трудовой деятельности; в случае же протаномалии типа В или дейтераномалии типа В наблюдается умеренно выраженное нарушение способности к трудовой деятельности; при наличии же у работника протаномалии типа С, дейтераномалии типа С, а также при правильном различении красного, зелёного и жёлтого цветов принято считать присутствие у такого работника лёгкого нарушения способности к трудовой деятельности, однако машинисты не могут осуществлять пассажирские перевозки ни при одной из вышеупомянутых аномалий [5].

Необходимо рассмотреть, какие именно технические средства и с какими характеристиками программного обеспечения способны помочь машинистам поездов с цветовой слепотой в их профессиональной деятельности.

В связи с выбором оптимальных устройств для предоставления возможности машинистам с аномалиями цветового зрения осуществлять безопасные железнодорожные перевозки следует отметить некоторые важные положения:

- программное обеспечение должно помогать машинистам с различными видами цветоаномалий, то есть корректировать изображения для работников с аномальным трихроматизмом (важно учитывать также различные степени форм аномального трихроматизма), дихроматизмом, коррекция же изображений для машинистов с монохроматизмом пока представляется маловероятной;
- коррекция изображений должна не просто представлять собой изменение насыщенности некоторых частей изображений, но и стремиться сделать цветовую составляющую данных реколоризованных изображений для машинистов с цветовой слепотой более близкой к оригиналу;
- для машиниста поезда особенно важно иметь возможность корректно различать цвета сигналов светофора, дорожных знаков, панели управления;
- в ночное время программное обеспечение должно распознавать необходимые железнодорожные знаки и сигналы так же хорошо, как и днём;
- машинисту поезда следует иметь возможность различать не только сигналы светофоров и дорожные знаки, но и цвета моргающих ламп на панели управления в кабине машиниста;
- программное обеспечение также должно иметь довольно хорошую скорость обработки принимаемой информации, то есть важны такие характеристики, как скорость обработки видеопотока, распознавания ключевых для наблюдения объектов и их реколоризации;
- важна низкая степень вероятности выхода из строя устройства, сбоя алгоритма, так как это повлечёт за собой катастрофические последствия.

Таким образом, следует отметить, что проблема аномалий цветового зрения у машинистов поездов является достаточно актуальной, так как не позволяет работникам с теми или иными видами, формами и степенями цветовой слепоты занимать данную должность. Но на сегодняшний день возможна разработка программного обеспечения, которое поможет машинистам с различными видами аномалий цветового зрения безопасно управлять пассажирским поездом. Внедрять данное программное обеспечение лучше всего в очки, которые позволяют загружать соответствующее программное обеспечение и отображать окружающую действительность согласно наиболее корректному для работников с аномалиями цветового зрения представлению.

#### Список литературы

- 1 **Брусенцова, Т. П.** Проектирование интерфейсов пользователя : пособие для студентов специальности 1-47 01 02 «Дизайн электронных и веб-изданий» / Т. П. Брусенцова, Т. В. Кишкурно. – Минск : БГТУ, 2019. – 52 с.
- 2 **Шиффман, Х. Р.** Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – СПб : Питер, 2003. – 222 с.
- 3 **Луизов, А. В.** Цвет и свет / А. В. Луизов. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинград. отделение, 1989. – 256 с.
- 4 **Чарагго, А.** Applications of Color in Design for Color-Deficient Users / А. Charaggo, М. Charaggo // Journal of Ergonomics in design. – 2017. – Vol. 25, no 1. – P. 23–30.
- 5 Об организации медицинского обеспечения безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта общего пользования и об установлении отдельных форм медицинских документов [Электронный ресурс] : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 31 окт. 2012 г., № 171 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2012.

УДК 656.072.67

### «ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ» ПАССАЖИРА И КАК ЭТО СВЯЗАНО С ЖАЛОБАМИ

*В. И. УЛЬЯНИЦКАЯ*

*Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I,  
Российская Федерация;*

*Региональный центр информационно-справочного сопровождения клиентов «Запад» Дирекции  
железнодорожных вокзалов – филиала ОАО «РЖД»,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Право на обращение граждан закреплено на законодательном уровне, является одной из форм обратной связи для государства и общества. Это право включает в себя волеизъявление человека на свое мнение, точку зрения или несогласие с системой, без применения наказания или ответных мер в сторону заявителя. Огромное количество каналов коммуникаций в компании ОАО «РЖД» формируют требования к включению дополнительных инструментов оценки и учета поведенческих



факторов пассажиров и клиентов компании. Обратная связь «пассажир – компания» наглядно показывает взаимосвязь традиционно технологических и технических процессов с вводимыми цифровыми услугами и переходами к отдельным автоматизированным устройствам (системам) и то, как нововведения воспринимаются пассажирами, что им нравится и на что они жалуются. Фактически в текущих реалиях обращение от пассажира служит механизмом оценки «настроения» целевой аудитории как на стадии знакомства с системой, так и на стадии зрелых взаимоотношений. Именно обращения позволяют понять, удовлетворяют ли пассажира результаты деятельности компании по конкретному виду услуг.

Развитие сервисных каналов обратной коммуникации даёт пассажиру право выбора и чувство единоличного принятия решения, выбора канала связи. Например: если пассажиру или клиенту необходимо уточнить расписание, наличие билетов, то он, скорее всего, обратится в кассы, к оператору, на стойку информации или воспользуется приложением «РЖД – Пассажирам». Но если пассажиру требуется пояснение, комментарии или разбор случая, то канал связи будет иного типа. Так как требуется время для выяснения обстоятельств и принятия решения по обращению. При этом аналитика по обращениям не интегрирована в одну систему (обращения на месте и обращения с отложенным ответом). Да и в части множества каналов связи нет единого свода по обращениям. Очевидно, что часть обращений аккумулируется на функциональных и региональных уровнях, без должного анализа на уровне корпоративного и стратегического управления.

Основопологающим элементом в структуре взаимоотношений с пассажиром, остается интерпретация результатов и направленность к характеру взаимодействия от лица пассажира (рисунок 1). На рисунке 1 наглядно проиллюстрирован вариант формы обратной связи и возможного сочетания реакций пассажира при использовании услуг или комплекса услуг через виды поведений.

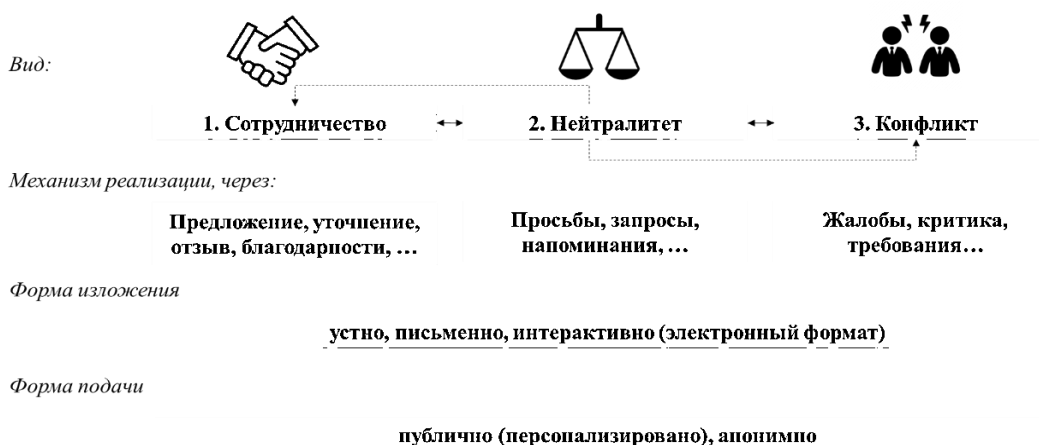


Рисунок 1 – Структура взаимоотношений с пассажиром (клиентом)

1 Сотрудничество – здесь мы ожидаем «положительную реакцию», когда оказанные услуги вызвали максимально позитивные эмоции, отклики, удовлетворили потребности пассажира, отчасти предугадали и предвосхитили его ожидания от сервиса или услуги. Кроме того, рассматриваем, когда пассажир сам предлагает улучшение процесса, выступая инициатором, выдвигает предложения, пишет положительный отзыв, становится «сарафанным радио», рассказывая о полученном лично опыте о товаре или услуге, тем самым поднимая рейтинг о компании.

2 Нейтралитет – ожидается переходная форма эмоций. Пассажир находится в состоянии, когда воздействие внешних и внутренних раздражителей не сказывается на его эмоциях. Для него важна констатация факта и изложение практических советов. Запрос можно рассмотреть как попытку уточнения, обобщения и структурирования, когда пассажир просит дать какие-либо сведения, объяснения.

3 Конфликт – достаточно сложная форма отношений. Общими словами – клиент недоволен оказанной услугой. Он выдвигает требования, просит оказать ему услугу по заявленным требованиям с соответствующим качеством, критикует работу системы и персонала, манипулирует, оставляет жалобу. Проявление недоверия и сомнения, тоже можно отнести к этой категории, когда часть

услуг, оказываемых автоматизированными системами, остается вне спроса и фокуса внимания пассажира и даже имеет иррациональный страх нового и тревогу, а в случае негативного опыта использования, из-за незнания, сохраняют эти установки (триггерный эффект). Противоречие системы и проявление защитной реакции лица на различные негативные обстоятельства, при оказании услуги – жалоба.

В текущей законодательной системе жалоба определяется как просьба гражданина о восстановлении или защите его нарушенных прав, свобод или законных интересов либо прав, свобод или законных интересов других лиц<sup>1)</sup>. В компании ОАО «РЖД» понятие жалоба в пассажирских перевозках можно обозначить более предметно: сообщение пассажира о нарушенном, по его мнению, процессе предоставления услуг пассажирского комплекса и/или их ненадлежащем качестве.

Процедура принятия и отработки обращений представлена на рисунке 2. Независимо от канала поступления этапность обработки будет сохраняться в таком порядке: фиксация, обработка, проверка, принятие и исполнения решения и подготовка ответа. Важнейший элемент системы оценки качества предоставляемых услуг пассажирского комплекса осуществляется через исследования индекса удовлетворенности и индекса лояльности клиента к предоставляемым услугам. Главная проблема заключается в том, что система компании сейчас находится в переходном состоянии, когда под воздействием разворачивающихся факторов компания не всегда готова вовремя отследить реакцию пассажира на услугу, особенно если проекты локальные или носят характер инновационных (новые).

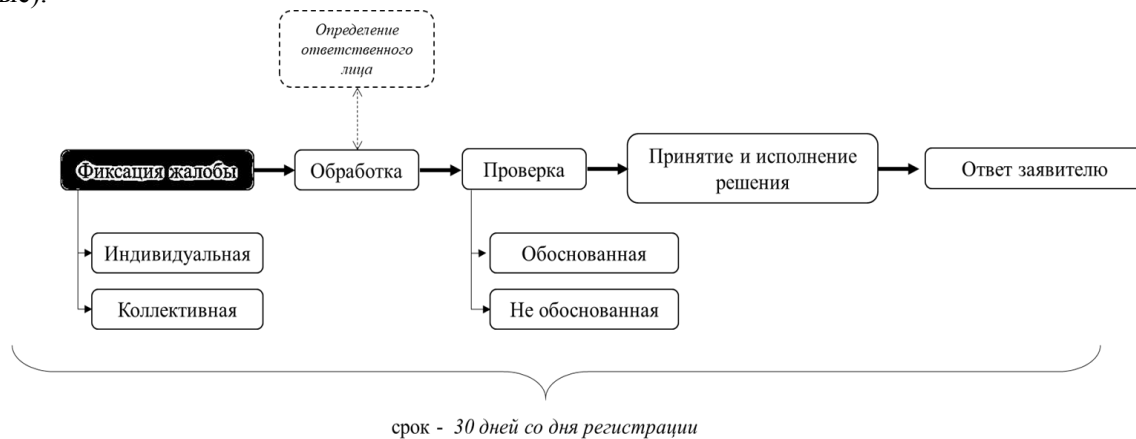


Рисунок 2 – Типовой алгоритм работы с жалобами в ОАО «РЖД»

Именно работа с обращениями граждан, в том числе и с жалобами, направлена на коррекцию на месте, разработку корректирующих и предупреждающих действий в области деятельности компании ОАО «РЖД» в тех процессах, где пассажир столкнулся с нарушением предоставления услуг. Умение правильно учесть, ранжировать, систематизировать и обработать большой массив данных позволит компании ОАО «РЖД» учитывать риски и комплексные проблемы, которые видит пассажир или сталкивается при получении услуг компании.

На протяжении последних лет наблюдается динамика устойчивого снижения количества обращений, в том числе и жалоб, что свидетельствует о результативности принимаемых решений и мер по совершенствованию работы с обращениями в компании ОАО «РЖД». Полученные результаты предполагают, что необходимо уже сейчас формировать портрет «поведенческих реакций» и учитывать изменение «настроения» пассажира, уделять внимание интерпретации результатов и направленности по обращениям. Именно эффективность индивидуальной обратной связи как поведенческого инструмента позволит на реальных событиях от первого лица (пассажира), особенно если речь идет о жалобах, изменить систему учета и методiku оценки удовлетворенности пассажиров качеством услуг железнодорожного транспорта.

<sup>1)</sup> Федеральный закон «О порядке рассмотрения обращения граждан Российской Федерации» от 02 мая 2006 г. № 59-ФЗ

## Список литературы

- 1 **Ульяницкая, В. И.** Цифровые каналы коммуникации как инструмент моделирования информационно-справочных услуг / В. И. Ульяницкая // Бюллетень результатов научных исследований. – 2022. – Вып. 2. – С. 50–63. – DOI : 10.20295/2223-9987-2022-2-50-63.
- 2 **Ульяницкая, В. И.** Совершенствование процесса работы с обращениями граждан путем автоматизации вспомогательных процессов в пассажирском комплексе / В. И. Ульяницкая // Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ-2022) : сб. тр. – СПб. : ПГУПС. – 2022. – С. 353–359.
- 3 **Покровская, О. Д.** О цифровой платформе «Терминальная сеть» / О. Д. Покровская, И. Д. Новикова, К. А. Заболоцкая // БРНИ. – 2020. – № 2 – С. 20–32. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/o-tsifrovoy-platforme-terminalnaya-set>. – Дата доступа : 19.08.2022.
- 4 **Покровская, О. Д.** Методика оценки клиентоориентированности сервиса железнодорожного транспорта / О. Д. Покровская, Т. С. Титова // БРНИ. – 2018. – № 3 – С. 84–106. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-klientoorientirovannosti-servisa-zheleznodorozhnogo-transporta>. – Дата доступа : 20.08.2022.

УДК 656.072.67

## ОРГАНИЗАЦИИ ПОТОЧНОГО СЛЕДОВАНИЯ ПассаЖИРОВ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА «СУХИЕ НОГИ»

*Т. М. ШМАНЁВ, В. И. УЛЬЯНИЦКАЯ*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация;*

*Региональный центр информационно-справочного сопровождения клиентов «Запад»  
Дирекции железнодорожных вокзалов – филиала ОАО «РЖД»,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

В реальной жизни маршрут клиента при определенных обстоятельствах обрывается в зависимости от вида транспорта, пересадочных / посадочных пунктов и времени между прибытием и отправлением, а также форс-мажорных ситуаций. Итоговым индикатором оценки качества услуг, предоставляемых перевозчиками, которые организуют перевозку пассажиров – предлагается считать снижение «транспортной усталости» пассажира на протяжении всего пути следования. Развитие транспортной инфраструктуры невозможно без подхода к организации «сквозного» маршрута пассажира, который затрагивает все виды транспорта. Именно создание интеллектуальных транспортных систем является приоритетным направлением на ближайшее десятилетие.

Необходимость условия оценки потребностей в передвижении пассажира приводит к тому, что компания рассматривает в качестве транспортного потенциала мобильность пассажира на всём пути маршрута, а не на отдельную часть поездки. Это понимание воплотилось в принцип «сухие ноги». Идея поточного следования пассажиров по принципу «сухие ноги» состоит в том, чтобы обеспечить клиенту беспрепятственный и комфортный пропуск от начала маршрута, в пути следования, при пересадках и до окончания маршрута. При этом конфигурация видов транспорта может быть разнообразной, зависящей от предпочтений пассажира, тем самым обеспечивается синергетический эффект предлагаемых условий (рисунок 1).

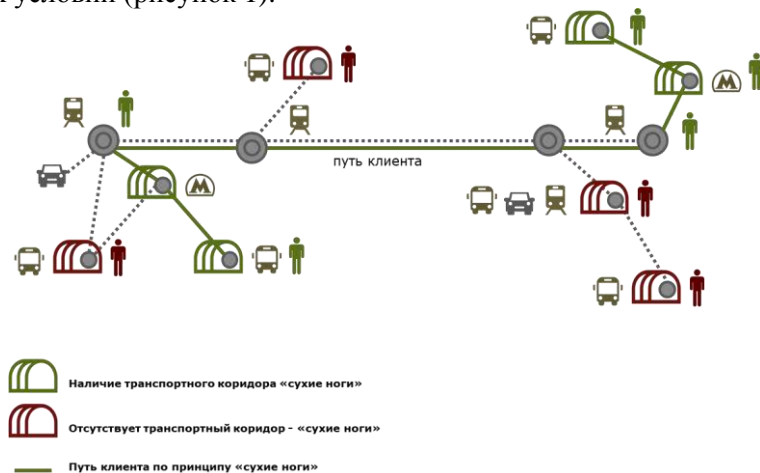


Рисунок 1 – Типовая модель городской транспортной системы поточного следования пассажира по принципу «сухие ноги»

Классическим примером, приведенным во многих работах, является «бесшовность» транспортного обслуживания. Бесшовность означает, что все компоненты городской транспортной системы (железнодорожный транспорт, метро, автобусное сообщение, автомобильный транспорт, речной), вовлечённые в создание «услуги по обеспечению мобильности», должны быть плотно, устойчиво и непрерывно взаимосвязаны. Но данный принцип не учитывает модификацию и формирование инфраструктуры «единым окном» комфорта и безопасности, где трансферт межвидовых транспортных услуг априори представлял бы целостную систему, где сформировано благоприятное пространство для пассажира на всём пути следования. Текущая обстановка такова, что при формировании маршрута следования, пассажир всё равно сталкивается с расстыковкой технологии маршрута. Когда смена вида транспорта зачастую сопряжена не только разноуровневыми пешеходными переходами, но и с выходом на улицу. Более того, многоцелевое и многофункциональное общественное пространство остается в стороне от комфортной навигации, так как зачастую балансодержатель инфраструктуры не задумывается о логистике, комфорте и безопасности клиента вне своего объекта.

Таким образом, разрыв условий напрямую влияет на указанный нами ранее критерий (индикатор) – транспортная усталость пассажира. Так, при выборе нескольких видов транспорта пассажир отдаст предпочтение маршруту, где в пути следования он не будет зависеть от погодных условий, спланирует свой путь так, что всё передвижение будет в границах зданий, навесов, пешеходных переходов, мостов и пр. Разработав типовую модель городской транспортной системы (схематично) поточного следования пассажира и отобразив на ней возможный маршрут следования пассажира с учетом стыковки крупных ТПУ, возможного выбранного вида транспорта, наличия транспортного коридора по принципу «сухие ноги», можно говорить об оптимизации параметров основных и сопутствующих пассажиропотоков на определенном инфраструктурном объекте.

Исходя из совокупности вышеназванных условий и признаков можно определить понятие принципа «сухие ноги» так: эмпирическое правило обслуживания пассажира на объектах пассажирской инфраструктуры, обеспечивающее общий комфортный эффект как сумму отдельных эффектов: безопасность, комфорт, экономия и пр. В целях повышения качества обслуживания пассажиров на объектах пассажирского комплекса, обеспечения единства требований к пассажирским платформам, зданиям, павильонам и другим эксплуатационным параметрам пассажирских устройств на железнодорожных линиях в зависимости от объема пассажиропотока определяются категория вокзального комплекса или остановочного пункта и типовой набор предоставляемых услуг. Реализация такого принципа должна опираться на выработку проектных решений по функциональной направленности объекта и учитывать следующие технические решения покрытия инфраструктуры:

- разноуровневое расположение;
- навесы;
- атриумы;
- конкорды;
- мосты;
- метро в теле вокзала;
- подземные парковки и др.

Именно последовательность и объединение инфраструктурной основы, участников транспортной системы, ориентируемая на благоприятную среду для своих клиентов, должна стать ядром качества и комфорта.

Одним из решений является формирование системы транспортного потенциала и универсализация железнодорожной и городской (муниципальной) транспортной системы поточного следования пассажира по принципу «сухие ноги», когда все компоненты транспортной системы устойчиво и непрерывно вовлечены в один процесс и взаимосвязаны, через критерий комфорта. Тем самым обеспечивается клиентская лояльность за счет минимизации негативных последствий для клиентов в пути следования.

#### Список литературы

1 Шманёв, Т. М. Формирование конкурентной среды на примере транспортного потенциала методом организации поточного следования пассажиров на основе принципа «сухие ноги» / Т. М. Шманёв [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2022. – Т. 19, вып. 2. – С. 333–344. – DOI : 10.20295/1815-588X-2022-1-333-344.

2 Шманёв, Т. М. Повышение эффективности работы в пассажирском комплексе Октябрьской железной дороги за счет использования алгоритма принятия решений с помощью аналитических инструментов качества / Т. М. Шманёв,

В. И. Ульяницкая, М. С. Пухова // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2021. – Т. 18, вып. 2. – С. 188–200. – DOI : 10.20295/1815-588X-2021-2-188-200.

3 Покровская, О. Д. Методика оценки клиентоориентированности сервиса железнодорожного транспорта / О. Д. Покровская, Т. С. Титова // БРНИ [Электронный ресурс]. – 2018. – № 3. – С. 84–106. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-klientoorientirovannosti-servisa-zheleznodorozhnogo-transporta>. – Дата доступа : 20.08.2022.

УДК 656.025.2

## **КОНВЕЙЕРНО-КАССЕТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*В. Н. ШУТЬ, Е. В. ШВЕЦОВА*

*Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь*

В последнее время представления о том, как должна выглядеть эффективная и комфортная транспортная система, соответствующая задачам развития современного города, претерпели значительные изменения. Новые стандарты транспортной доступности в городах были немыслимы еще 20–30 лет назад. Горожанин будет тратить на дорогу не более 30 минут в день, вне зависимости от того, в какую точку города он хочет поехать и каким видом транспорта он собирается воспользоваться. При этом желательно, чтобы время ожидания транспорта было минимальным, а проезд от остановки отправления и до остановки назначения преимущественно безостановочным.

Конкурентоспособность городов напрямую зависит от уровня развития транспортной инфраструктуры и транспортной системы в них, так как успешное функционирование транспорта влияет на экономическую, социальную и экологическую составляющие устойчивого развития города. Хорошо спланированная и надёжно функционирующая система общественного транспорта является краеугольным камнем городской политики. Частный автомобильный транспорт не способен обеспечить высокую провозную способность городских магистралей, т. к., по данным [1], в каждом авто в среднем перемещается 1,2–1,5 человека. Поэтому, чтобы избежать транспортного коллапса, необходимо разгрузить перенасыщенные магистрали путем расширения масштабов перевозок общественным транспортом наземного типа и высокой производительности, приближающейся к производительности метро [2].

При этом для того, чтобы пересадить городских жителей с личного транспорта на общественный, необходимо предоставить им такой транспорт, который по потребительским качествам был бы близок или даже превосходил последний. Базовые качества личного транспорта – почти нулевое время ожидания.

Второе важное качество – безостановочный проезд из пункта отправления и до пункта назначения. Всё это может обеспечить городской автоматический транспорт. При этом он имеет одно важное преимущество, присущее общественному транспорту, – высокую провозную способность. Также экономичность такого транспорта по перевозке пассажиров на порядок выше как личного, так и общественного.

На данный момент таких городских транспортных систем не существует. Имеется только проект автоматической транспортной системы с перечисленными параметрами. Основной транспортной единицей в данной системе является беспилотный электрокар – «инфобус».

Автоматическая система общественного городского транспорта способна без помех со стороны других транспортных средств функционировать в насыщенной улично-дорожной среде и перевозить количество пассажиров, сравнимое с метро. Система функционирует при полном отсутствии управления со стороны человека и является принципиально новым видом общественного транспорта на базе мобильных автономных электрокаров (беспилотных). Технико-экономические характеристики, которые обеспечивает данная транспортная система, недоступны известным на сегодня транспортным средствам городской перевозки пассажиров, таким как автобус, троллейбус, трамвай и метро [3–5]. Все беспилотные электрокары увязаны в один контур управления.

Система является адаптивной к пассажиропотоку, то есть работает по требованию на обслуживание на перевозку с минимальным временем ответа на запрос (время ожидания пассажира), также

сочетает в себе признаки личного (малое время ожидания транспорта и безостановочный, или с минимальным числом остановок, проезд пассажиром из пункта отправления в пункт назначения) и общественного транспорта (высокая провозная способность).

Кассетная, роботизированная городская транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров состоит из выделенного узкого пути (рельсовый либо монорельс), примыкающего к тротуару и отгороженного от него справа и также отгороженного от проезжей части дороги слева; остановочных пунктов посадки и высадки пассажиров, снабженных турникетами; беспилотных автономных электрокаров емкостью в 30–50 пассажиров. Каждый электрокар оборудован компьютером, связанным с сервером системы, команды с которого он обрабатывает полностью автономно под управлением собственного компьютера.

#### Список литературы

- 1 **Варелопупо, Г. А.** Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопупо. – М. : Транспорт, 1981. – 93 с.
- 2 **Шуть, В. Н.** Интеллектуальные робототехнические транспортные системы / В. Н. Шуть, Л. Персия. – Брест : БрГТУ, 2017. – 195 с.
- 3 **Пролиско, Е. Е.** Роботизированный городской транспорт кассетно-конвейерной перевозки пассажиров / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации : доклады XV Междунар. конф., Минск, 17 ноября 2016 г. – Минск, 2006. – С. 86–91
- 4 **Пролиско, Е. Е.** Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сб. науч. тр. по материалам Междунар. заочной науч.-практ. конф. Воронеж, 2016 г. – Воронеж : ВГЛТУ, 2016. – Т. 4. – № 5, ч. 3. – С. 336–341.
- 5 **Пролиско, Е. Е.** Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы : материалы науч.-техн. конф., Брест, 25–28 мая 2016 г. – Брест : БрГТУ, 2016. – С. 49–54.

## 8 ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 539.3

### ОБ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОМ ИЗГИБЕ ТОНКИХ ПЛАСТИН И СТЕРЖНЕЙ ПРИ ОДНОКРАТНОМ И ПЕРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ

Ф. Э. АБДУКАДИРОВ, С. Ш. ХОЖАХМАТОВ

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

На основе теории малых упругопластических деформаций приведены методика расчета тонких пластин и стержней при повторно-переменном нагружении [1–3]. Получены уравнения равновесия для тонких пластин в текущих величинах при переменном нагружении [4]:

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \frac{\partial}{\partial x^2} \left[ (1 - \Omega_1^{(k)}) \left( \frac{\partial^2 w^{(k)}}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{(k)}}{\partial y^2} \right) \right] + 2 \frac{\partial}{\partial x^2} \left[ (1 - \Omega_1^{(k)}) \frac{\partial^2 w^{(k)}}{\partial x \partial y} \right] + \right. \\
 & \left. + \frac{\partial}{\partial y^2} \left[ (1 - \Omega_1^{(k)}) \left( \frac{\partial^2 w^{(k)}}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{(k)}}{\partial x^2} \right) \right] \right\} = \frac{q}{D} q_1(x, y) - \left\{ \frac{\partial}{\partial x^2} \left[ \Omega_1^{(k)} \left( \frac{\partial^2 w^{0(k-1)}}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{0(k-1)}}{\partial y^2} \right) \right] + \right. \\
 & \quad \left. + 2 \frac{\partial}{\partial y^2} \left[ \Omega_1^{(k)} \frac{\partial^2 w^{0(k-1)}}{\partial x \partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial y^2} \left[ \Omega_1^{(k)} \left( \frac{\partial^2 w^{0(k-1)}}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{0(k-1)}}{\partial x^2} \right) \right] \right\} + \\
 & \quad + \sum_{m=1}^{k-1} \left\{ \frac{\partial}{\partial y^2} \left[ \Omega_1^{0(k-m)} \left[ \left( \frac{\partial^2 w^{0(k-m)}}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{0(k-m)}}{\partial y^2} \right) - \left( \frac{\partial^2 w^{0(k-m-1)}}{\partial x^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{0(k-m-1)}}{\partial y^2} \right) \right] \right\} + \\
 & \quad + 2 \frac{\partial}{\partial x \partial y} \left[ \Omega_1^{0(k-m)} \left( \frac{\partial^2 w^{0(k-m)}}{\partial x \partial y} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{0(k-m)}}{\partial x \partial y} \right) \right] + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left\{ \Omega_1^{0(k-m)} \left[ \left( \frac{\partial^2 w^{0(k-m)}}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{0(k-m)}}{\partial x^2} \right) - \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. - \left( \frac{\partial^2 w^{0(k-m-1)}}{\partial y^2} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 w^{0(k-m-1)}}{\partial x^2} \right) \right] \right\} \right\}. \tag{1}
 \end{aligned}$$

Дифференциальные уравнения (1) решаются при граничных условиях

$$M_{11}^{(k)} \delta \frac{\partial W^{(k)}}{\partial x} \Big|_r = 0, \quad R^{(n)} \delta W^{(k)} \Big|_r = 0. \tag{2}$$

Для решения краевых задач (1), (2) применяется метод Бубнова – Галеркина. Согласно этому методу искомая функция прогиба берется в виде ряда

$$w^{(k)}(x, y) = \sum_{i=1}^n T_i^{(k)} \varphi_i(x, y), \tag{3}$$

где  $T_i^{(k)}$  – неизвестные коэффициенты,  $\varphi_i(x, y)$  – заданные координатные функции, удовлетворяющие граничные условия (3),  $n$  – количество сохраняемых слагаемых в разложении прогиба.

Подставляя (3) в (1) и группируя слагаемые полученного уравнения, имеем

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^n \left\{ \gamma^2 \frac{\partial}{\partial x^2} \left[ D(1 - \Omega^{(k)}) \left( \gamma^2 \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial y^2} \right) \right] + \gamma^2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[ D(1 - \Omega^{(k)}) \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x \partial y} \right] + \right. \\
 & \left. + \frac{\partial}{\partial y^2} \left[ D(1 - \Omega^{(k)}) \left( \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial y^2} + \mu \gamma^2 \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2} \right) \right] \right\} T_i^{(k)} + \sum_{i=1}^n \left\{ \gamma^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[ D \Omega^{(k)} \left( \gamma^2 \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2} \right) + \right. \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[ D\Omega^{(k)} \left( \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2} + \mu\gamma^2 \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2} \right) \right] \left\{ T_i^{0(k-1)} = q^{(k)} q_1(x, y) + \sum_{m=1}^{k-1} \sum_{i=1}^n \left[ \gamma^2 \frac{\partial}{\partial x^2} D\Omega^{o(k-m)} \left( \gamma^2 \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2} + \right. \right. \right. \\
& \left. \left. \left. + \mu \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial y^2} \right) \right] + \gamma^2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[ D\Omega^{o(k-m)} \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x \partial y} \right] + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[ D\Omega^{o(k-m)} \left( \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial y^2} + \mu\gamma^2 \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial x^2} \right) \right] \right\} (T_i^{o(k-m)} - T_i^{o(k-m-1)}).
\end{aligned} \tag{4}$$

Теперь уравнение (4) умножим на  $\varphi_i$  и произведем дважды интегрирование по частям. Затем, учитывая краевые условия, вводя ряд обозначения получим

$$(A^{jn} - A^{nj}(T))T^{(k)} = g_i q^{(k)} - g_i^{nj}(T) + g_i^o, \tag{5}$$

где вектор неизвестных коэффициентов  $T^{(k)}$  определяется из системы нелинейных алгебраических уравнений (5).

На основе разработанного алгоритма [5] в качестве примера приведем результаты расчета тонких прямоугольных пластинок с учетом упругопластических свойств материала при переменном нагружении по обобщенному принципу Мазинга и повреждаемости. Расчет выполнен при следующих значениях:  $q(x, y) = I$ ;  $\lambda = 0,95$ ;  $\mu = 0,5$ ;  $\gamma = 0,8$ ;  $N_1 = N_2 = 20$ ;  $\delta = 2,76$ ;  $\varepsilon = 10^{-5}$ ;  $q^{(k)} = (-1)^{(k+1)}$ . В таблице 1 для сравнения приведены значения расчетных величин в центре защемленной прямоугольной плиты при  $k = 1, 2, \dots, 20$ .

Таблица 1 – Циклически упрочняющийся материал (сплав В-96)

$k$	$\alpha_k$	$\omega^{(k)}$	$\times 10^2 \eta^{(k)}$	$\times 10^3 W^{(k)}$	$\times 10^2 M_y^{(k)}$
1	1,00	0,41286	0,0000	1,49092	1,97336
2	2,08	0,41789	0,0528	-1,42752	-2,10930
4	2,19	0,40637	0,1058	-1,40338	-2,18059
5	2,22	0,39736	0,2133	1,42929	2,14306
9	2,29	0,37987	0,4339	1,41411	2,20163
10	2,30	0,39304	0,4902	-1,37922	-2,27207
19	2,38	0,36384	0,8371	1,39798	2,27640
20	2,39	0,36385	1,0779	-1,36459	-2,34153

За материальные константы кинетического уравнения повреждаемости принимали следующие:  $A = 1,2 \cdot 10^{-4}$ ;  $\alpha = \beta = 5$ ;  $\gamma = 0,8$ ;  $r = 1$ ;  $\alpha_1 = 0,97$ ;  $B = 1,4 \cdot 10^3$ .

Сравнивая значения расчетных величин в центре плиты, отметим, что с увеличением повреждаемости постепенно уменьшаются значения функции пластичности  $\omega^{(k)}$ , т. е. зона пластичности, а прогибы плиты от цикла к циклу становятся меньше из-за упрочнения материала В-96. Разница величин  $W^{(k)}$ ,  $M_y^{(k)}$  и  $\omega^{(k)}$  при  $k = 1$  и  $k = 20$  составляет 8,47, 18,65 и 11,87 %.

В таблице 2 для сравнения приведены значения расчетных величин в центре защемленной прямоугольной плиты по двум теориям: с использованием обобщенного принципа Мазинга (задача 1) и обобщенной диаграммы деформирования А. П. Гусенкова – Г. В. Москвитина (задача 2).

Таблица 2 – Сравнение значения прогиба и изгибающего момента

$k$	По обобщенному принципу Мазинга			По обобщенной диаграмме деформирования		
	$\alpha_k$	$10^3 W^{(k)}$	$10^2 M_y^{(k)}$	$\lambda_k$	$10^3 W^{(k)}$	$10^2 M_{11}^{(k)}$
1	1	1,49092	1,97336	0,95	1,49092	1,97336
2	2,08	-1,42752	-2,10930	0,92	-1,47338	-2,07135
4	2,19	-1,40338	-2,18059	0,88	-1,46451	-2,12159
5	2,22	1,42929	2,14306	0,86	1,47134	2,08593
9	2,29	1,41411	2,20163	0,83	1,46312	2,13806
10	2,30	-1,37922	-2,27207	0,82	-1,45181	-2,19893
19	2,38	1,39798	2,27640	0,78	1,45169	2,20804
20	2,39	-1,36459	-2,34153	0,7	-1,44109	-2,26661

Проанализированы результаты расчетных величин: значения перемещений и изгибающего момента при исходном и циклическом нагружении. Например, при  $k = 5$  на 3,8 и 5,71 %, при  $k = 20$  – на 7,65 и 7,49 %. Отметим, что при максимальном значении перемещений  $W^{(k)}$  и интенсивности деформаций  $e^{(k)}$  при  $k = 1, 2, 3, 4$  разница составит:  $W^{(3)} = 2,46W^{(1)}$ ,  $W^{(2)} = 1,1W^{(1)}$ ,  $e^{(3)} = 2,1e^{(1)}$ ,  $e^{(4)} = 1,6e^{(2)}$ .

Также исследовано НДС тонкостенных стержней прямоугольного поперечного сечения, защемленного по торцам при повторно-переменном нагружении для материалов (В-96, Д-16Т) [6].



### Список литературы

- 1 **Ильюшин, А. А.** Труды. Пластичность / А. А. Ильюшин. – М. : Логос, 2004. – 388 с.
- 2 **Москвитин, В. В.** Циклические нагружения элементов конструкций / В. В. Москвитин. – М. : URSS, 2019. – 344 с.
- 3 **Старовойтов, Э. И.** Деформирование трехслойных элементов конструкций на упругом основании / Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая, Д. В. Леоненко. – М. : Физматлит, 2006. – 379 с.
- 4 **Буриев, Т.** Алгоритмизация расчета несущих элементов тонкостенных конструкций / Т. Буриев. – Ташкент : Фан, 1986. – 244 с.
- 5 Численное решение задач для упругопластических стержней при пространственно-переменном нагружении с учетом обобщенного принципа Мазинга и повреждаемости материалов / А. А. Абдусаттаров [и др.] // Упругость и неупругость : матер. междунар. науч. симп. по проблемам механики деформируемых тел, посвященного 110-летию со дня рождения А. А. Ильюшина. – М. : МГУ. – С. 156–162.
- 6 **Абдусаттаров, А.** К моделированию расчета упругопластических стержней при пространственно-переменном нагружении с учетом накопления повреждаемости / А. Абдусаттаров, Ф. Э. Абдукадиров, А. И. Исомиддинов // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2019. – № 5(23). – С. 5–9.

УДК 539.3

## РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ И РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ С УЧЕТОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ПОВРЕЖДАЕМОСТИ МАТЕРИАЛОВ

*А. АБДУСАТТАРОВ, Н. Б. РУЗИЕВА*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

В статье приводятся математические модели и методика расчета трубопроводов при однократном и циклическом нагружении с учетом накопления повреждаемости и взаимодействий с окружающим грунтом. На основе теории вязкоупругопластичности [1,2] и вариационного принципа Гамильтона – Остроградского получена система дифференциальных (интегро- дифференциальных) уравнений движения трубопроводов с учетом взаимодействий с грунтом и повреждаемости материала. Следуя теории В. В. Москвитина, введем разности

$$\bar{u}_i^{(n)} = (-1)^n (u_i^{(n-1)} - u_i^{(n)}), \quad \bar{e}_{ij}^{(n)} = (-1)^n (e_{ij}^{(n-1)} - e_{ij}^{(n)}), \quad \bar{\sigma}_{ij}^{(n)} = (-1)^n (\sigma_{ij}^{(n-1)} - \sigma_{ij}^{(n)}). \quad (1)$$

Согласно статическим гипотезам [3, 4] общие перемещения трубопровода представим в цилиндрических координатах ( $x = x, y = r \cos \gamma, z = r \sin \gamma$ ):

$$\begin{aligned} \bar{u}_1^{(n)}(x, r, \gamma, t) &= \bar{u}^{(n)}(x, t) - \bar{\alpha}_1^{(n)}(x, t) r \cos \gamma - \bar{\alpha}_2^{(n)}(x, t) r \sin \gamma + \bar{\varphi}^{(n)}(x, t) + a_1 \beta_1^{(n)}(x, t) + a_2 \beta_2^{(n)}(x, t), \\ \bar{u}_2^{(n)}(x, r, \gamma, t) &= \bar{v}^{(n)}(x, t) - \bar{\theta}^{(n)}(x, t) r \sin \gamma, \quad \bar{u}_3^{(n)}(x, r, \gamma, t) = \bar{w}^{(n)}(x, t) + \bar{\theta}^{(n)}(x, t) r \cos \gamma, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\bar{\alpha}_1^{(n)}, \bar{\alpha}_2^{(n)}$  – углы поворота сечения при чистом изгибе при  $n$ -м нагружении;  $\bar{\beta}_1^{(n)}, \bar{\beta}_2^{(n)}$  – углы поперечного сдвига;  $\bar{\theta}^{(n)}$  – угол кручения;  $\bar{v}_1^{(n)}$  – погонная закрутка при  $n$ -м нагружении;  $\bar{\varphi}$  – функция кручения Сен-Венана.

Согласно (1), (2) и соотношениям Коши определены компоненты деформации и напряжений при  $n$ -м нагружении. Для вывода уравнения движения трубопровода при пространственном нагружении с учетом упругопластических деформаций и взаимодействий используется вариационный принцип Гамильтона – Остроградского:

$$\delta \int_t (T^{(n)} - \Pi^{(n)} + A^{(n)}) dt = 0.$$

Для определения вариации кинетической, потенциальной энергии и вариации работы внешних сил в данной постановке имеем следующие соотношения:

$$\delta \int_t T^{(n)} dt = \int_x \tilde{A} \frac{\partial Y^{(n)}}{\partial t} E \delta Y^{(n)} dx \Big|_t - \int_t \int_x \tilde{A} \frac{\partial^2 Y^{(n)}}{\partial t^2} E \delta Y^{(n)} dx dt; \quad (3)$$

$$\delta \int_t \Pi^{(n)} dt = \int_t \left\{ (A^{y\Pi} - A^{\Pi l}) \frac{\partial Y^{(n)}}{\partial x} + (B^{y\Pi} - B^{\Pi l}) Y^{(n)} \right\} E \delta Y^{(n)} dt \Big|_x + \int_t \int_x \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( (A^{y\Pi} - A^{\Pi l}) \frac{\partial Y^{(n)}}{\partial x} + \right. \right. \\ \left. \left. + (B^{yn} - B^{nl}) Y^{(n)} \right) + (C^{yn} - C^{nl}) \frac{\partial Y^{(n)}}{\partial x} + (D^{yn} - D^{nl}) Y^{(n)} \right\} E \delta Y^{(n)} dx dt; \quad (4)$$

$$\delta \int_t A^{(n)} dt = \int_t Q^{r(n)} \delta Y^{(n)} dt \Big|_x + \int_t \int_x Q^{\Pi(n)} dY^{(n)} dx dt, \quad (5)$$

где  $Y^{(n)} = \{u^{(n)}, v^{(n)}, w^{(n)}, \alpha_1^{(n)}, \alpha_2^{(n)}, \theta^{(n)}, v_1^{(n)}, \beta_1^{(n)}, \beta_2^{(n)}\}$  – вектор перемещения, матрицы  $A, B, C, D$  – квадратичные матрицы девятого порядка;  $Q^n$  и  $Q^{\Pi}$  – векторы внешних сил девятого порядка;  $E$  – единичная матрица. В случае учета силы взаимодействия трубопровода с грунтом поверхностные силы  $\bar{q}_i^{(n)}$ , торцевые силы  $\bar{f}_i^{(n)}$  согласно теории Т. Р. Рашидова и Г. Х. Хожметова [5] принимаются в виде

$$\bar{q}_i^{(n)} = -k_i^{(n)} (\bar{u}_i^{(n)} - \bar{u}_i^{0(n)}) + \tilde{q}_i^{(n)}; \quad \bar{f}_i^{(n)} = -k_i^{\Gamma(n)} (\bar{u}_i^{(n)} - \bar{u}_i^{0(n)}) + \tilde{f}_i^{(n)}, \quad (6)$$

где  $k_i^{(n)}$  – коэффициент взаимодействия трубопровода с окружающей средой на поверхности при переменном нагружении;  $k_i^{\Gamma(n)}$  – коэффициент взаимодействия трубы с окружающей средой на торцах;  $\bar{u}_i^{0(n)}$  – составляющая пространственного сейсмического перемещения грунта по координатным осям при переменном нагружении.

Согласно (1) и (6) выражения  $\bar{q}_i^{(n)}, \bar{f}_i^{(n)}$  представлены в виде

$$\bar{q}_1^{(n)} = -k_1^{(n)} [(\bar{u}^{(n)} - \bar{u}^{0(n)}) - y(\bar{\alpha}_1^{(n)} - \bar{\alpha}_1^{0(n)}) - z(\bar{\alpha}_2^{(n)} - \bar{\alpha}_2^{0(n)}) + \phi(\bar{v}^{(n)} - \bar{v}^{0(n)}) + a_1(\bar{\beta}_1^{(n)} - \bar{\beta}_1^{0(n)}) + \\ + a_2(\bar{\beta}_2^{(n)} - \bar{\beta}_2^{0(n)}) + \tilde{q}_1^{(n)}], \quad \bar{q}_2^{(n)} = -k_2^{(n)} [(\bar{v}^{(n)} - \bar{v}^{0(n)}) - z(\bar{\theta}^{(n)} - \bar{\theta}^{0(n)}) + \tilde{q}_2^{(n)}], \\ \bar{q}_3^{(n)} = -k_3^{(n)} [(\bar{w}^{(n)} - \bar{w}^{0(n)}) + y(\bar{\theta}^{(n)} - \bar{\theta}^{0(n)}) + \tilde{q}_3^{(n)}]. \quad (7)$$

Учитывая соотношения (6) и (5) после некоторых преобразований, а также ряд обозначений, получили соотношения для вариации работы внешних сил в работе [6], где коэффициенты взаимодействия, определяются из эксперимента при повторно-переменном нагружении с учетом поврежденности.

В частности, при вязкоупругом взаимодействии трубопровода с окружающим грунтом для сил взаимодействия, учитывающих повреждаемость грунта по принципу Вольтерра, имеем [7]

$$P^b(x, t) = D_A^* (Y - Y_0) = D_A \left[ (Y - Y_0) - \int_0^t R(t' - \tau') [Y(x, \eta) - Y_0(x, \eta)] d\tau' \right]. \quad (8)$$

В этом случае, исходя из принцип Гамильтона – Остроградского и (3)–(5), (7), (8), получена система интегро-дифференциальных уравнений трубопровода с учетом взаимодействия:

$$-A \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + B \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} + C \frac{\partial Y}{\partial x} + D_n Y + D_A (Y - Y_0) - D_A \int_0^t R(t' - \tau') [Y(x, \eta) - Y_0(x, \eta)] d\tau + F = 0; \quad (9)$$

$$\left[ -\bar{B} \frac{\partial Y}{\partial x} + \bar{C}_{\Pi} Y + \bar{C}_A (Y - Y_0) - \bar{C}_A \int_0^t R(t' - \tau') [Y(x, \eta) - Y_0(x, \eta)] d\tau + P^{2p} \right] \delta Y \Big|_x = 0; \quad (10)$$

$$A \frac{\partial Y}{\partial t} E \delta Y \Big|_t = 0, \quad (11)$$

где  $R(t' - \tau')$  – слабосингулярное трехпараметрическое ядро типа Ржаницына – Колтунова [8], в частности, для первого приближения считается, что  $R(t' - \tau') = R(t - \tau)$ .

Здесь

$$R(t) = \bar{A}_b e^{-\bar{\beta} t} t^{\alpha-1}, \quad 0 < \alpha < 1.$$

После использования квадратурных формул из (9)–(11) имеем

$$-A \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + B \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} + C \frac{\partial Y}{\partial x} + D_n Y + D_A \left[ (Y - Y_0) - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} [Y(x, t_n - t_k) - Y_0(x, t_n - t_k)] \right] + F = 0; \quad (12)$$

$$\left\{ -\bar{B} \frac{\partial Y}{\partial x} + \bar{C}_{II} Y + \bar{C}_A \left[ (Y - Y_0) - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} [Y(x, t_n - t_k) - Y_0(x, t_n - t_k)] \right] + P^{TP} \right\} \delta Y \Big|_x = 0; \quad (13)$$

$$A \frac{\partial Y}{\partial t} E \delta Y \Big|_t = 0. \quad (14)$$

В случае учета накопления повреждений ядра типа  $R[t, \tau, \eta(\xi)]$  разлагаются в ряд [1], поэтому ограничимся первым слагаемым

$$R[t - \xi, \eta(\xi)] = R_0(t - \xi) + \eta(\xi) R_1(t - \xi). \quad (15)$$

В случае пространственного нагружения

$$\tau_a = P^b(x, t) = R_0(0) [(Y - Y_0) - \psi_0(Y - Y_0)] - R_1(0) \psi_1(Y - Y_0), \quad (16)$$

здесь  $\psi_0(Y - Y_0) = \int_0^t R_0(t - \xi)(Y - Y_0) d\xi$ ,  $\psi_1(Y - Y_0) = \int_0^t R_1(t - \xi) \eta(\xi)(Y - Y_0) d\xi$ .

Система уравнений (12)–(14) с учетом (16) примет следующий вид:

$$-A \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + B \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} + C \frac{\partial Y}{\partial x} + D_n Y + \tilde{D}_A [(Y - Y_0) - \psi_0(Y - Y_0)] - \tilde{D}_A \psi_1(Y - Y_0) + \bar{F} = 0; \quad (17)$$

$$\left\{ -\bar{B} \frac{\partial Y}{\partial x} - \tilde{C}_{II} [(Y - Y_0) - \psi_0(Y - Y_0)] - \tilde{C}_A \psi_1(Y - Y_0) + P^{TP} \right\} \Big|_x = 0; \quad A \frac{\partial Y}{\partial x} E \delta Y \Big|_t = 0. \quad (18)$$

Система уравнений решается методом итерации ( $l$  – число итерации), при этом, например,

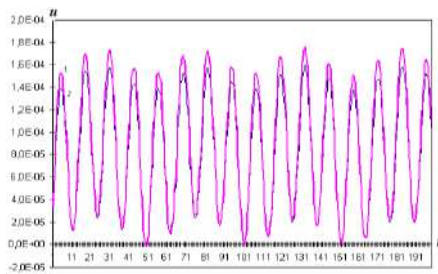
$$\psi_1(Y^{(l)} - Y_0^{(l)}) = \int_0^t R_0(t - \xi) \eta^{(l-1)}(\xi) (Y^{(l)} - Y_0^{(l)}) d\xi, \quad \eta^{(l-1)}(t) = (1 + m) \int_0^t (t - \xi)^m \frac{d\xi}{t_0^{1+m} [\sigma_u^{(l-1)}(\xi)]}.$$

При построении решений системы дифференциальных уравнений (17) с граничными и начальными условиями (18) применяется разностная схема второго порядка.

В качестве примера анализируются колебания стальной подземной трубы с учетом повреждаемости и вязкоупругого взаимодействия с грунтом, который имеет следующие механические и геометрические характеристики:  $E = 2,3 \cdot 10^8$  кН/м<sup>2</sup>;  $r = 7,8$  кН·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $R = 0,6$  м,  $r = 0,585$  м;  $L = 12$  м. Окружающая среда – песчаный грунт с коэффициентом взаимодействия  $k_x = 3,75 \cdot 10^3$  кН/м<sup>3</sup>. Параметры ядра для песка:  $A = 0,0748$ ,  $\alpha = 0,2$ ,  $\beta = 0,048$ . Сейсмическое воздействие принято в виде импульса постоянной величины –  $w_0 = 0,007$  м, значение угла наклона направления импульса к продольной оси подземного трубопровода принимается в пределах от 0° до 90°. Расчет произведен методом конечных разностей по пространству и по времени в явной схеме.

На рисунке 1 сплошная линия 1 соответствует вязкоупругому взаимодействию, а штрихпунктирная 2 – линейно вязкоупругому случаю с учетом накопленных повреждений. Из графиков видно, что в рассмотренных решениях вязкоупругих и вязкоупругих с учетом накопления повреждаемости разница доходит до 10–15 %.

a)



b)

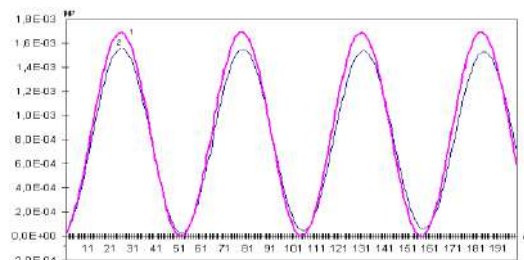


Рисунок 1 – Влияние свойств вязкости и повреждаемости на кинетику перемещений

### Список литературы

- 1 Москвитин, В. В. Циклические нагрузки элементов конструкций / В. В. Москвитин. – М. : URSS, 2019. – 344 с.
- 2 Старовойтов, Э.И. Деформирование трехслойных элементов конструкций на упругом основании / Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая, Д. В. Леоненко. – М. : Физматлит, 2006. – 379 с.
- 3 Власов, В. З. Тонкостенные упругие стержни / В. З. Власов. – М. : Физматгиз, 1959. – 568 с.
- 4 Кабулов, В. К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной теории пластичности / В. К. Кабулов. – Ташкент : Фан, 1966. – 394 с.
- 5 Рашидов, Т. Р. Сейсмостойкость подземных трубопроводов / Т. Р. Рашидов, Г. Х. Хожметов. – Ташкент : Фан, 1985. – 152 с.
- 6 Рузиева, Н. Б. Нелинейное деформирование подземных трубопроводов при циклическом нагружении / Н. Б. Рузиева, А. Абдусаттаров // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 2. – Гомель, БелГУТ, 2021. – С. 181–183.
- 7 Абдусаттаров, А. О модели взаимодействия подземного трубопровода с грунтом / А. Абдусаттаров, Н. Б. Рузиева // Современные методы и технологии геотехники и фундаментастроения в решении проблем прочности, устойчивости и сейсмостойкости сооружений : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Ташкент : ТАСИ, 2021. – С. 214–216.
- 8 Колтунов, М. А. Ползучесть и релаксация / М. А. Колтунов. – М. : Высш. шк., 1979. – 272 с.

УДК.539.3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСЧЕТА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ НАГРУЖЕНИЙ

А. АБДУСАТТАРОВ, Н. Х. САБИРОВ

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Приводятся на основе разработанные моментной теории оболочек и вариационного принципа уточненные расчетные модели деформирования цилиндрических оболочечных конструкций. Получена система дифференциальных уравнений с граничными и начальными условиями. Для решения краевых задач применены численные методы.

Приведены геометрические и физические соотношения для цилиндрической оболочки. Предположено, что срединная поверхность оболочки отнесена к криволинейной ортогональной системе координат  $\alpha = z / L$ ,  $\beta = s / R$ . Следуя теории оболочек [1,2], перемещения произвольной точки тела оболочки представим в виде

$$U_{\alpha} = (1 + k_1\gamma)U - \frac{\gamma}{A} \cdot \frac{\partial W}{\partial \alpha}, U_{\beta} = (1 + k_2\gamma)V - \frac{\gamma}{B} \cdot \frac{\partial W}{\partial \beta}, U_{\gamma} = W(\alpha, \beta). \quad (1)$$

Коэффициенты Ламе и их отношений представим в виде рядов по переменной  $\gamma$  с точностью  $(\gamma k_i)^2$ :

$$\frac{1}{H_2} = \frac{1}{B}(1 - k_2\gamma + k_2^2\gamma^2), \quad \frac{H_2}{H_1} = \frac{B}{A}(1 + k_2\gamma), \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{A}{B}(1 - k_2\gamma + k_2^2\gamma^2),$$

для определения деформаций получены следующие уточненные формулы:

$$e_{\alpha\alpha} = \frac{1}{R} \frac{\partial U}{\partial \alpha} - \frac{\gamma}{R^2} \frac{\partial^2 W}{\partial \alpha^2}, \quad e_{\beta\beta} = \frac{\partial V}{R \partial \beta} - (\gamma - k_2\gamma^2) \frac{\partial^2 W}{R^2 \partial \beta^2} + (1 - k_2\gamma + k_2^2\gamma^2) k_2 W,$$

$$e_{\alpha\beta} = (1 - k_2\gamma + k_2^2\gamma^2) \frac{\partial U}{B \partial \beta} - (\gamma - k_2\gamma^2) \frac{\partial^2 W}{AB \partial \alpha \partial \beta} + (1 + k_2\gamma) \frac{\partial V}{A \partial \alpha} - \frac{\gamma}{AB} \frac{\partial^2 W}{\partial \alpha \partial \beta}. \quad (2)$$

Считается, что цилиндрическая оболочка деформируется в пределах упругости. Тогда компоненты напряжений определяются по обобщенному закону Гука:

$$\sigma_{\alpha} = (\lambda + 2\mu)\Delta - 2\mu(e_{\beta\beta} + e_{\gamma\gamma}), \quad \sigma_{\beta} = (\lambda + 2\mu)\Delta - 2\mu(e_{\alpha\alpha} + e_{\gamma\gamma}), \quad \tau_{\alpha\beta} = \mu e_{\alpha\beta}. \quad (3)$$

Для получения уравнения движения цилиндрических оболочечных конструкций воспользовались вариационным принципом Гамильтона – Остроградского. Учитывая выражения перемещений (1), деформаций (2) и обобщенного закона Гука (3), а также выполняя интегрирование по частям, вводя некоторые обозначения из вариационного уравнения, получили системы диф-

ференциальных уравнений движения с граничными и начальными условиями. Для решения краевых задач применяется метод Бубнова – Галеркина [3]:

$$U = \sum_n U_n(\alpha, t) \cos \frac{n\pi\beta}{\beta_1}, \quad V = \sum_n V_n(\alpha, t) \sin \frac{n\pi\beta}{\beta_1}, \quad W = \sum_n W_n(\alpha, t) \cos \frac{n\pi\beta}{\beta_1}. \quad (4)$$

После некоторых преобразований получена уточненная система дифференциальных уравнений для цилиндрических оболочек с учетом граничных и начальных условий:

$$\begin{aligned} -\alpha_1^{(1)} \frac{\partial^2 W_n}{\partial t^2} + \alpha_2^{(1)} \frac{\partial^4 W_n}{\partial t^2 \partial \alpha^2} - \alpha_3^{(1)} \frac{\partial^2 V_n}{\partial t^2} - \alpha_4^{(1)} \frac{\partial^4 W_n}{\partial \alpha^4} + \alpha_5^{(1)} \frac{\partial^2 W_n}{\partial \alpha^2} - \alpha_6^{(1)} \frac{\partial U_n}{\partial \alpha} - \alpha_7^{(1)} W_n - \alpha_8^{(1)} V_n + Z_n = 0; \\ -\alpha_1^{(2)} \frac{\partial^2 U_n}{\partial t^2} + \alpha_2^{(2)} \frac{\partial^2 U_n}{\partial \alpha^2} + \alpha_4^{(2)} \frac{\partial V_n}{\partial \alpha} + \alpha_3^{(2)} \frac{\partial W_n}{\partial \alpha} - \alpha_5^{(2)} U_n + X_n = 0; \\ -\alpha_2^{(3)} \frac{\partial^2 V_n}{\partial t^2} + \alpha_1^{(3)} \frac{\partial^2 W_n}{\partial t^2} - \alpha_4^{(3)} \frac{\partial U_n}{\partial \alpha} + \alpha_3^{(3)} \frac{\partial^2 V_n}{\partial \alpha^2} + \alpha_5^{(3)} W_n - \alpha_6^{(3)} V_n + Y_n = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Систему дифференциальных уравнений (5) можно записать в векторной форме

$$A_1 \ddot{U}_n + A_2 \dot{U}_n + A_3 U_n^{IV} + A_4 U_n^{II} + A_5 U_n^I + A_6 U_n + F_n = 0, \quad (6)$$

где  $U_k = (W_k, U_k, V_k)^T$ ,  $F_k = (Z_k, X_k, Y_k)^T$ ,  $A_i$  – матрица третьего порядка.

Для решения краевых задач применяется метод конечных разностей второго порядка точности [4]. На основе использования центрально разностных формул получена следующая система алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} B_n U_{n,i-1}^{k+1} + C_n U_{n,i}^{k+1} + B_n U_{n,i+1}^{k+1} + \bar{A}_n U_{n,i+1}^{k+1} + \bar{B}_n U_{n,i-1}^k + \bar{C}_n U_{n,i}^k + \bar{D}_n U_{n,i+1}^k + \bar{A}_n U_{n,i+2}^k + B_n U_{n,i-1}^{k-1} + \\ + C_n U_{n,i}^{k-1} + B_n U_{n,i+1}^{k-1} + \tau^2 F_{n,i}^k = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

После аппроксимации начальное условие (7) примет следующий вид:

$$\left[ \bar{M}_1 U_{n,i-1}^{k+1} + \bar{M}_2 U_{n,i}^{k+1} + \bar{M}_3 U_{n,i+1}^{k+1} - \bar{M}_1 U_{n,i+1}^{k+1} - \bar{M}_1 U_{n,i-1}^{k-1} - \bar{M}_2 U_{n,i}^{k-1} - \bar{M}_3 U_{n,i+1}^{k-1} \right] \cdot t_0 h \delta U_{n,i+1}^{k-1} = 0. \quad (8)$$

Считается, что цилиндрическая оболочка закреплена при  $\alpha = 0$  и  $\alpha = 1$ . В векторном виде граничные условия выражаются следующим образом:

$$U_{n,0}^j = 0; A' U_{n,-1}^j = A' U_{n,1}^j; U_{n,N}^j = 0; A' U_{n,N+1}^j = A' U_{n,N-1}^j. \quad (9)$$

Решение разностной краевой задачи (7)–(9) осуществляется методом прогонки [3, 5, 6].

В качестве примера приведен расчет цилиндрических оболочечных конструкций – котла цистерны по полубезмоментной теории В. З. Власова. Решение задачи представляется в виде ряда

$$V = \sum_{n=2}^{\infty} V_n(\alpha) \sin n\beta; \quad W_n(\alpha) = \sum_{n=2}^{\infty} V_n(\alpha) n \cos n\beta; \quad U_n(\beta) = \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\partial V_n(\alpha)}{\partial \alpha} \cdot \frac{1}{n} \cos n\beta. \quad (10)$$

Рассмотрена процедура расчета цилиндрической оболочки, усиленной в опорных сечениях  $z = 0$  и  $z = 1$  жесткими кольцами. Считается, что оболочка заполнена до некоторого уровня  $H$  жидкостью, создающей нормальные давления  $p_n = p_n(s)$  на её стенки. Давление жидкости  $P_n$  определяется по формуле [1]

$$p_n = -\tilde{\gamma} R (\cos \beta - \cos \beta_0), \quad (11)$$

где  $\tilde{\gamma}$  – объемный вес жидкости;  $\beta_0$  – центральный угол, характеризующий степень заполнения оболочки.

В таблице 1 приведены численные результаты расчета цилиндрической оболочки котла цистерны (для сечения  $z = l/2$ ) при следующих сходных данных:  $R = 150$  см;  $l = 1120$  см;  $h = 0,6$  см;  $\beta_0 = 33^\circ$ ;  $\tilde{\gamma} = 0,001$  кг/см<sup>2</sup> для различных  $\beta$ .

Таблица 1

Значения $n$	$\beta$	$U(z, s) \cdot 10^2$	$V(z, s)$	$W(z, s)$	$M(z, s)$	$\sigma(z, s)$
$n = 2$	0	0,41391	0	-0,06221	-0,29862	36,74160
	$\pi/6$	0,20680	-0,02695	-0,03108	-0,14920	18,35741
	$\pi/3$	-0,20726	-0,02693	0,03115	0,14953	-18,39760
	$\pi/2$	-0,41391	0,00039	0,06221	0,29863	-36,74162
	$2\pi/3$	-0,20635	0,02697	0,03102	0,14888	-18,31710
	$5\pi/6$	0,20771	0,02691	-0,03122	-0,14986	18,43781
	$\pi$	0,41391	-0,00079	-0,06221	-0,29862	36,74152
$n = 3$	0	0,64392	0	-0,21777	-2,78742	57,15900
	$\pi/6$	-0,00041	-0,07259	0,00014	0,00176	-0,03614
	$\pi/3$	-0,64392	0,00092	0,21777	2,78742	-57,15901
	$\pi/2$	0,00012	0,07259	-0,00042	-0,00529	0,10842
	$2\pi/3$	0,64392	-0,00018	-0,21777	-2,78741	57,15880
	$5\pi/6$	-1,00804	-0,07259	0,00069	0,00881	-0,18070
	$\pi$	-0,64392	0,00028	0,21777	2,78740	-57,15860

На рисунке 1 представлены эпюры нормальных напряжений для сечения  $z = l/2$  при различных значениях  $n = 1, 2, 3, 4$ .

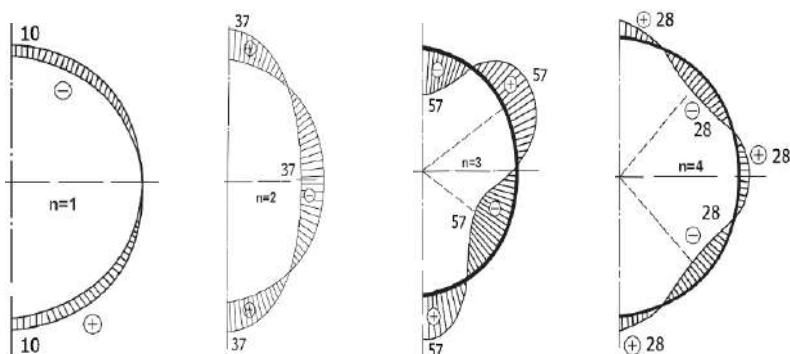


Рисунок 1

Из рисунка 1 видно, что распределение напряжений в оболочке котла цистерны существенно отличается для различных  $n$ . Для сравнительного анализа произведен расчет НДС оболочечной конструкции – котла цистерны с применением комплекса ANSYS [7].

#### Список литературы

- 1 Власов, В. З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике / В. З. Власов. – М. : Гостехиздат, 1949. – 761 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Вязкоупругопластические слоистые пластины и оболочки / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2002. – 344 с.
- 3 Буриев, Т. Алгоритмизация расчета несущих элементов тонкостенных конструкций / Т. Буриев. – Ташкент : Фан, 1986. – 244 с.
- 4 Годунов, С. К. Разностные схемы / С. К. Годунов, В. С. Рябенкий. – М. : Наука, 1973. – 400 с.
- 5 Абдусаттаров, А. К решению разностных краевых задач составных оболочечных конструкций типа цистерны / А. Абдусаттаров, Н. Х. Сабилов // Проблемы механики. – Ташкент, 2018. – № 1. – С. 6–12.
- 6 Абдусаттаров, А. К построению разностной схемы расчета магистральных трубопроводов при динамическом нагружении / А. Абдусаттаров, Н. Х. Сабилов, Н. Б. Рузиева // Роль в современном обществе информационных систем и технологии : материалы Респ. науч.-практ. конф. : НамИСИ. – 2021. – С. 43–44.
- 7 Сабилов, Н. Х. Компьютерная реализация решения задачи составных оболочечных конструкций котла цистерны / Н. Х. Сабилов // Вестник ТашИИТ. – 2018. – № 4. – С. 47–54.

**СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СО СКОРОСТНЫМИ ПОТОКАМИ ГАЗОВ**

*А. Н. АСТАПОВ, В. А. ПОГОДИН, А. Н. ТАРАСОВА, Л. Н. РАБИНСКИЙ*  
*Московский авиационный институт (НИИ) Российская Федерация*

Исследование аэрогазодинамического обтекания и нагрева свехвысокотемпературных (СВТ) материалов в части теплообмена и гетерогенной рекомбинации атомов и ионов потоков на их поверхности является крайне сложной многопараметрической задачей. Для проведения вычислительных экспериментов требуется громоздкий математический аппарат [1], состоящий из блоков математического моделирования и расчетов тепловых и газодинамических потоков с привлечением уравнений Навье – Стокса и Максвелла. В настоящее время исследование каталитических свойств ведется в двух направлениях. С одной стороны, проводятся исследования новых перспективных СВТ материалов, композиций и покрытий в потоках диссоциированного воздуха и азота (направление 1), а с другой – фундаментальные работы по исследованию процессов взаимодействия отдельных веществ с высокоэнергетическими частицами (направление 2).

В направлении 1 наибольшее распространение получили работы по исследованию каталитичности жаростойких СВТ материалов на основе боридов и карбидов циркония, гафния с добавками карбида кремния при температурах свыше 2000 °С [2, 3]. Несмотря на высокие каталитические свойства оксидных пленок на основе оксидов циркония, гафния [4] исследователи пробуют различные комбинации в архитектуре СВТ материалов с тем, чтобы минимизировать их пористость и уменьшить скорость уноса оксидов бора, кремния и силикатных стекол, обеспечивающих минимальное значение скорости каталитической рекомбинации [2, 5]. Отдельного внимания заслуживают работы [6, 7] по исследованию каталитических свойств интерметаллидов на базе металлов платиновой группы. Приведенные данные сложно сопоставлять между собой, так как принцип получения сверхзвукового потока диссоциированного газа в испытательных установках принципиально различается. Однозначно результаты экспериментов можно оценивать по значению яркостной температуры. К сожалению, авторы не всегда приводят данные по значению скорости каталитической рекомбинации, что, вероятно, связано с трудностями при ее определении. Возможно, данное обстоятельство вызвано динамическим состоянием процесса окисления на поверхности материалов. Несомненно можно утверждать, что материалы под высокоэнергетическим воздействием газовых потоков эволюционируют, т. е. переходят из одного квазиравновесного состояния в другое.

Направление 2 подразумевает исследование каталитических свойств отдельных веществ, которые, как правило, представляют собой стандартные образцы, обтекаемые потоками диссоциированного воздуха и/или азота. В качестве стандартного образца зачастую используют  $\alpha$ -оксид кремния [8]. Другая часть работ посвящена исследованию абляции углерод-карбидокремниевых композитов в диссоциированных газовых потоках [9, 10]. Низкокаталитические свойства оксида кремния (продукта окисления карбида кремния) позволяют производить количественную оценку каталитичности легирующих добавок в составе композитов [5, 10]. Однако при оценке каталитических свойств поверхности в потоке диссоциированного азота не принимается во внимание азотирование карбида кремния и образование оксинитридных/нитридных фаз, хотя последние имеют большее значение степени черноты, чем оксиды. Поэтому при равных величинах поступающих к материалам тепловых потоков воздушной и азотной плазмы температура поверхности в потоке воздуха будет выше, чем в потоке азота.

Потребность в расширении фундаментальных знаний в области гетерогенной рекомбинации атомов и ионов потоков на поверхности СВТ материалов связана с необходимостью теоретического обоснования ряда специфических эффектов, описание которых выходит за рамки классических представлений.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00352, <https://rscf.ru/project/22-19-00352/>.*

## Список литературы

- 1 **Egorov, I. V.** Determination of material catalyticity at high temperatures in the VAT-104 hypersonic wind tunnel / I. V. Egorov, B. E. Zhestkov, V. V. Shvedchenko // *TsAGI Sci. J.* 2014. – XLV(1) – P. 3–13.
- 2 Promising ultra-high-temperature ceramic materials for aerospace applications / E. P. Simonenko [et al.] // *Russ. J. Inorg. – 2013. – Chem. 58. – P. 1669–1693. – https://doi.org/10.1134/S0036023613140039.*
- 3 **Purwar, A.** Experimental and computational analysis of thermo-oxidative-structural stability of ZrB<sub>2</sub>-SiC-Ti during arc-jet testing / A. Purwar, V. Thiruvengadam, B. Basu // *J. Am. Ceram. Soc.* – 2017. – 100. – P. 4860–4873. – <https://doi.org/10.1111/jace.15001>.
- 4 Improved aero-thermal resistance capabilities of ZrB<sub>2</sub>-based ceramics in hypersonic environment for increasing SiC content / S. Mungiguerra [et al.] // *Corros. Sci.* – 2021. – 78. – P. 109067. – <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2020.109067>.
- 5 The oxidation resistance of the heterophase ZrSi<sub>2</sub>-MoSi<sub>2</sub>-ZrB<sub>2</sub> powders – derived coatings / A. N. Astapov [et al.] // *Corros. Sci.* – 2021. – 189. – P. 109587. – <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.109587>.
- 6 Ablation behavior of an Ir-Hf coating: A novel idea for ultra-high temperature coatings in non-equilibrium conditions / K. Zhang [et al.] // *J. Alloys Compd.* – 2020. – 818. – P. 152829. – <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.152829>.
- 7 Ablation and surface heating behaviors of graphite based Ir-Al coating in a plasma wind tunnel / K. Zhang [et al.] // *Surf. Coat. Technol.* – 2019. – 358. – P. 371–377. – <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.10.047>.
- 8 **Kim, I.** Experimental study of surface roughness effect on oxygen catalytic recombination / I. Kim // *Int. J. Heat Mass Transfer.* – 2019. – P. 916–922. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.04.049>.
- 9 **Sakraker, I.** Experimental investigation of passive/active oxidation behavior of SiC based ceramic thermal protection materials exposed to high enthalpy plasma / I. Sakraker, C. J. Asma // *J. Eur. Ceram. Soc.* – 2013. – 33(2). – P.351–359. – <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2012.09.002>.
- 10 **Massuti-Ballester, B.** Oxidation of PM1000 and C/C-SiC exposed to highly dissociated oxygen and nitrogen flows / B. Massuti-Ballester, G. Herdrich, M. Frie // *J. Eur. Ceram. Soc.* – 2020. – 40 (6). – P. 2306–2316. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2020.01.053>.

УДК 531

## СНИЖЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ КУЗОВА ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМОСТЕКЛОПЛАСТИКА (GLARE) И ДРУГИХ СЛОИСТЫХ ПЛАСТИКОВ

*А. В. БАБАЙЦЕВ, А. А. ЗАЙЦЕВ, Т. Т. ФОЗИЛОВ, С. С. ЛОПАТИН*  
*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Усталость материала – это деградация механических свойств материала в результате накопления повреждений под действием переменных, циклических, напряжений с образованием развитием трещин, что обуславливает его разрушение за определённое время. Такой вид разрушения называют усталостным разрушением.

Усталостное разрушение металла приводит к проблемам безопасности на транспорте. Снижение жёсткости кузова может привести к ухудшению жёсткости и устойчивости. Например, усталостное разрушение приводит к невозможности отрегулировать сход-развал, так как постаревший металл перестаёт держать нагрузку, в связи с чем после настройки углы установки колёс выходят за допустимую погрешность. В крайних случаях у кузова от чрезмерных нагрузок образуются трещины. Чаще всего данный эффект проявляется в районе опор стоек подвески. При несвоевременном обнаружении данного дефекта это может стать причиной аварии, например, у случая разрушения кронштейна рычага подвески, что приводит машину в неуправляемое состояние. Также ослабленный кузов не способен эффективно поглотить энергию удара, в случае аварии защита пассажиров может оказаться недостаточной.

GLARE в настоящее время является наиболее успешным FML (Fiber metal laminate – металловолоконистый (металлополимерный) ламинат, слоистый пластик; СИАЛ[1, 2]), запатентованным Akzo Nobel в 1987 году. В качестве изобретателей в патенте упоминаются Робрукс и Фогелсанг, два бывших профессора факультета аэрокосмической техники Делфтского технологического университета, где большая часть исследований и разработок для GLARE проводилась в 1970-х и 1980-х годах [3].

В России разработками материала типа GLARE занимается ВИАМ, где разработаны несколько типов алюмокомпозитов СИАЛ 1-1, СИАЛ 2-1, СИАЛ 3-1 и другие, а также металлополимерных материалов на основе титана (титанокомпозит (ТИОП); титаноуглепластик (ТИГРАН)) и алюмоуглепластики [2].



Слоистый алюмокомпозит класса СИАЛ – широко используемый и перспективный конструкционный слоистый гибридный материал, который состоит из тонких (0,3–0,4 мм) листов алюминиевых сплавов (Al–Li среднепрочного сплава пониженной плотности 1441 и др.) и прослоек стеклопластика [1]. Прослойки пластика обычно состоят из нескольких монослоев однонаправленного клеёвого препрега, армированного высокопрочными стеклонаполнителями. Расположение и количество слоёв и листов определяются назначением и габаритами детали. Слоистые материалы обладают уникальным, по сравнению с монолитными алюминиевыми листами, комплексом свойств: высокой трещиностойкостью, пониженной плотностью, высокой прочностью, ударостойкостью, коррозионной стойкостью.

Проведено множество исследований свойств металлополимерных материалов в частности СИАЛ (GLARE). Благодаря слоистой структуре и характеристикам алюминиевых и полимерных компонентов СИАЛы обладают уникальными свойствами. Появление алюмокомпозитов является следующим шагом развития идеи, технологии и опыта применения клеёных слоистых материалов и конструкций, которые обладают повышенной живучестью, надёжностью и освоены авиационной промышленностью.

Пока, указанные выше материалы имеют возможность применения в транспорте лишь в несилевых элементах машины.

*Работа выполнена с финансовой поддержкой гранта Президента Российской Федерации МК-398.2022.4.*

#### Список литературы

1 Слоистые алюмокомпозиты класса СИАЛ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://viam.ru/al\\_wrought\\_6#:~:text=СИАЛ-1-1%2C%20СИАЛ,%20прослойка%20стеклопластика](https://viam.ru/al_wrought_6#:~:text=СИАЛ-1-1%2C%20СИАЛ,%20прослойка%20стеклопластика). – Дата доступа : 20.09.2022.

2 Слоистые металлополимерные, биметаллические и гибридные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://viam.ru/bi\\_me-materials](https://viam.ru/bi_me-materials). – Дата доступа : 20.09.2022.

3 Around Glare: A New Aircraft Material in Context Published by Springer / ed. by C. Vermeeren. – Aug. 1, 2002. – ISBN 1402007787.

УДК 534.1

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИАЛОВ

*А. В. БАБАЙЦЕВ, ЧАН КВЕТ ТХАНГ, НГУЕН ТУАН ЛОНГ  
Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

СИАЛы (алюмокомпозиты) – класс перспективных конструкционных слоистых материалов. Зарубежным аналогом являются материалы GLARE, которые обладают повышенной удельной прочностью и прочностью, высокими удельными статическими свойствами, огнестойкостью и коррозионными свойствами, а также простотой изготовления и ремонта.

Настоящая работа является определением динамического поведения образцов СИАЛа со следующими размерами, мм: ширина = 20, толщина = 1,65, длина = 150, 200, 250, работающих в качестве металлических слоев. В образцах использованы листы алюминий-литиевого сплава марки 1441 толщиной  $h_{AL} = 0,35$  мм, а композитные слои выполнены из стеклопластика марки КМКС-2.120.Т60 и имеют различные схемы армирования [0/0], [90/90], [0/90], [0/45], [45/–45].

Получены результаты экспериментальных исследований собственных частот и коэффициентов демпфирования пятислойного алюмокомпозита. Испытания проведены с использованием метода свободных затухающих изгибных колебаний консольно-закрепленных образцов. Регистрация колебаний проводилась с использованием лазерного датчика Laser Triangulation Sensors RF603HS. Динамические параметры пятислойного алюмокомпозита вычислены на основе анализа амплитудно-частотных характеристик, полученных методом быстрого преобразования Фурье.

Установлено, что собственные частоты пятислойного алюмокомпозита зависят от размеров алюмокомпозита, не зависят от схемы армирования. Коэффициент демпфирования зависит не только от начального перемещения, но и от схемы армирования СИАЛов.

*Работа выполнена с финансовой поддержкой гранта Президента Российской Федерации МК-398.2022.4.*

#### Список литературы

- 1 Перспективы применения в авиационных конструкциях слоистых металлополимерных материалов на основе алюминиевых сплавов / В. В. Антипов // *Авиационные материалы и технологии*. – 2020. – № 1. – С. 45–53.
- 2 Dynamic characteristics of three-layer beams with load-bearing layers made of alumino-glass plastic / O. A. Prokudin [et al.]. – *PNRPU Mechanics Bulletin*. – 2020. No. 4. – P. 260–270. – DOI: 10.15593/perm.mech/2020.4.22.
- 3 Оценка межслоевой прочности алюмокомпозитов по результатам испытаний образцов на трехточечный изгиб / В. В. Антипов [и др.] // *Вестник Московского авиационного института*. – 2019. – Т. 26, № 2. – С. 229–237.
- 4 Kiratisaev, H. The impact response of aluminum foam sandwich structures based on a glass fiber-reinforced polypropylene fiber-metal laminate / H. Kiratisaev, W. J. Cantwell // *Polymer composites*. – 2004. – Vol. 25, no. 5. – P. 499–509.
- 5 Elasto-plastic behavior and failure of thick GLARE laminates under bending loading / Y. Solyaev [et al.] // *Composites Part B: Engineering*. – 2020. – Vol. 200. – 108302.
- 6 Solyaev, Y. Direct observation of plastic shear strain concentration in the thick GLARE laminates under bending loading / Y. Solyaev, A. Babaytsev // *Composites. Part B: Engineering*. – 2021. – Vol. 224. – 109145. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021>.

УДК 532. 536; 536.21

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕНИЯ

*А. В. БАБАЙЦЕВ, С. А. ШУМСКАЯ, М. С. ЕГОРОВА*  
*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Преимуществом технологии селективного лазерного сплавления является возможность создания цельной сложной геометрии с высокой точностью размеров и высокими механическими характеристиками при практически безотходном производстве, но при этом существует вероятность геометрических дефектов конечных изделий в связи с особенностями протекания процесса печати. В процессе спекания каждого слоя изделия возникают напряжения, уровень которых напрямую зависит от температурного поля печати, физико-механических свойств исходного порошкового материала. Данные параметры влияют на конечную микроструктуру и на возникновение локальных механических свойств.

Одним из основных аспектов получения недеформированного конечного изделия является формирование однородного расплава материала, с достаточным временем спекания слоев. На основе температуры плавления порошковой композиции можно получить ориентировочный диапазон температур процесса спекания порошка для лучшей межслоевой адгезии. Еще одним важным параметром является температура предварительного нагрева порошковой композиции в камере принтера, обычно она чуть ниже температуры плавления. Данный параметр позволяет уменьшить температурный градиент между спекаемой и не спекаемой частями, что способствует уменьшению теплового напряжения и предотвращению последующих деформаций. Данный аспект также влияет на скорость охлаждения системы, потому для ускорения процесса печати она должна поддерживаться на минимально допустимом уровне, но не должна быть слишком низкой из-за процесса кристаллизации и связанных с ней усадкой и короблением изделий. Из-за пространственных различий в температуре возникает риск формирования неоднородной микроструктуры по всей площади выращивания изделия.

*Работа проводилась при финансовой поддержке государственного проекта Министерства образования и науки РФ «Код проекта FSFF-2020-0016».*

#### Список литературы

- 1 Габбасов, М. Ф. Обзор технологий 3D печати: проблемы и перспективы развития / М. Ф. Габбасов // *Поволжский научный вестник*. – 2018. – № 2.
- 2 Babaytsev, A. V. Mechanical properties and microstructure of stainless steel manufactured by selective laser sintering / A. V. Babaytsev, M. V. Prokofiev, L. N. Rabinskiy // *Nanoscience and Technology: An International Journal*. – Vol. 8, no 4. – P. 359–366. – DOI:10.1615/NanoSciTechnolIntJ.v8.i4.60.
- 3 Additive manufacturing of metals / D. Herzog // *Acta Mater*. – 2016. – 117:371–92.
- 4 Spatter formation in selective laser melting process using multi-laser technology / M. Taheri Andani // *Mater Des*. – 2017. – 131:460–9.
- 5 Babaytsev, A.V. Properties and microstructure of AlSi10Mg samples obtained by selective laser melting / A. V. Babaytsev, A. Orekhov, L. N. Rabinskiy // *Nanoscience and Technology: An International Journal*. – Vol. 11, is. 3. – P. 213–222. – DOI: 10.1615/NanoSciTechnolIntJ.2020034207.

## ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Р. С. БОЛЬШАКОВ

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

С. К. КАРГАПОЛЬЦЕВ

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация*

В процессе эксплуатации технические объекты подвергаются влиянию различного рода факторов, препятствующих их безопасному функционированию. К таким причинам можно отнести перепады температуры, повышенный уровень шума, вибрации различного характера. В частности, вибрационные процессы сопровождают работу двигателей, компрессорного оборудования и других агрегатов. Для оценки и контроля колебаний необходимо формирование методологических основ учета особенностей динамического состояния транспортных и технологических машин [1–3]. Динамическое состояние оценивается с использованием различных методов, из которых можно отметить структурное математическое моделирование, когда с расчетной схемой рассматриваемого технического объекта в виде механической колебательной системы сопоставляется динамический аналог – структурная схема системы автоматического управления [4–6]. Уменьшение влияния вибраций или формирование необходимых режимов работы технологических машин связано с созданием новых конструкций вибрационных машин [7] и новых подходов в оценке динамического состояния [8].

В предлагаемом докладе рассматривается введение дополнительных сложных геометрических конструкций в структуру технических объектов для обеспечения требуемых технологических режимов.

### 1 Общие положения. Постановка задачи.

Расчётная схема технического объекта по рисунку 1 представляет собой механическую колебательную систему с сосредоточенными параметрами с двумя степенями свободы. Предполагается, что расчётная схема (физическая модель системы) совершает малые колебания относительно положения статического равновесия или установившегося движения, которое рассматривается в системе координат  $y_1, y_2$ , связанных с неподвижным базисом. Рабочий орган технологической машины выполнен в виде механической замкнутой цепи, в структуре которой твёрдое тело массой  $M$  и моментом инерции  $J$  занимает центральное положение. Рабочий орган опирается на рычажные механизмы (рычаги, находящиеся в шарнирных соединениях, обозначенных как тт.  $A_1$ – $A_4, B_1$ – $B_4$ ). В тт.  $A_3$  и  $B_3$  рабочий орган имеет контакты с упругими элементами, обладающими жесткостями  $k_1$  и  $k_2$ ; параллельно этим элементам используются управляемые пневмоупругие опоры с демпферными камерами.

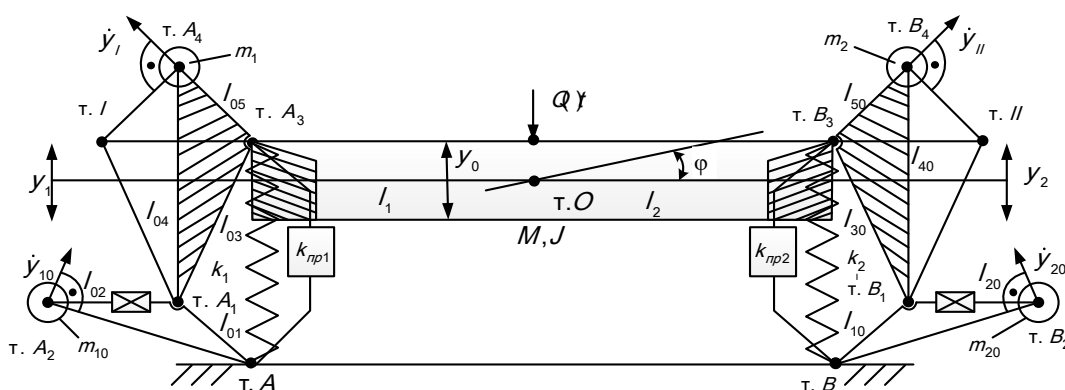


Рисунок 1 – Расчётная схема технического объекта

Определение скоростей  $\dot{y}_1, \dot{y}_2, \dot{y}_{10}, \dot{y}_{20}$  производится с использованием представлений о мгновенных центрах скоростей, что требует геометрических построений. Необходимые данные

приводятся на схемах (рисунок 2). Нужная информация о конструктивных параметрах (углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  и  $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ ; длины звеньев  $l_{01}, l_{02}, l_{03}, l_{04}, l_{10}, l_{20}, l_{30}, l_{40}$  и др.) является исходной и определяются исходя из конструктивно-технических соображений, связанных с проектными решениями.

## II Оценка возможностей управления динамическим состоянием системы.

На основании системы уравнений в операторной форме может быть построен динамический аналог исходной расчётной схемы в виде структурной схемы системы автоматического управления [3] (см. рисунок 2).

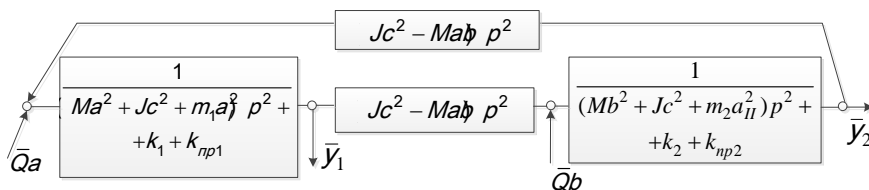


Рисунок 2 – Структурная схема исходной системы

Большими возможностями в оценке динамического состояния вибрационной технологической машины, в плане выбора и оценки динамических режимов, обладает подход, основанный на использовании передаточной функции межпарциальных связей

$$W_{12}(p) = \frac{\bar{y}_2}{\bar{y}_1} = \frac{b \left[ (Ma^2 + Jc^2 + m_1 a_I^2 + m_{10} a_{10}^2) p^2 + k_1 + k_{np1} \right] - a (Jc^2 - Mab) p^2}{a \left[ (Mb^2 + Jc^2 + m_2 a_{II}^2 + m_{20} a_{20}^2) p^2 + k_2 + k_{np2} \right] + b (Jc^2 - Mab) p^2}. \quad (1)$$

Выбор и настройка вибрационного технологического комплекса осуществляется варьированием значений масс пригрузов  $m_1, m_2, m_{10}$  и  $m_{20}$  и возможностями длин плеч рычагов  $l_{10}$  и  $l_{20}$ , что формирует значения настроечных массоинерционных коэффициентов  $a_1, a_{II}, a_{10}, a_{20}$ . Кроме того, в случае необходимости могут использоваться возможности дросселирования каналов упругих и демпферных камер пневмоупругих опор.

Введение дополнительных элементов, формирующих сложные структуры, позволяет корректировать параметры системы с целью получения специфических динамических режимов функционирования технических объектов транспортного и технологического назначения. Полученная передаточная функция межпарциальных связей, построенная с использованием структурных подходов, позволяет формировать технологические режимы без угловых колебательных движений.

## Список литературы

- 1 **Бабичев, А.П.** Основы вибрационной технологии / А. П. Бабичев, И. А. Бабичев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д : Изд. центр ДГТУ, 2008. – 693 с.
- 2 Методология системного анализа в задачах оценки, формирования и управления динамическим состоянием технологических и транспортных машин / С. В. Елисеев [и др.]. – Новосибирск : Наука, 2021. – 679 с.
- 3 **Елисеев, С. В.** Прикладной системный анализ и структурное математическое моделирование (динамика транспортных и технологических машин: связность движений, вибрационные взаимодействия, рычажные связи) : монография / С. В. Елисеев. – Иркутск : ИрГУПС, 2018. – 692 с.
- 4 О возможностях использования дополнительных связей инерционного типа в задачах динамики технических систем / С. В. Елисеев [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 5 (112). – С. 19–36. – DOI : 10.21285/1814-3520-2016-5-19-36.
- 5 **Елисеев, С. В.** Передаточные функции механической колебательной системы. Возможности оценки приведенной жесткости / С. В. Елисеев, Е. А. Паршута, Р. С. Большаков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 1. – С. 11–18.
- 6 Рычажные связи: возможности формирования динамических состояний в механических колебательных системах / С. В. Елисеев // Транспорт Урала. – 2020. – № 3 (66). – С. 17–23.
- 7 Определение частот собственных колебаний механических колебательных систем: особенности использования частотной энергетической функции / С. В. Елисеев [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 6(113). Ч. I. – С. 26–33. – DOI : 10.21285/1814-3520-2016-6-26-33.
- 8 **Большаков, Р.С.** Особенности вибрационных состояний транспортных и технологических машин. Динамические реакции и формы взаимодействия элементов / Р. С. Большаков. – Новосибирск : Наука. 2020. – 411 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОПОР ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ ТИМОШЕНКО ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ

*С. А. БОРШЕВЕЦКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИИ); ПАО «Корпорация "Иркут"»,  
г. Москва, Российская Федерация*

*Н. А. ЛОКТЕВА*

*Московский авиационный институт (НИИ); НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация*

Современные конструкции машиностроения, в том числе космические и летательные аппараты, используют тонкие панели, обшивки и другие крупногабаритные пластины и оболочки. Несомненным преимуществом такой конструкции является ее легкость, а также она выполняет аэродинамическую функцию, улучшая летные характеристики. Однако за счет своей тонкостенности подобные конструкции подвержены потерям устойчивости [1]. Для увеличения жесткости конструкции используются дополнительные опоры. Так, по всей длине крыла самолета расположены лонжероны и нервюры, увеличивающие жесткость обшивки, а по фюзеляжу – шпангоуты. Проблема расположения дополнительных опор для выполнения требуемого условия жесткости конструкции является актуальной при разработке новых конструкций.

В статье предлагается методика определения расположения дополнительных опор для прямоугольной пластины при воздействии сосредоточенной нагрузки. Достоинством предлагаемой методики является сохранение аналитического вида, что позволяет подставлять различные физические и геометрические характеристики материала конструкции, виды и места приложения нагрузки. Ранее были рассмотрены случаи статического, гармонического и нестационарного нагружения [2–4], но в них использовалась модель пластины Кирхгофа. В настоящей работе рассматривается модель Тимошенко [5], учитывающая изменение отклонения волокон материала.

Рассматривается шарнирно опертая тонкая упругая прямоугольная пластина Тимошенко, на которую в произвольном месте действует сосредоточенная нагрузка известной величины. По площади пластины расставлены дополнительные опоры таким образом, чтобы при приложении нагрузки выполнялось условие жесткости конструкции: прогиб не превышал заранее заданного значения. А с учетом теории, прогиб не должен превышать толщину пластины. Считается, что опоры расположены с одинаковым шагом по осям координат, образуя одинаковые прямоугольные сегменты. Но чтобы расставить дополнительные опоры, сначала решается задача об определении размера единичного сегмента, удовлетворяющего условию жесткости конструкции.

Рассматривается шарнирно опертая тонкая упругая прямоугольная пластина Тимошенко, в центр которой прикладывается искомая нагрузка. Вокруг нее на окружности радиусом, подлежащем определению, расположены четыре дополнительные опоры. Требуется определить радиус, который удовлетворял бы условию жесткости конструкции.

Функция прогиба определяется как сумма сверток функций влияния с соответствующей внешней нагрузкой и реакциями в дополнительных опорах. Для определения значения функции влияния выполняется разложение в ряды Фурье по координатам всех входящих в уравнения движения пластины функций таким образом, чтобы удовлетворялись граничные условия по краям пластины [6, 7].

Применяя к функции прогиба граничные условия для дополнительных опор, приходим к системе линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных реакций в опорах. Решая СЛАУ по правилу Крамера, находим эти реакции.

Затем из полученного уравнения нормальных перемещений определяются координаты расположения опор вокруг приложенной внешней нагрузки, таким образом, чтобы выполнялось условие непревышения заданной величины перемещений.

Найденные координаты опор образуют единичный сегмент, удовлетворяющий условию жесткости конструкции. Далее искомая пластина разбивается на единичные сегменты с некоторыми допущениями:

- допускается уменьшать размер сегмента вследствие геометрических размеров конструкции;
- допускается устанавливать больше опор, чем минимально необходимое количество.

Получается искомая конструкция с множеством дополнительных опор. Для нее в программном комплексе Ansys выполняется верификация и проверочный расчет граничных условий, условия жесткости конструкции в целом при произвольном приложении сосредоточенной нагрузки. Численный пример показывает удовлетворение всем требуемым условиям. Также результат незначительно отличается от полученного ранее при использовании пластины Кирхгофа.

#### Список литературы

- 1 Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций : учеб. пособие для студентов вузов / В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1994. – 384 с.
- 2 Боршевецкий, С. А. Определение нормальных перемещений шарнирно опертой пластины с дополнительными опорами под воздействием сосредоточенной силы / С. А. Боршевецкий, Н. А. Локтева // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVII Междунар. симп. им. А. Г. Горшкова. – Т. 2. – ООО ТРП, М. : 2021. – С. 19–20.
- 3 Боршевецкий С. А. Определение положения опор для прямоугольной пластины под воздействием гармонической сосредоточенной нагрузки / С. А. Боршевецкий, Н. А. Локтева // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 256–257.
- 4 Боршевецкий С. А. Определение положения дополнительных опор для прямоугольной шарнирно опертой пластины при нестационарном воздействии на нее / С. А. Боршевецкий, Н. А. Локтева // XXV ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ (школа молодых ученых) : материалы междунар. молодежной науч. конф. : Т. 2. – Казань : Изд-во ИП Сагиева А. Р., 2021. – С. 395–400.
- 5 Горшков А. Г. Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.
- 6 Чернина, В. С. Статика тонкостенных оболочек вращения / В. С. Чернина. – М. : Наука, 1968. – 456 с.
- 7 Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.

УДК 539.3

### ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ВОЛЬТЕРРА В ОБРАТНЫХ ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ СТЕРЖНЕЙ

*Я. А. ВАХТЕРОВА, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт (НИИУ); НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация*

Обратные задачи относятся к специальному типу задач, которые часто возникают во многих разделах науки. Их целью является определение значений геометрических или физических параметров модели, восстановление воздействующих на неё внешних нагрузок, идентификация начальных или граничных условий и другие задачи идентификации с использованием наблюдаемых данных.

Нестационарные обратные задачи чрезвычайно актуальны и в настоящее время являются наименее исследованными. Постановка и методы решений нестационарных обратных задач могут послужить основой создания комплексов мониторинга конструкций реального времени. Они позволят непосредственно во время эксплуатации следить и вовремя предотвращать возникновение и развитие повреждений, отслеживать различные структурные превращения, восстанавливать пространственно-временные законы воздействующих на конструкцию внешних нагрузок. В связи с бурным развитием компьютерной техники, автоматизации и робототехники задачи этого класса становятся приоритетными в современной науке.

Нестационарные обратные задачи для твёрдых деформируемых тел, в том числе для стержней, можно разделить на несколько характерных типов.

1 Коэффициентные обратные задачи. В этих задачах коэффициенты уравнения нестационарных колебаний (плотность, модуль Юнга, площадь поперечного сечения) не заданы полностью. Задача состоит в восстановлении неизвестных коэффициентов при известных начальных и граничных условиях, а также по некоторой дополнительной информации, например, информации о поведении решения в некоторых определенных точках стержня в зависимости от времени.

2 Граничные обратные задачи. В этих задачах неизвестными являются граничные условия (условия закрепления).

3 Эволюционные обратные задачи. Они связаны с необходимостью определения заданных начальных условий.

4 Ретроспективные обратные задачи. В этих задачах требуется восстановить неизвестную нагрузку (её зависимость от времени, характер распределения по стержню), т. е. в этом случае не заданной является правая часть уравнения колебаний.

5 Геометрические обратные задачи, в которых требуется определить наличие и характер повреждений. В определенном смысле эти задачи родственны обратным коэффициентным задачам, поскольку повреждение в стержне связано с локальным изменением площади его поперечного сечения, или/и физических характеристик стержня.

Решение обратных задач для стержня, базируется на методе функций влияния [1–4]. Его суть состоит в использовании интегральной связи между нестационарными перемещениями исследуемого деформируемого тела и воздействующими на него нагрузками, которая приводит к разрешающим интегральным уравнениям Вольтерра. При этом ядрами соответствующих интегральных операторов являются функции влияния для исследуемых объектов. Разрешающие интегральные уравнения кроме внешних нагрузок содержат также и все параметры модели: плотность материала, упругие константы, геометрические параметры. В различных постановках часть параметров модели или внешние нагрузки являются искомыми неизвестными, которые требуется определить из решения обратной задачи, сводящейся к указанным разрешающим уравнениям. При использовании этого подхода основополагающими являются решения прямых задач о построении функций влияния для деформируемых тел, в данной работе – для упругих стержней. Эти функции по сути представляют собой перемещения в ответ на воздействия сосредоточенных нагрузок. При этом они разделяются на граничные функции влияния (в случае, когда сосредоточенная нагрузка приложена к одному из концов стержня) и погонные функции влияния (когда сосредоточенная нагрузка соответствует воздействию распределенного усилия). Для математического описания таких нагрузок используется аппарат обобщенных функций. Эти задачи решены аналитическими методами с получением соответствующих решений в явной форме. Функции влияния также являются обобщенными и, в отличие от обычных функций перемещений, могут иметь разрывы и даже более сильные особенности. Для построения решений задач о функциях влияния использованы интегральные преобразования Лапласа по времени и Фурье по пространственным переменным, в случае протяженных стержней, когда влияние границ может не учитываться. В случае стержней конечных размеров дополнительно использован аппарат разложений в ряды по собственным функциям соответствующих задач. Для решения обратных задач описанным выше методом используется метод механических квадратур в сочетании с алгоритмом регуляризации Тихонова.

В работе построены методы и алгоритмы и получены решения новых нестационарных ретроспективных задач для упругого стержня и балки Тимошенко. В обратных задачах предполагается, что перемещения или прогиб некоторого участка стержня можно измерить. На практике эта информация может поступать с датчиков перемещений или прогиба, установленных на этом участке стержня. Требуется по данным, полученным с датчиков, восстановить нестационарную распределенную нагрузку: определить носитель нагрузки (множество точек оси стержня, в которых она отлична от нуля), закон ее распределения вдоль носителя и закон изменения нагрузки по времени.

Решение этих задач сведено к системам интегральных уравнений Вольтерра I-го рода. Для построения решений этих систем разработан численный алгоритм, основанный на дискретизации по времени. При этом задача сводится к системе алгебраических уравнений с плохо обусловленной матрицей. Вследствие этого задача является некорректной по Ж. Адамару. Для преодоления сложностей, связанных с обеспечением устойчивости алгоритма решения, применен метод регуляризации Тихонова. Малый параметр сглаживающего функционала разыскивается из условия минимизации невязки, представляющей собой норму разности образа вектора квазирешения и вектора правых частей исходной системы уравнений. Исследована устойчивость построенного алгоритма по отношению к малым возмущениям правой части системы уравнения. В результате построен устойчивый алгоритм решения, позволяющий реконструировать все параметры нагрузки по данным измерений, поступающих с датчиков в реальном времени. Приведены примеры расчетов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ, проект 20-19-00217.*

#### Список литературы

1 Timoshenko beam and plate non-stationary vibrations / G. V. Fedotenkov [et al.] // INCAS Bulletin. – 13(Special Is.). – P. 41–56. – DOI:10.13111/2066-8201.2021.13.S.5.

2 The inverse transient problem of identifying the law of change in the cross-sectional area of an elastic bar / G. Fedotenkov, E. Starovoirov, Y. Vahterova // 9th edition of the International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering (COUPLED PROBLEMS 2021). – 2021. – DOI: 10.23967/coupled.2021.054

3 **Vahterova Y. A.** The inverse problem of recovering an unsteady linear load for an elastic rod of finite length / Y. A. Vahterova, G. V. Fedotenkov // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Vol. 18, no. 4. – P. 687–692.

4 **Fedotenkov, G. V.** Identification of non-stationary load upon timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2019. – Vol. 40, no. 4. – P. 439–447.

УДК 539.31

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОДНОРОДНОЙ ПРЕГРАДЫ, ЗАКРЕПЛЕННОЙ ПРОИЗВОЛЬНЫМ ОБРАЗОМ, С ПЛОСКОЙ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ВОЛНОЙ В ГРУНТЕ

ВО ВАН ДАЙ

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Н. А. ЛОКТЕВА

*Московский авиационный институт (НИУ); НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация*

Негативное влияние вибраций как непосредственно на человека, так и на здания и сооружения, давно доказано и сомнению не подлежит. Однако расширение, в первую очередь, транспортной инфраструктуры, а в рамках рассматриваемой проблемы – метрополитена, в зоне уже существующей застройки в современных городах не позволяет расположить тоннели и железнодорожные полотна на таком расстоянии от жилых домов и офисных зданий, чтобы отрицательное влияние вибраций от движущегося транспорта было минимальным. Проблеме вибраций различной степени интенсивности, возникающих как по естественным, так и по техногенным причинам, уже достаточно давно уделяется внимание. И на данный момент существуют различные способы понижения уровня вибраций в грунте разной степени эффективности.

В данной работе внимание будет сосредоточено на снижении уровня вибраций с помощью организации пассивной виброзащиты в виде вибропоглощающих препятствий, моделями которых выступают однородные преграды, помещенные в упругую среду, имитирующую грунт.

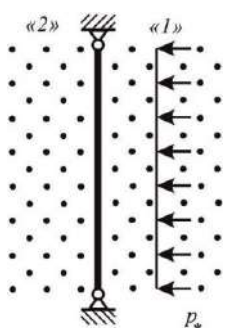


Рисунок 1 – Пример взаимодействия гармонической плоской волны с шарнирно закрепленной преградой в грунте

Движение вибропоглощающей преграды описывается уравнениями Кирхгофа [1]. Помещенная в упругую среду, данная преграда взаимодействует с гармонической волной. На рисунке 1 в качестве примера изображена шарнирно опертая пластина. Также будет рассматриваться жесткое защемление краев преграды, что в большей степени соответствует реальным способам закрепления таких вибропоглощающих экранов. На пластину, выполняющую роль вибропоглощающего экрана, действует плоская гармоническая волна со стороны первого полупространства. Как известно, решение подобных задач строится на разложении всех функций в ряды Фурье, удовлетворяющие граничным условиям, единственным поддающимся решению вариантом которых является шарнирное закрепление. Однако такой вид закрепления не соответствует используемым на практике способам крепежа вибропоглощающих преград. Для произвольных граничных условий определить собственные функции, позволяющие решать задачу в коэффициентах рядов, невозможно.

В работе рассмотрены два вида закрепления преграды: шарнирное, которое верифицируется известными методами решения подобных задач с помощью разложения в ряды Фурье, и жесткая заделка. Соответствующие шарнирному закреплению условия приведены в формуле (1), жесткому закреплению – в формуле (2):

$$w|_{x=0,l} = 0, w''|_{x=0,l} = 0. \quad (1)$$

$$w|_{x=0,l} = 0, w'|_{x=0,l} = 0. \quad (2)$$

Решение будет строиться как

$$w(x, \omega) = w^\infty(\omega) + \sum_{n=1}^4 G_w * P_n, \quad (3)$$



где  $w^\infty(\omega)$  перемещение бесконечной пластины под воздействием плоской гармонической волны;  $P_n$  – компенсирующие нагрузки [2], обеспечивающие выполнение произвольных граничных условий.

На первом этапе решения задачи определяются нормальные перемещения пластины в упругой среде под воздействием плоской гармонической волны. При этом рассматривается бесконечная пластина. Все функции, входящие в выражение перемещений, меняются по гармоническому закону. Для понижения степени производных по координатам применяется преобразование Фурье. Решается вспомогательная задача, позволяющая установить связь между напряжениями в грунте и перемещениями средней линии преграды, для чего находятся поверхностные функции влияния. В результате решения связанной задачи о движении грунта и преграды определяется перемещение на границе преграды и полупространств, заполненных упругой средой в бесконечной постановке задачи.

Далее определяется функция влияния для перемещений пластины от воздействия дельта-функции Дирака. После чего, возвращаясь к уравнению (3) и исходя из граничных условий (1) или (2) для соответствующих видов закрепления преграды, определяются значения компенсирующих нагрузок  $P_n$ . Стоит отметить, что граничные условия могут быть любыми, и в данном случае в первом примере было рассмотрено шарнирное закрепление исходя из соображений дальнейшей верификации путем решения аналогичной задачи через разложение в ряды Фурье.

Изложенный подход позволяет определять перемещения грунта как на границе среды и преграды, так и в глубине среды «2». При этом способы закрепления преграды могут быть любыми.

#### Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков. – М. : Физматлит, 2004. – 472 с.
- 2 Метод компенсирующих нагрузок в задачах теории тонких пластинок и оболочек / Э. С. Венцель [и др.]. – Харьков : Б. и., 1992. – 92 с.
- 3 Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.

УДК 656.073.9

## РАЗВИТИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*О. Г. ГЕЛИВЕР, С. В. ЛЯХОВ, В. В. КОЗЛОВ*

*Белорусский научно-исследовательский институт транспорта  
(БелНИИТ «Транстехника»), г. Минск*

Благодаря активному развитию и внедрению цифровых технологий в логистические процессы, 2022 год не только принес, значительные преимущества для европейской и национальной логистики, но и обозначил ряд новых вызовов и рисков в развитии логистической системы и транзитного потенциала Республики Беларусь. Происходящие изменения в экономике страны предопределяют создание принципиально новой системы управления грузопотоками, основанной на современной технологии и логистических принципах перемещения грузов.

### **Анализ логистической системы Республики Беларусь.**

В целом анализ рынка логистической и транспортно-экспедиционной деятельности, факторов и условий, влияющих на развитие логистической системы Республики Беларусь, показывает следующее.

1 Тенденции развития логистической и транспортно-экспедиционной деятельности в Республике Беларусь сопоставимы с тенденциями, протекающими в странах Европы. В частности, увеличивается доля операций с использованием цифровых стандартов и стартапов, направленных на совершенствование цепей поставок.

2 Транспортные, транспортно-экспедиционные компании логистические операторы активно используют интеллектуальные системы автоматизации процессов на основе цифровизации, начиная простейшими логистическими операциями, заканчивая онлайн-агрегаторами, смарт-контрактами, виртуальными платежами и использованием блокчейн-технологий.

3 В декабре 2021 года Правительством был утвержден План мер по созданию условий для ускоренного развития сферы логистических услуг в Республике Беларусь (далее – План мер) (утвержден Заместителем Премьер-министра Республики Беларусь Сиваком А. А. 2 декабря 2021 г. № 37/222-693/11832р). Выполнение Плана мер находится в прямой зависимости от общеевропейских трендов в различных областях логистической системы и управления цепями поставок, микро- и макроэко-

номических оценок и процессов, протекающих в Республике Беларусь, а также от влияния международных санкций в отношении отдельных белорусских компаний.

4 На глобальном (наднациональном) уровне можно выделить такие закономерности:

- цифровизация логистической деятельности;
- либерализация, повышение конкуренции и развитие услуг в цепочках поставок;
- трансформация систем таможенного регулирования;
- привлечение инвестиций в развитие торговой и транспортной инфраструктуры, включая онлайн-системы управления цепями поставок;
- совершенствование системы преференцирования и льготирования логистической деятельности;
- развитие системы координационной деятельности в развитии логистики, в том числе за счет консолидации государственных органов, заинтересованных в развитии логистической деятельности в государстве;
- вовлечение участников экономической деятельности, финансовых структур и научных кругов в международные цепи поставок;
- развитие новых межрегиональных (панъевропейских) транспортных коридоров в обход Беларуси.

5 На внутреннем уровне можно выделить следующие закономерности:

- уровень спроса на товары, составляющие доминанту белорусского экспорта;
- совершенствование правовых условий и базы осуществления хозяйственной деятельности субъектов логистического, транспортного, транспортно-экспедиционного бизнеса в сопредельных с Беларусью государствах и непосредственно в Республике Беларусь;
- политика РФ, направленная на переориентацию российских экспортных грузопотоков с портов стран Балтии на собственные порты, расположенные в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

6 Развитие национальных логистических систем в сопредельных с Беларусью государствах предусмотрено в схожих по тематике стратегических документах логистической направленности: программах развития, дорожных картах, мастер-планах, концепциях и т. д.

7 Улучшению условий транзита автомобильным транспортом по территории республики с использованием МТК способствуют:

- реконструкция и строительство по параметрам первой категории автомобильных дорог, соединяющих столицу с областными центрами;
- реконструкция, ремонт и содержание автомобильных дорог, входящих в международные транспортные коридоры, с доведением параметров нагрузки на ось до 11,5 тонны;
- развитие придорожного сервиса.

#### **Цифровизация логистической системы Республики Беларусь.**

Основные задачи, стоящие перед транспортными организациями, предусматривают снижение стоимости перевозок, улучшение их качества, сокращение сроков доставки, гармоничное сочетание на рынке транспортных услуг всех видов современного транспорта на основе нормальной межвидовой и внутривидовой конкуренции, их координацию при смешанных перевозках, создание в транспортной отрасли общего информационного пространства.

В качестве приоритетной, сформировалась концепция логистики, основанная на консолидации участников системы товародвижения для обеспечения непрерывности и бесперебойности движения грузов, снижения совокупных издержек во всей логистической цепи от производителя до потребителя.

Сегодня во многих логистических секторах экономики увеличивается доля операций с использованием цифровых стандартов и стартапов, направленных на совершенствование цепей поставок в экосистемах которые, в свою очередь, меняют правила игры в бизнесе. Транспортные, транспортно-экспедиционные компании, логистические операторы активно обращаются к интеллектуальным системам для автоматизации процесса согласования перевозок с имеющимися логистическими мощностями. Происходит увеличение доли «цифры» в цепи поставок, начиная от простейших логистических функций, заканчивая онлайн-агрегаторами, смарт-контрактами, виртуальными платежами и использованием блокчейн-технологий. Обоснованные решения на основе аналитики баз данных быстро становятся нормой логистики в последние годы при этом кроме обработки данных по прогнозам, маршрутам, расходу топлива и срокам обработки данные поставки могут быть агрегированы на уровне склада или производства.

Разработанные мероприятия Плана мер по созданию условий для ускоренного развития сферы логистических услуг в Республике Беларусь не только имеют определенную тождественность с вышеука-

занными трендами, но и направлены на их исполнение различными общественными, коммерческими и государственными структурами. Реализация положений плана включает следующие направления:

- совершенствование механизмов логистики и управления цепями поставок;
- совершенствование таможенного администрирования перемещения транспортных средств и грузов;
- развитие международного сотрудничества, проведение исследований международных и национальных логистических систем и грузопотоков;
- повышение эффективности функционирования логистических центров.

Наиболее действенным и перспективным вариантом по модернизации пунктов пропуска как элемента повышения эффективности грузопотоков является реализация мероприятий в области информатизации и цифровизации, предусмотренных Государственной программой «Цифровое развитие Беларуси» на 2021–2025 годы (далее – Государственная программа), утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 02.02.2021 г. № 66.

Государственной программой предусмотрено развитие компонентов Единой автоматизированной информационной системы таможенных органов (далее – ЕАИС ТО). Данным мероприятием на период до 2023 года предполагается провести модернизацию автоматизированной подсистемы «Транзит таможенного союза», автоматизированной подсистемы «Модуль автоматической рассылки сообщений», а также модернизацию системы защиты информации ЕАИС ТО. К 2024 году Государственной программой предусмотрено создание интеллектуальной платформы комплексного управления и мониторинга обстановки на государственной границе.

УДК 539.42

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКВОЗНЫХ ОСЕВЫХ ДЕФЕКТОВ НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ**

*М. В. ГОРОХОВА*

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

В настоящее время большое внимание уделяется исследованию технического состояния магистральных нефтепроводов методами внутритрубной диагностики (ультразвуковой и магнитный методы контроля). По результатам таких исследований удается выявить дефекты трубопроводов, которые приводят к снижению прочности отдельных участков трубопроводов и, как следствие, надежности всего трубопровода. Поэтому актуальным является определения разрушающего давления для участков магистральных трубопроводов, которые содержат различные дефекты, выявленные по результатам внутритрубной диагностики.

За время своей эксплуатации любой трубопровод испытывает как статическое, так и циклическое нагружение, что необходимо учитывать при выборе критерия предельного состояния, принимаемого для оценки прочности. Наиболее перспективным здесь является деформационный критерий, который можно использовать для различных состояний материала, а также широкой области размеров трещин. Но вместе с тем применение этого критерия к оценке прочности труб магистральных нефтепроводов с трещиноподобными дефектами в настоящее время не представляется возможным ввиду отсутствия необходимой экспериментальной информации по критическим коэффициентам интенсивности деформаций и отсутствия решения для коэффициентов интенсивности напряжений в относительно длинных несквозных трещинах в цилиндрических тонкостенных оболочках. Применение критериев линейной механики также не представляется возможным, так как хрупкое разрушение труб магистральных трубопроводов, с учетом характеристик трубных сталей и толщин стенок, может реализовываться только при температурах ниже температуры вязко-хрупкого перехода материала (от  $-40$  до  $-10$  °С), что ниже минимальных температур, которые зафиксированы при перекачке нефти.

Поэтому на основе экспериментальных исследований было принято, что критический размер трещин определяется на основе критерия образования пластического шарнира в ослабленном сечении. Разрушение вследствие образования пластического шарнира предполагает, что разрушение в ослабленном сечении является упругопластическим до возникновения какого бы то ни было рас-

пространения трещины. Предполагается, что разрушение происходит при критическом напряжении в ослабленном сечении, которое считают свойством материала.

В данном исследовании в качестве критического напряжения принимается

$$\sigma_f = \frac{\sigma_b}{A},$$

где  $\sigma_b$  – предел прочности материала трубы;  $A$  – эмпирический коэффициент, учитывающий местоположение трещиноподобного дефекта.

Для трещиноподобных дефектов, расположенных вне зоны сварного шва –  $A = 1,15$ , что соответствует данным по разрушению бездефектных труб вне зоны сварных соединений.

В исследовании разрабатывались методики расчета произвольно ориентированных дефектов стенки трубы. Поскольку крайними случаями ориентации дефекта являются продольные и окружные дефекты, то на первом этапе исследования определялась возможность приведения расчетных формул для этих дефектов к одному виду. В качестве расчетных моделей для оценки опасности окружных дефектов предлагается использовать модель Ранганата [1], определяющую зависимость между нагрузкой (внутреннее давление и изгиб трубы) и размером дефекта, а также модель Даффи и Эйбера [2], предложенную для несквозных продольных дефектов в трубах, нагруженных внутренним давлением.

Рассмотрим особенности расчета прочности трубы со сквозными осевыми дефектами. Эмпирическое выражение для разрушающего окружного напряжения для данного вида дефекта было получено Эйбером в виде

$$\sigma_h = \frac{\sigma_f}{M}, \quad (1)$$

Коэффициент  $M$  рассчитывается по формуле

$$M = \left[ 1 + \left( \frac{1,61}{Rt} \right) \cdot l^2 \right]^{1/2}, \quad (2)$$

где  $R$  – номинальный радиус трубы;  $t$  – толщина трубы;  $l$  – полудлина трещины.

Значение коэффициента  $M$  можно также вычислять по уточненным решениям, которые были получены Фолиасом и Кефнером [3]. Все эти зависимости являются аппроксимациями поправочной функции коэффициентов интенсивности напряжений для точного упругого решения [6] и соответствуют отношению номинальных разрушающих напряжений для бездефектной трубы к их номинальному напряжению для трубы со сквозным дефектом той же длины.

Анализ полученных результатов показал, что точность расчета разрушающего давления зависит от правильного выбора критического напряжения, который определяется коэффициентом  $\lambda$  размера трещины  $\left( \lambda = \frac{l}{\sqrt{Rt}} \right)$ .

Так, при больших длинах трещины ( $\lambda > 3$ ) предпочтительнее использовать в качестве критического напряжения временное сопротивление материала  $\sigma_f = \sigma_b$ . При средних значениях длин трещин ( $1,5 < \lambda < 3$ ) и неглубоких коротких трещинах ( $\lambda < 1,5$ ) в качестве критического напряжения приемлемо использовать выражение  $\sigma_f = \frac{\sigma_b + \sigma_{02}}{2}$ . Для коротких ( $\lambda < 1,5$ ) глубоких трещин последнее выражение для критического напряжения снова дает чрезмерно консервативный результат. Поэтому для них в качестве критического напряжения необходимо использовать напряжение близкое к пределу прочности  $\sigma_f = \sigma_b$ . Очевидно, это связано как с возникновением объемного напряженного состояния в вершине трещины при уменьшении ее относительной длины и увеличении глубины, приводящего к снижению уровня предельных пластических деформаций в ослабленном сечении, так и с увеличением погрешности в расчетах коротких и глубоких трещин.

В связи с этим при использовании в расчете постоянного значения критического напряжения предпочтительнее использование коэффициента  $M$  по зависимости (2) как снижающего консервативность расчета для коротких глубоких трещин, так и сохраняющего консервативность для длинных трещин, являющихся наиболее опасными с точки зрения последствий разрушения.

### Список литературы

- 1 Raganat, S. Engineering methods for assessment of ductile fracture margin in nuclear power plant piping / S. Raganat // Elastic Plastic Fracture Second Symposium. – Vol. 2. Fracture Resistance Curves and Engineering Applications // ASTM STP 803, American Society for Testing and Materials. – Philadelphia, Pa., 1983.
- 2 Практические примеры расчета на сопротивление хрупкому разрушению трубопроводов под давлением. Разрушение. Т. 5. / А. Р. Даффи [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 452 с.
- 3 Мураками, Ю. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений / Ю. Мураками. – М. : Мир, 1990. – 448 с.

УДК 160.178.3

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ДЕФОРМАЦИИ НА ПАРАМЕТРЫ УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИЗГИБЕ

*М. В. ГОРОХОВА, С. В. СОЗИНОВ*

*Волжский государственный университет водного транспорта, Российская Федерация*

Корпус любого водоизмещающего судна во время его эксплуатации подвержен воздействию усилий, величина и направление действия которых непрерывно изменяются. Связи судового корпуса испытывают одновременно несколько видов деформаций. Кроме этого, прочность связей судового корпуса изменяется во времени из-за износа и появления пластических деформаций. В результате в районе концентраторов напряжений, которыми являются сварные швы, вырезы, прерывистые связи и жесткие точки зарождаются усталостные трещины. При этом по судостроительным сталям, работающим в составе корпусных конструкций в условиях сложного напряженного состояния, практически нет исследований по оценке влияния степени и вида деформации на параметры усталостного разрушения. Поэтому целью исследований было прогнозирование долговечности, снижение металлоемкости судокорпусных изделий на основании изменения механических характеристик и закономерностей усталостного разрушения предварительно деформированных материалов.

Образцы для проведения исследований изготавливались из гнутых замкнутых сварных профилей стали 15 размером 80×80×3 мм (ГОСТ 30245–2003) При этом предварительной пластической деформации в диапазоне от 0 до 18 % подвергались пластины с размером поперечного сечения 3×20 мм, из которых затем изготавливались образцы как для статических испытаний растяжением (сечением 3×3 мм), так и для усталостных испытаний. Для получения практически идентичных образцов и уменьшения разброса экспериментальных данных образцы изготавливались из профилей одной партии. Статические испытания и предварительное деформирование растяжением проводились при комнатной температуре на разрывной машине ИР5057-50, оснащенной компьютерной приставкой, со скоростью деформации  $10^{-3} \text{ с}^{-1}$ . По результатам статических испытаний помимо стандартных механических характеристик ( $\sigma_b$  – предел прочности;  $\sigma_{02}$  – предел текучести;  $\delta$  – полное относительное удлинение) определялся показатель деформационного упрочнения  $n$  из уравнения кривой упрочнения при статическом растяжении [1]:

$$\sigma_i = \sigma_0 \varepsilon_i^n,$$

где  $\sigma_i$  – истинное текущее напряжение течения;  $\sigma_0$  – постоянная, равная напряжению течения при  $\varepsilon = 1$ ;  $\varepsilon_i^n$  – истинная текущая деформация.

Величины механических характеристик оценивались по результатам испытаний 4–5 образцов. Линейные размеры образцов замерялись на компараторе ИЗА2-С с точностью до 0,001 мм. Относительная погрешность исследуемых величин не превышала 1,6 %. По результатам исследований установлены закономерности изменения механических характеристик от степени предварительной деформации растяжения.

Испытания на усталость проводились на знакопеременный симметричный циклический изгиб по схеме «мягкого» нагружения, когда при динамическом возбуждении заданной величиной является напряжение практически постоянное на всем протяжении испытания, а перемещение образца кинематически неограничено и может изменяться в зависимости от изменения жесткости нагружаемой системы в период нарастания усталостных повреждений и постепенного развития усталостной трещины.

Для определения циклического напряжения и регистрации процесса усталости был использован динамометрический метод. Для оценки накопления циклических повреждений строились кинематические диаграммы усталостного разрушения, представляющие собой изменение относительной величины прогиба образца ( $f_i$ ) в функции числа циклов напряжений ( $N$ ). При заданном уровне циклического напряжения относительная стрелка прогиба образца определялась как:

$$\varepsilon_{с.п} = \frac{f_i}{f_0},$$

где  $f_0, f_i$  – соответственно величины начальной и текущей стрелки прогиба образца в функции  $N$  числа циклов нагружений.

Кинетические диаграммы усталостного разрушения представлялись в координатах  $\lg \varepsilon_{с.п} - \lg N$ , по которым проводилась количественная оценка длительности стадий усталостного разрушения – стадии  $N_1$  (до момента раскрытия и распространения усталостной трещины), и стадии  $N_{пр}$  распространения усталостной трещины (с момента раскрытия трещины до полного ее распространения по сечению образца).

В результате испытаний серии образцов с различной величиной степени предварительной деформации растяжением ( $\varepsilon_{пл} = 0; 2,5; 5; 10; 15; 18\%$ ) при одинаковой величине амплитуды напряжений ( $\sigma_a = 300$  МПа) были получены зависимости изменения стрелки прогиба образца в функции числа циклов нагружения. Установлены также закономерности, по которым изменяются механические характеристики стали и показатель деформационного упрочнения в зависимости от степени предварительного пластического деформирования растяжением.

Выполненные испытания позволили установить степень влияния длительности периодов усталостного разрушения (от момента появления и распространения усталостной трещины по всему образцу) в зависимости от величины предварительной пластической деформации, которой подвергался на начальном этапе испытаний образец. При этом установлено, что долговечность предварительно деформированных образцов ( $\varepsilon_{пл} > 5$ ) в основном определяется длительностью стадии распространения усталостной трещины. Выявлено, что продолжительность стадии распространения усталостной трещины растет с увеличением степени предварительной деформации и при  $\varepsilon_{пл} = 18\%$  составляет порядка 60 % от полной долговечности образца.

#### Список литературы

- 1 Пачурин, Г. В. Технология комплексного исследования разрушения деформированных металлов и сплавов в различных условиях нагружения / Г. В. Пачурин, А. Н. Гущин. – Н. Новгород : НГТУ, 2005. – 138 с.
- 2 Терентьев, В. Ф. Усталостная прочность металлов и сплавов / В. Ф. Терентьев. – М. : Наука, 2002. – 287 с.

УДК 51+004

## МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ, ОСНОВАННЫЙ НА СИНГУЛЯРНОМ РАЗЛОЖЕНИИ МАТРИЦЫ

М. А. ГУНДИНА, Д. А. КАМЕНКО

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Основная идея метода обнаружения аномальных значений, основанного на разложении матриц, состоит в том, чтобы использовать сингулярное разложение исходной матрицы данных.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 & 3 & 2 & 1 & 3 \\ 0 & 1 & 0 & 2 & 3 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 & 2 & 4 & 1 & 4 \\ 5 & 1 & 1 & 7 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 3 & 5 & 6 & 1 & 2 \\ 0 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 \\ 4 & 12 & 2 & 1 & 4 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

Предположим, что исходный набор данных выглядит следующим образом (рисунок 1).

Наилучшая матрица (Фробениусова норма разности которой с исходной минимальна) получается из сингулярного разложения матрицы  $M$  по формуле

$$M = ULV^T.$$

Рисунок 1 – Исходная выборка  $L$  – матрица размера  $m \times n$  с неотрицательными элементами, у которой элементы, лежащие на главной диагонали, – это сингулярные числа (а все элементы, не лежащие на главной диагонали, являются нулевыми), а матрицы  $U$  и  $V$  – это две унитарные матрицы, состоящие из левых и правых сингулярных векторов соответственно.

В системе Wolfram Mathematica сингулярное разложение может быть получено с помощью следующей формулы:

$$\{u, l, v\} = \text{SingularValueDecomposition}[M1];$$

Приближенная матрица  $M_k = U_k L_k V_k^T$ ,

$U_k, L_k, V_k$  получаются из матриц сингулярного разложения отсечением до  $k$  первых столбцов.

Рассмотрим случай  $k = 1$ .

For[u1=Table[0,{i,1,Dimensions[M1][[1]]},{j,1,Dimensions[M1][[2]]};j=1,j<=k,j++,For[i=1,i<=Dimensions[M1][[1]],i++,u1[[i,j]]=u[[i,j]]]]

For[v1=Table[0,{i,1,Dimensions[M1][[1]]},{j,1,Dimensions[M1][[2]]};j=1,j<=k,j++,For[i=1,i<=Dimensions[M1][[1]],i++,v1[[i,j]]=v[[i,j]]]]

For[l1=Table[0,{i,1,Dimensions[M1][[1]]},{j,1,Dimensions[M1][[2]]};j=1,j<=k,j++,l1[[j,j]]=1[[j,j]]]

Тогда приближенная матрица имеет вид, представленный на рисунке 2.

Команда `ArrayPlot[Abs[M1-M2]//Chop]` позволяет графически выделить аномальные значения матрицы (рисунок 3)

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 3 & 1 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 2 \\ 3 & 3 & 0 & 4 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 3 & 2 & 2 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 5 & 0 & 4 & 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & 2 & 3 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 1 & 3 & 3 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 1 & 3 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 4 & 7 & 2 & 5 & 6 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$



Рисунок 2 – Приближенная матрица.  
Матрица разности исходной матрицы  
с приближенной матрицей

Рисунок 3 – Аномальные значения,  
выделенные темным цветом

Элементы, которые сильно отличаются от соответствующих элементов матрицы небольшого ранга, будут считаться аномальными.

УДК 539.3

## ДИНАМИКА ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ПРИ НАЛИЧИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ

*Д. В. ДЕДОВА*

*ПАО «Корпорация "Иркут"», г. Москва, Российская Федерация*

*А. Л. МЕДВЕДСКИЙ*

*Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н. Е. Жуковского,  
г. Жуковский, Российская Федерация*

*М. И. МАРТИРОСОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В настоящее время в авиационной технике (АТ) широко используются полимерные композиционные материалы (ПКМ), которые обладают большим количеством преимуществ по сравнению с традиционными металлическими материалами, например, высокой удельной прочностью и жесткостью, сопротивлением усталости, низкими коэффициентами трения и термического расширения, химической инертностью. Говоря о недостатках ПКМ, среди прочего можно отметить, что при производстве и эксплуатации элементов конструкций из ПКМ могут возникать повреждения. Под повреждением будем понимать нарушение исправного состояния изделия при сохранении его работоспособности. В авиации выделяется пять категорий повреждений изделий из ПКМ в зависимости от требуемого уровня остаточной прочности, интервала между осмотрами, условий появления повреждения и контролепригодности.

*Категория 1.* Допустимые повреждения менее того размера, который может быть обнаружен с вероятностью не менее 90 % с уровнем доверия 95 % в процессе однократного выполнения любой

формы эксплуатационного контроля. Обоснование допустимости повреждения Категории 1 включает демонстрацию статической прочности от расчетных нагрузок в течение всего периода эксплуатации. В настоящее время, по отечественным экспертным данным и зарубежным источникам, к Категории 1 можно отнести следующие повреждения (дефекты):

- расслоение или непрочной площадью до  $625 \text{ мм}^2$  (обычно рассматривают квадратный дефект со стороной 25 мм или узкий протяжённый дефект с минимальной шириной 6,5 мм);
- царапину или трещину глубиной до 0,2 мм и длиной до 10 мм;
- воздействие градин диаметром 10–25 мм с энергией от 2 до 56 Дж либо двигающихся со скоростью, которая не превышает крейсерской скорости полёта воздушного судна (ВС);
- ударное повреждение типа вмятины глубиной до 0,3–1,0 мм (после релаксации размеров).

*Категория 2.* Повреждение, которое можно обнаружить при плановых или целевых осмотрах (с вероятностью не менее 95 %), проводимых через установленные в эксплуатационной документации интервалы (при инструментальном и детальном визуальном контроле). Обоснование допустимости повреждения Категории 2 включает демонстрацию надежности метода целевого комплексного осмотра при заданном интервале и сохранении остаточной прочности при действии нагрузки, превышающей эксплуатационную. Величина этой нагрузки устанавливается на основании специального анализа. Основными причинами возникновения повреждений Категории 2 являются ударные воздействия различной природы при эксплуатации и техническом обслуживании, а также сильный град и воздействие молнии, если последние не являются очевидными экипажу. В настоящее время, по отечественным экспертным данным и зарубежным источникам, к Категории 2 можно отнести следующие дефекты и повреждения:

- ударное повреждение типа вмятины глубиной до 1–1,5 мм (после релаксации размеров);
- воздействие градин диаметром 50 мм с энергией от до 36 Дж либо двигающихся со скоростью, которая не превышает крейсерской скорости полёта ВС;
- пробоину диаметром до 5 мм, полученную от удара стального бойка со сферическим наконечником (радиус 2,5 мм).

*Категория 3.* Повреждение, которое может надежно обнаружить в пределах нескольких полетов ВС технический персонал (с вероятностью – не менее 95 %), не обладающий специальными навыками контроля элементов конструкций из ПКМ. Обоснование живучести в случае повреждения Категории 3 включает демонстрацию и надежное обнаружение при предполётном и послеполётном визуальном осмотре и сохранение прочности не ниже эксплуатационной нагрузки или близкой к ней в течение не менее 50 полётов.

В настоящее время, по отечественным и зарубежным данным, к Категории 3 можно отнести следующие дефекты и повреждения:

- пробоину диаметром 75 мм;
- ударные повреждения Категории 2 при условии их явной обнаруживаемости;
- отсутствие одного или более крепёжных элементов (болтов, заклёпок) в зонах соединений при условии их надёжного определения;
- разрушение одного пути нагружения в статически неопределимой конструкции;
- трещину или пробоину, обнаруживаемые по течи топлива или падению давления в герметичной части ВС.

*Категория 4.* Повреждение от дискретного источника при известном полетном событии, которое приводит к ограничению в пилотировании для завершения полёта. Обоснование прочности при повреждении Категории 4 включает демонстрацию остаточной прочности от статических нагрузок, которые можно ожидать при завершении полета, в котором имело место повреждение. Размер повреждения должен быть основан на реальной оценке профиля полета и потенциальных повреждений от каждого дискретного источника, включая удар птицы или элементов разрушающегося двигателя, а также воздействие фрагмента шины при разрыве покрышки колеса шасси ВС при движении (взлет, посадка) по взлетно-посадочной полосе аэродрома.

*Категория 5.* Серьезное повреждение, вызванное аномальными наземными или полетными явлениями, которое не входит в расчетные критерии или процедуры обоснования прочности конструкции. Единственным способом обеспечения безопасности конструкции ВС от повреждений Категории 5 является немедленное прекращение или завершение эксплуатации ВС после обнаружения или получения сообщения о случившемся инциденте.



В представленной работе рассматриваются плоские трехслойные панели с сотовым наполнителем двух типов, имеющих повреждения ударного характера. Форма панели прямоугольная, размеры заданы. Панели представляют собой конструкцию, состоящую из двух прочных тонких внешних слоев: обшивок, связанных между собой слоем наполнителя. В качестве материала обшивок используется клеевой препрег КМКС-2м.120.Т10 (стеклоткань Т-10-80 и клеевая композиция). Используемый клеевой препрег имеет повышенную трещиностойкость, прочность при межслоевом сдвиге, усталостную и длительную прочность. В качестве материалов наполнителей используются: в первой панели – полимеросотопласт ПСП-1-2,5-48, во второй панели – стеклосотопласт ССП-1-2,5. Форма ячеек гексагональная. Высота сотового наполнителя задана. Все физико-механические характеристики материалов паспортные от их производителей.

В центре панелей присутствуют повреждения эллиптической формы с заданными осями, первое повреждение – между слоями верхней обшивки, второе – между обшивкой и сотовым наполнителем.

Задача решалась численно, использовался метод конечных элементов (МКЭ). Создание конечно-элементной модели панелей осуществлялось в программном комплексе Simcenter Femap. Каждый монослой обшивок сотовых панелей моделировался отдельным набором объемных конечных элементов (КЭ). Сотовые наполнители моделировались отдельным набором оболочечных КЭ. Затем модели импортировались в программный комплекс LS-DYNA, где задавались условия закрепления, нагружения и контакта.

В качестве нагрузки рассматривалось ударное воздействие на панели абсолютно жёсткого бойка с полусферическим наконечником. Удар направлен перпендикулярно плоскости панелей в центр повреждений. В качестве граничных условий рассматривалось жесткое защемление коротких торцов панелей.

В результате проведенного исследования получено распределение полей напряжений и деформаций в слоях обшивок панелей в различные моменты времени. На основе полей напряжений и деформаций определено распределение индексов разрушений (разрушение наступает, когда этот индекс становится равным 1) по критериям разрушения для композитов Hoffman, DeAlia и Puro-Evensen. Проведено сравнение результатов для различных вариантов сотовых наполнителей. Проанализированы графики зависимости прогибов от времени в поврежденных и неповрежденных панелях, а также графики изменения кинетической энергии бойка в зависимости от времени в панелях с повреждениями и без таковых.

УДК 539.3, 539.8

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНОДИФфуЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛАХ МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ

*Н. А. ЗВЕРЕВ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

*А. В. ЗЕМСКОВ*

*Московский авиационный институт (НИИ); НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация*

В данной работе рассматривается полярно-симметричная задача механо диффузии для многокомпонентного ортотропного полого цилиндра, находящегося под действием нестационарных объемных возмущений (рисунок 1).

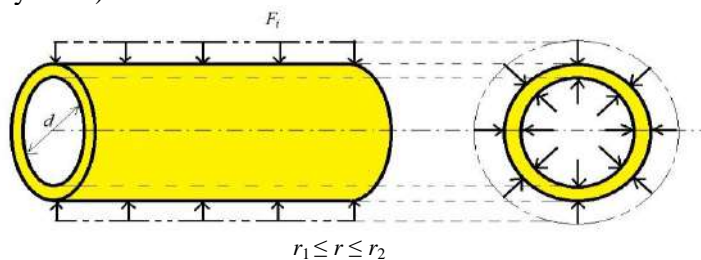


Рисунок 1 – Иллюстрация к постановке задачи

Математическая постановка задачи включает в себя линейризованное дифференциальное уравнение движения цилиндра, закон сохранения массы в локальной форме, а также  $N$  линейризованных дифференциальных уравнений массопереноса с учетом релаксации диффузионных потоков [1–3]. Замыкают математическую постановку задачи граничные условия. Начальные условия принимаются равными нулю, поскольку изначально цилиндрическое тело находилось в состоянии покоя:

$$\ddot{u} = u'' + \frac{u'}{r} - \frac{u}{r^2} - \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} \eta'_j + F_i, \quad \eta^{(N+1)} = -\sum_{q=1}^N \eta^{(q)},$$

$$\dot{\eta}_q + \tau_q \ddot{\eta}_q = -\Lambda_{11}^{(q)} \left( u''' + \frac{2u''}{r} - \frac{u'}{r^2} + \frac{u}{r^3} \right) + D_1^{(q)} \left( \eta''_q + \frac{\eta'_q}{r} \right) + F_q; \quad (1)$$

$$\left( u' + c_{12} \frac{u}{r} - \sum_{j=1}^N \alpha_j \eta_j \right) \Big|_{r=R_1} = 0, \quad \left( u' + c_{12} \frac{u}{r} - \sum_{j=1}^N \alpha_j \eta_j \right) \Big|_{r=1} = 0, \quad \eta_q \Big|_{r=R_1} = \eta_q \Big|_{r=1} = 0. \quad (2)$$

Безразмерные величины в (1) и (2) связаны с размерными следующим образом:

$$u = \frac{u_r}{r_2}, \quad \tau = \frac{Ct}{r_2}, \quad C^2 = \frac{C_{1111}}{\rho}, \quad t_q = \frac{C\tau^{(q)}}{r_2}, \quad c_{12} = \frac{C_{1122}}{C_{1111}},$$

$$R_1 = \frac{r_1}{r_2}, \quad r = \frac{r}{r_2}, \quad \alpha_q = \frac{\alpha_{11}^{(q)}}{c_{11}}, \quad D_q = \frac{D_{11}^{(q)}}{Cr_2}, \quad \Lambda_q = \frac{m^{(q)} \alpha_{11}^{(q)} D_{11}^{(q)} n_0^{(q)}}{\rho Cr_2 RT_0},$$

В приведенных формулах  $t$  – время;  $u_r$  – радиальная компонента вектора механических перемещений;  $r^*$  – радиальная координата;  $\rho$  – плотность сплошной среды;  $T_0$  – температура сплошной среды;  $D_{11}^{(q)}$  – коэффициент диффузии;  $m^q$  – молярная масса  $q$ -го вещества в составе многокомпонентной сплошной среды;  $C_{ijkl}$  – компоненты тензора упругих постоянных;  $\eta_q$  – приращение концентрации  $q$ -го вещества в составе многокомпонентной сплошной среды,  $\eta_q = n^{(q)} - n_0^{(q)}$ ;  $\alpha_{11}^q$  – коэффициент, характеризующий деформации, возникающие вследствие диффузии;  $\tau^{(q)}$  – время релаксации диффузионных процессов;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $F_1$  – удельная плотность объёмных сил,  $F_{q+1}$  – объёмная плотность источников массопереноса;  $r_1$  и  $r_2$  – внутренний и внешний радиусы полого цилиндра.

Поставленная задача решается методом эквивалентных граничных условий [4], согласно которому вначале рассматривается вспомогательная задача, состоящая из исходной системы дифференциальных уравнений и новых граничных условий вида

$$\left( u' + \frac{u}{r} - \sum_{j=1}^N \alpha_j \eta_j \right) \Big|_{r=R_1} = f_{11}^*(\tau), \quad \left( u' + \frac{u}{r} - \sum_{j=1}^N \alpha_j \eta_j \right) \Big|_{r=1} = f_{12}^*(\tau), \quad \eta_q \Big|_{r=1} = \eta_q \Big|_{r=R_1} = 0. \quad (3)$$

Решение задачи (1), (3) было получено в работе [3]:

$$u(r, \tau) = \sum_{k=1}^{N+1} \int_{R_1}^1 \int_0^\tau G_{1k}(r, \xi, \tau-t) F_k(\xi, t) d\xi dt + \int_0^\tau \left[ G_{111}(r, \tau-t) f_{11}^*(t) + G_{112}(r, \tau-t) f_{12}^*(t) \right] dt,$$

$$\eta_q(r, \tau) = \sum_{k=1}^{N+1} \int_{R_1}^1 \int_0^\tau G_{2k}(r, \xi, \tau-t) F_k(\xi, t) d\xi dt + \int_0^\tau \left[ G_{211}(r, \tau-t) f_{11}^*(t) + G_{212}(r, \tau-t) f_{12}^*(t) \right] dt. \quad (4)$$

Здесь  $G_{kml}(r, \tau)$  – поверхностные, а  $G_{km}(r, \xi, \tau)$  – объёмные функции Грина задачи (1), (3).

Функции, стоящие в правых частях граничных условий (3), подлежат определению. Для этого подставляем решение задачи (1), (3) в граничные условия (2). Получаем уравнения относительно искомых функций  $f_{1k}^*(\tau)$ . Эти уравнения записываются следующим образом:

$$\begin{aligned}
& \int_0^\tau [1 + A_{11}(\tau-t)] \frac{\partial f_{11}^*(t)}{\partial t} dt + \int_0^\tau A_{12}(\tau-t) \frac{\partial f_{12}^*(t)}{\partial t} dt = F_1(\tau), \\
& \int_0^\tau A_{21}(\tau-t) \frac{\partial f_{11}^*(t)}{\partial t} dt + \int_0^\tau [1 + A_{22}(\tau-t)] \frac{\partial f_{12}^*(t)}{\partial t} dt = F_2(\tau), \\
& a_{11}(\tau-t) = \frac{2}{R_1}(c_{12}-1)G_{111}(R_1, \tau-t) + 1, \quad a_{12}(\tau-t) = \frac{2}{R_1}(c_{12}-1)G_{112}(R_1, \tau-t), \\
& a_{21}(\tau-t) = 2(c_{12}-1)G_{111}(R_1, \tau-t), \quad a_{22}(\tau-t) = 2(c_{12}-1)G_{112}(R_1, \tau-t) + 1. \\
& F_1(\tau) = -\frac{2}{R_1}(c_{12}-1) \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^{N+1} \int_0^\tau \int_{R_1}^1 G_{1m}(R_1, \xi, t) F_m(\xi, \tau-t) dt d\xi, \quad \forall R_1 \leq \xi \leq 1, \\
& F_2(\tau) = -2(c_{12}-1) \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^{N+1} \int_0^\tau \int_{R_1}^1 G_{q+1,m}(1, \xi, t) F_m(\xi, \tau-t) dt d\xi, \quad A_{ij}(\tau) = \int_0^\tau a_{ij}(\zeta) d\zeta, \quad (i, j=1,2), \quad (5)
\end{aligned}$$

Соотношения (5) представляют собой систему интегральных уравнений Вольтерры первого рода, решение которой ищется численно с помощью квадратурных формул средних прямоугольников. Подставляя решение системы (5) в соотношения (4), получаем решение исходной задачи.

#### Список литературы

- 1 **Deswal, S.** Axi-symmetric generalized thermoelastic diffusion problem with two-temperature and initial stress under fractional order heat conduction / S. Deswal, K. K. Kalkal, S. S. Sheoran // *Physica B: Condensed Matter*. – 2016. – Vol. 496. – P. 57–68.
- 2 **Aouadi M.** A problem for an infinite elastic body with a spherical cavity in the theory of generalized thermoelastic diffusion / M. Aouadi // *International Journal of Solids and Structures*. – 2007. – Vol. 44. – P. 5711–5722.
- 3 **Зверев Н. А.** Моделирование нестационарных связанных механо-диффузионных процессов в изотропном сплошном цилиндре / Н. А. Зверев, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // *Проблемы прочности и пластичности*. – 2020. – Т. 82, № 2. – С. 156–167.
- 4 **Zemskov, A.V.** Method of the equivalent boundary conditions in the unsteady problem for elastic diffusion layer / A.V. Zemskov, D. V. Tarlakovskii // *Materials Physics and Mechanics*. – 2015. – Vol. 23, no 1. – P. 36–41.

УДК 539.3, 539.8

## НЕСТАЦИОНАРНАЯ МЕХАНОДИФФУЗИЯ ПЛАСТИНЫ ТИМОШЕНКО ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ НАГРУЗКИ

*А. В. ЗЕМСКОВ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

*Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИИ); НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Рассматривается задача о нестационарных упругодиффузионных колебаниях прямоугольной ортотропной пластины Тимошенко, находящейся под действием распределенного по поверхности механического давления (рисунок 1).

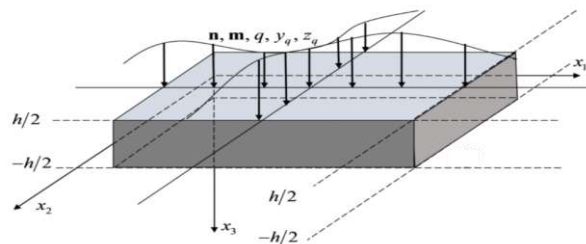


Рисунок 1 – Иллюстрация к постановке задачи

Для математической постановки задачи используется система уравнений поперечных колебаний ортотропной прямоугольной пластины, полученная в работе [1]:

$$\begin{aligned}
\ddot{\chi}_1 &= \frac{\partial^2 \chi_1}{\partial x_1^2} + C_{66} \frac{\partial^2 \chi_1}{\partial x_2^2} + C_{55} k_T^2 \left( \frac{\partial w}{\partial x_1} - \chi_1 \right) + (C_{12} + C_{66}) \frac{\partial^2 \chi_2}{\partial x_1 \partial x_2} + \sum_{q=1}^N \alpha_1^{(q)} \frac{\partial H_q}{\partial x_1} - \frac{12}{h^3} m_1, \\
\ddot{\chi}_2 &= C_{66} \frac{\partial^2 \chi_2}{\partial x_1^2} + C_{22} \frac{\partial^2 \chi_2}{\partial x_2^2} + C_{44} k_T^2 \left( \frac{\partial w}{\partial x_2} - \chi_2 \right) + (C_{12} + C_{66}) \frac{\partial^2 \chi_1}{\partial x_1 \partial x_2} + \sum_{q=1}^N \alpha_2^{(q)} \frac{\partial H_q}{\partial x_2} - \frac{12}{h^3} m_2, \\
\dot{w} &= C_{55} k_T^2 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} - \frac{\partial \chi_1}{\partial x_1} \right) + C_{44} k_T^2 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} - \frac{\partial \chi_2}{\partial x_2} \right) + \frac{q}{h}, \quad H_{N+1} = - \sum_{q=1}^N H_q, \\
\dot{H}_q + \tau_q \ddot{H}_q &= \left( D_1^{(q)} \frac{\partial^2 H_q}{\partial x_1^2} + D_2^{(q)} \frac{\partial^2 H_q}{\partial x_2^2} \right) + \Lambda_{11}^{(q)} \frac{\partial^3 \chi_1}{\partial x_1^3} + \Lambda_{12}^{(q)} \frac{\partial^3 \chi_2}{\partial x_1^2 \partial x_2} + \Lambda_{21}^{(q)} \frac{\partial^3 \chi_1}{\partial x_1 \partial x_2^2} + \Lambda_{22}^{(q)} \frac{\partial^3 \chi_2}{\partial x_2^3} + \frac{12}{h^3} z_q.
\end{aligned} \tag{1}$$

Здесь точки обозначают производную по времени. Все величины в (1) являются безразмерными. Для них приняты следующие обозначения:

$$\begin{aligned}
x_i &= \frac{x_i^*}{l}; \quad w = \frac{w^*}{l}; \quad \tau = \frac{Ct}{l}; \quad C_{ij} = \frac{C_{ij}^*}{C_{11}^*}; \quad C^2 = \frac{C_{11}^*}{\rho}; \quad l_m = \frac{l_m^*}{l}; \quad \tau_q = \frac{C\tau^{(q)}}{l}; \quad m_i = \frac{m_i^*}{C_{11}^*}; \\
\alpha_i^{(q)} &= \frac{\alpha_i^{*(q)}}{C_{11}^*}; \quad D_i^{(q)} = \frac{D_i^{*(q)}}{Cl}; \quad \Lambda_{ij}^{(q)} = \frac{m^{(q)} D_i^{*(q)} \alpha_j^{*(q)} n_0^{(q)}}{\rho R T_0 Cl}; \quad q = \frac{q^*}{C_{11}^*}; \quad z_q = \frac{l z^{(q)}}{C}; \quad h = \frac{h^*}{l},
\end{aligned}$$

где  $t$  – время;  $x_i^*$  – прямоугольные декартовы координаты;  $w^*$  – прогибы пластины;  $\chi_i$  – углы поворота нормальных к срединной поверхности волокон;  $l$  – характерный линейный размер;  $l_1^*$  и  $l_2^*$  – длина и ширина пластины;  $h^*$  – толщина пластины;  $\eta^{(q)}$  – приращение концентрации  $q$ -й компоненты вещества в составе  $N+1$  – компонентной среды,  $\eta^{(q)} = x_3 H_q$ ;  $n_0^{(q)}$  – начальная концентрация  $q$ -го вещества;  $C_{ij}^*$  – упругие постоянные;  $\rho$  – плотность;  $\alpha_i^{*(q)}$  – коэффициенты, характеризующие объемное изменение среды за счёт диффузии;  $D_i^{*(q)}$  – коэффициенты диффузии;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T_0$  – температура среды;  $m^{(q)}$  – молярная масса  $q$ -го вещества;  $\tau^{(q)}$  – время релаксации диффузионных потоков;  $m_i^*$  – распределенные по поверхности моменты;  $q^*$  – распределенная по поверхности поперечная нагрузка;  $z^{(q)}$  – распределённая по поверхности плотность объемных источников массопереноса;  $k_T$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения касательных напряжений по сечению пластины.

Замыкают постановку однородные начально-краевые условия, которые в случае шарнирного опирания, имеют вид

$$\begin{aligned}
\left( \frac{\partial \chi_1}{\partial x_1} + C_{12} \frac{\partial \chi_2}{\partial x_2} + \sum_{q=1}^N \alpha_1^{(q)} H_q \right) \Big|_{x_1=0} &= 0, \quad \left( \frac{\partial \chi_1}{\partial x_1} + C_{12} \frac{\partial \chi_2}{\partial x_2} + \sum_{q=1}^N \alpha_1^{(q)} H_q \right) \Big|_{x_1=l_1} = 0, \\
\left( C_{12} \frac{\partial \chi_1}{\partial x_1} + C_{22} \frac{\partial \chi_2}{\partial x_2} + \sum_{q=1}^N \alpha_2^{(q)} H_q \right) \Big|_{x_2=0} &= 0, \quad \left( C_{12} \frac{\partial \chi_1}{\partial x_1} + C_{22} \frac{\partial \chi_2}{\partial x_2} + \sum_{q=1}^N \alpha_2^{(q)} H_q \right) \Big|_{x_2=l_2} = 0, \\
\chi_2 \Big|_{x_1=0} &= 0, \quad \chi_2 \Big|_{x_1=l_1} = 0, \quad \chi_1 \Big|_{x_2=0} = 0, \quad \chi_1 \Big|_{x_2=l_2} = 0, \quad w \Big|_{x_1=0} = 0, \quad w \Big|_{x_1=l_1} = 0, \\
w \Big|_{x_2=0} &= 0, \quad w \Big|_{x_2=l_2} = 0, \quad H_q \Big|_{x_1=0} = 0, \quad H_q \Big|_{x_1=l_1} = 0, \quad H_q \Big|_{x_2=0} = 0, \quad H_q \Big|_{x_2=l_2} = 0,
\end{aligned} \tag{2}$$

Начальные условия полагаем нулевыми.

Решение задачи (1), (2) ищется в интегральной форме ( $i = 1, 2$ )

$$\left\{ \begin{array}{l} \chi_i(x_1, x_2, \tau) \\ w(x_1, x_2, \tau) \\ H_q(x_1, x_2, \tau) \end{array} \right\} = \sum_{k=1}^{N+1} \int_0^{\tau} \int_0^{l_1} \int_0^{l_2} \left\{ \begin{array}{l} G_{ik}(x_1, x_2, \xi, \zeta, \tau-t) \\ G_{3k}(x_1, x_2, \xi, \zeta, \tau-t) \\ G_{q+3,k}(x_1, x_2, \xi, \zeta, \tau-t) \end{array} \right\} F_k(\xi, \zeta, t) d\xi d\zeta dt. \quad (3)$$

Здесь  $F_k(x_1, x_2, \tau)$  – функции, задающие поверхностные возмущения. В соответствии с уравнениями (1) они определяются следующим образом:

$$F_1(x_1, x_2, \tau) = -\frac{12}{h^3} m_1(x_1, x_2, \tau), \quad F_2(x_1, x_2, \tau) = -\frac{12}{h^3} m_2(x_1, x_2, \tau),$$

$$F_3(x_1, x_2, \tau) = \frac{1}{h} q(x_1, x_2, \tau), \quad F_{q+3}(x_1, x_2, \tau) = \frac{12}{h^3} z_q(x_1, x_2, \tau).$$

$G_{ik}$  – функции Грина задачи (1), (2), для нахождения которых используются преобразование Лапласа по времени и разложения в двойные тригонометрические ряды Фурье (индекс  $L$  – трансформант Лапласа;  $s$  – параметр преобразования Лапласа)

$$G_{1kl}^L(x_1, x_2, \xi, \zeta, \tau) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} G_{1klm}^L(\xi, \zeta, s) \cos \lambda_n x_1 \sin \mu_m x_2,$$

$$G_{2kl}^L(x_1, x_2, \xi, \zeta, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} G_{2klm}^L(\xi, \zeta, s) \sin \lambda_n x_1 \cos \mu_m x_2,$$

$$G_{pkl}^L(x_1, x_2, \xi, \zeta, \tau) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} G_{pklm}^L(\xi, \zeta, s) \sin \lambda_n x_1 \sin \mu_m x_2, \quad p \geq 3.$$

Оригиналы по Лапласу находятся аналитически с помощью вычетов и таблиц операционного исчисления [2].

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №20-08-00589 А).*

#### Список литературы

1 **Zemskov, A.** Modeling an unsteady elastic diffusion processes in a Timoshenko plate / A. Zemskov, D. Tarlakovskii, N. Grigorevskiy // Coupled Problems in Science and Engineering (COUPLED PROBLEMS 2021) : 9th edition of the International Conference on Computational Methods. – [https://www.scipedia.com/public/Zemskov\\_et\\_al\\_2021a](https://www.scipedia.com/public/Zemskov_et_al_2021a).

2 **Диткин, В. А.** Справочник по операционному исчислению / В. А. Диткин, А. П. Прудников. – М. : Высш. шк., 1965. – 568 с.

УДК 539.3

## НЕСТАЦИОНАРНЫЙ КОНТАКТ ВЫПУКЛОГО УДАРНИКА И УПРУГОЙ ПОЛУПЛОСКОСТИ С УЧЕТОМ ТРЕНИЯ В ПЕРВОМ ПРИБЛИЖЕНИИ

*Ю. С. КАЗАКОВ*

*ПАО «Корпорация "Иркут"», г. Москва, Российская Федерация*

*Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИУ); НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Рассматривается контакт движущегося вдоль оси  $Oz$  под действием силы  $P$  симметричного выпуклого абсолютно твердого ударника и упругой полуплоскости  $z \geq 0$  при отсутствии массовых сил в прямоугольной декартовой системе координат  $Oxz$ . Задача полагается плоской, т. е. все искомые функции зависят только от координат  $x, z$  и времени  $\tau$ . Замкнутая система уравнений представлена уравнениями движения полуплоскости в потенциалах перемещений, соотношениями Ко-

ши для деформаций, законом Гука для среды и уравнением поступательного движения ударника. Начальные условия полагаются однородными. На свободной поверхности полагается отсутствие напряжений. В области контакта полагаются следующие граничные условия:

$$u_3|_{z=0} = u_{3b}(x, \tau), \quad \sigma_{13}|_{z=0} = -\kappa \sigma_{33}|_{z=0}, \quad |x| \leq b(\tau),$$

где  $u_{3b}$  – перемещение границы ударника вдоль оси  $Oz$ ,  $\kappa$  – коэффициент трения;  $b$  – ширина области контакта. В качестве первого приближения полагается постоянное направление касательных напряжений. В общем случае направление касательных напряжений зависит от направления относительной скорости контактирующих поверхностей.

Разрешающие функциональные уравнения представлены в виде сверток с функцией влияния, которая является решением исходной задачи для полупространства со специальным граничным условием

$$\sigma_{33}|_{z=0} = \delta(x, \tau), \quad \sigma_{13}|_{z=0} = \kappa \sigma_{33}|_{z=0} \quad (x \in \mathbb{R}),$$

где  $\delta$  – дельта-функция Дирака [2]. Ее решение находится в пространстве преобразований Лапласа по времени и Фурье по пространственной координате. В силу однородности степени  $(-1)$  полученной функции, для построения оригинала применяется метод совместного обращения преобразований Фурье – Лапласа [2]. Показано, что при  $\kappa = 0$  функция влияния совпадает с полученным в [1] результатом, а полученную функцию можно представить в виде

$$G_0 = G_{330} - \kappa G_{310},$$

где  $G_{330}$  – оригинал решения начально-краевой задачи с граничными условиями

$$\sigma_{33}|_{z=0} = \delta(x)\delta(\tau), \quad \sigma_{13}|_{z=0} = 0;$$

$G_{310}$  – оригинал решения начально-краевой задачи с граничными условиями

$$\sigma_{33}|_{z=0} = 0, \quad \sigma_{13}|_{z=0} = \delta(x)\delta(\tau).$$

Для определения напряжений используется представленный в [1] численный алгоритм. Учитывая вид функции  $G_{310}$ , показано, что данный алгоритм для задачи с учетом трения в первом приближении соответствует задаче без учета трения с точностью до величины коэффициентов квадратных формул  $a_{nm}^{(r)}$ , соответствующих регулярному слагаемому

$$G_r(x, \tau) = G_{330r}(x, \tau) + \kappa G_{310}(x, \tau).$$

Приведен пример численного расчета.

#### Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Динамические контактные задачи с подвижными границами / А. Г. Горшков, Д. В. Тарлаковский. – М. : Наука. Физматлит, 1995. – 352 с.
- 2 Волны в сплошных средах : учеб. пособие для вузов / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : Физматлит, 2004. – 472 с.

УДК 681.5.017

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ПРОГРАММЫ МАТЛАВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А. Г. КАПУСТИН, А. В. МАХОВ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Обеспечение безопасности движения на разных видах транспорта в настоящее время является одним из приоритетных требований, которое предъявляется к техническим транспортным системам. В совокупности комплекса мероприятий по обеспечению безопасности транспортных систем отдельное внимание отводится технической надежности систем с целью предотвращения катастрофических последствий. Одним из направлений обеспечения технической надежности считается техническая диагностика.

В большинстве случаев техническая диагностика объекта сводится к оценке его исправности либо работоспособности с целью поддержания надежности. Главной задачей диагностики считается определение состояния объекта. Чаще всего результатом проведения диагностики является отнесение объекта к одному из классов: исправное или неисправное, работоспособное или неработоспособное, предельное [1, 2].

Проведение диагностики является одной из наиболее приоритетных, важных и трудоемких задач при эксплуатации транспортных систем. В связи с этим актуальным является вопрос разработки простых инженерных методов, алгоритмов, а также программ для персонального компьютера, которые позволяют с наименьшими затратами провести исследования и диагностику систем. На сегодняшний день компьютерная математика представляет целые наборы интегрированных программных ИТ-систем и пакеты программ для автоматизации математических расчетов: Eureka, Gauss, TK Solver, Derive, Mathcad, Mathematica, Maple V и др. Стоит отметить, что одним из наиболее простых и не столь трудоемких методов является метод структурного моделирования в пакете Simulink & MatLab [3].

MatLab является одной из первых систем автоматизации математических расчетов, которая построена на расширенном представлении и применении матричных операций. Синтаксис языка программирования системы продуман до такой степени, что эта ориентация почти не ощущается пользователями, которые не интересуются непосредственно матричными вычислениями. Матрицы широко применяются в сложных математических расчетах, например, для решения задач линейной алгебры и математического моделирования статических и динамических объектов и систем. Они представляют основу автоматического составления и решения уравнений состояния динамических систем и объектов. В качестве примера можно привести расширение в MatLab – пакет Simulink, что значительно повышает интерес к системе MatLab имеющей лучшие достижения в области быстрого решения матричных задач.

Система MatLab интегрируется с такими популярными математическими системами, как Mathematica, Maple V и Mathcad. Последнее средство новых версий MatLab – Notebook – позволяет готовить документы в текстовом процессоре Word 95/97/2000 со вставками в виде документов MatLab и результатов вычислений, которые представлены в численном, табличном либо графическом виде. В связи с этим становится возможной подготовка «живых» электронных книг, в которых демонстрируемые примеры можно оперативно изменить. В MatLab задачи расширения системы решаются с помощью специализированных пакетов расширения – наборов инструментов (Toolbox). Большинство из них включает специальные средства для интеграции с другими программами поддержки визуального и объектно-ориентированного программирования, с целью генерации различных приложений.

Использование пакета Simulink программы MatLab в данной работе представлено на примере автономной системы генерирования электроэнергии, состоящей из бесконтактного генератора переменного тока типа ГТ с регулятором напряжения [4]. В пакете Simulink программы MatLab они задаются в виде блоков типа Transfer Fcn. С помощью блоков типа Gain задаются звенья, характеризующие действия внешних возмущений: частоты вращения вала авиадвигателя  $\gamma$ , нагрузки  $\rho$ ,  $\chi$  – активной и индуктивной соответственно.

С целью исследования на персональном компьютере установившихся и переходных процессов по напряжению, предельных возможностей системы регулирования исходная структурная схема преобразована к виду, на котором выход каждого блока системы генерирования электроэнергии обозначен цифрой, являющейся также и номером блока в схеме. Звенья описываются стандартными подпрограммами из библиотеки Simulink Library программы MatLab. Помимо этого, при разработке математической модели системы генерирования были приняты допущения, обычные в такого рода исследованиях, которые не будут давать существенных расхождений получаемых результатов с опытом [1, 3]. Такой вид поход позволяет минимизировать затраты и трудоемкость при проведении диагностики динамических и статических характеристик автономной системы генерирования при изменении сигналов по цепям нагрузки и возбуждения [4, 5].

Моделирование установившихся и переходных процессов по напряжению в системе генерирования выполнялось при коммутациях нагрузки от 0 до 160 % при различных параметрах элементов системы генерирования, в частности, при различных регуляторах напряжения (П, ПИ и ПИД-регуляторы). По исследованиям переходных процессов в системе генерирования переменного тока было выявлено, что наиболее эффективный представляет ПИД-регулятор. Также исследования позволили определить пределы допустимых значений ступенчатых характеристик переходного напря-

жения. Таким образом, длительность переходных процессов (время регулирования) при реализации закона ПИД-регулятора сокращается до 0,02–0,05 с при одновременном уменьшении диапазона изменения напряжения с 58–160 В до 100–150 В. Такие показатели качества электроэнергии удовлетворяют современные требования, предъявляемые к системам электроснабжения, то есть это означает, что система исправна.

К тому же составлена программа, которая позволяет диагностировать подшипники качения электрических машин. В разработке программы учитывался механизм возникновения сил при отказах подшипниковых опор генераторов – осевом заклинивании и перекосе внешнего кольца «плавающего» подшипника в посадочной втулке [6, 7]. По итогам моделирования была определена зависимость преобразования колебательного движения ротора в электрический сигнал. По величине этого сигнала оценивается состояние электрической машины (исправность подшипниковых опор), прогнозируется состояние оцениваемого узла машины.

Сигнал формируется с помощью сигнальной обмотки (обмотка индуктора генератора) по величине воздушного зазора между статором и ротором электрической машины. Предложена модель источника сигнала, которая позволяет определить допустимые его значения, соответствующие нормальному режиму работы подшипниковых опор. Определены значения сигнала при допустимых значениях радиального зазора в исправных подшипниках.

Таким образом, использование пакета Simulink программы MatLab позволяет проводить диагностику и исследования элементов транспортных систем, формализовав и минимизировав при этом затраты на выполнение данных операций.

#### Список литературы

- 1 Схиртладзе, А. Г. Надежность и диагностика технологических систем / А. Г. Схиртладзе. – М. : Новое знание, 2008. – 518 с.
- 2 Воробьев, В. Г. Надежность и техническая диагностика авиационного оборудования : учеб. / В. Г. Воробьев, В. Д. Константинов. – М. : МГТУ ГА, 2010. – 448 с.
- 3 Маслолюбов, Ю. П. Введение в Neural Network Toolbox [Электронный ресурс] / Ю. П. Маслолюбов. – Режим доступа : <http://matlab.exponenta.ru/neuralnetwork/book1/index.php>. – Дата доступа : 05.11.2019.
- 4 Алексеев, А. Е. Конструкция электрических машин / А. Е. Алексеев. – М. : Государственное энергетическое издательство, 2010. – 448 с.
- 5 Гамм, А. З. Статистические методы оценивания состояния электроэнергетических систем / А. З. Гамм. – М. : Наука, 1976. – 220 с.
- 6 Ленин, В. Е. Вибродиагностика машин и механизмов / В. Е. Ленин, Л. Н. Патрикеев. – М. : НГТУ, 2010. – 106 с.
- 7 Черменский, О. Н. Подшипники качения : справочник-каталог / О. Н. Черменский. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 577 с.

УДК 539.3

## НЕКОТОРЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ УПРУГИХ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

*А. М. КАРИМОВ*

*Ташкентский государственный университет транспорта, Республика Узбекистан*

В настоящей работе дается постановка первой начально-краевой задачи для упругих волокнистых композитов периодической структуры. Поставленная задача решается методом осреднения [1], основанным на асимптотическом разложении по малому параметру  $\alpha$ , который равен отношению характерного размера ячейки периодичности к характерному размеру рассматриваемой среды.

Анализируется случай, когда на границе композиционного тела, армированного волокнами, действует вектор усилий  $\vec{S}^0$ , который является однородной функцией времени степени  $n$ . Тогда имеем граничные условия в виде

$$C_{ijk}u_{k,j}n_j|_{\Gamma} = S_i^0(x_{\beta}t),$$

где  $\vec{u}$  – вектор перемещений,  $\vec{n}$  – единичный вектор нормали к поверхности рассматриваемого тела.



Тензор модуля упругости  $C_{ijkl}$  и плотность  $\rho$  рассматриваемого композита являются периодическими функциями координат  $x_1, x_2$  и имеют вид

$$C_{ijkl} = \lambda(x_1; x_2) \delta_{ij} \delta_{kl} + \mu(x_1; x_2) (\delta_{ij} \delta_{kl} + \delta_{il} \delta_{jk}), \quad \rho = \rho(x_1; x_2),$$

где  $\lambda_\beta, \mu_\beta, \rho_\beta$  ( $\beta = 1, 2$ ) – параметры Ламе и плотность материалов матрицы и волокна, соответственно;  $\delta_{ij}$  – дельта Кронекера:

$$\{\lambda(x_1; x_2); \mu(x_1; x_2); \rho(x_1; x_2)\} = \begin{cases} \lambda_1; \mu_1; \rho_1 & \text{при } (x_1; x_2) \in \text{Матрица} \\ \lambda_2; \mu_2; \rho_2 & \text{при } (x_1; x_2) \in \text{Волокно} \end{cases}$$

Предположим, что решение затухает на бесконечности и объемные силы отсутствуют. Также имеются нулевые начальные данные.

Динамическая задача теории упругости для волокнистого композита периодической структуры заключается в решении дифференциальных уравнений

$$[C_{ijkl}(\bar{x}) u_{k,l}]_{,j} = \rho(\bar{x}) \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}$$

относительно компонента вектора перемещений  $\vec{u}$  при удовлетворении граничных условий и нулевых начальных данных.

Применяя хорошо разработанный алгоритм метода осреднения в длинноволновом приближении [2], получим приближенно аналитическое решение поставленной задачи в виде

$$\partial_t^{n+2} u_i(\bar{x}, t) = 2\pi(-i)^{n+2} \partial_t^{n+2} v_i(\bar{x}, t) + \alpha N_{ijk} \partial_t^{n+2} v_{j,k}(\bar{x}, t);$$

$$\partial_t^{n+2} v_i = \sum_{M=4}^6 \oint_{|\eta|=1} \frac{B^M(\Omega^M, \eta_\beta) \tilde{S}^0}{t + \zeta_{3,\Omega}^M x_3} ds$$

где  $\eta_1, \eta_2$  – параметры преобразования Фурье,  $\tilde{S}^0$  – Фурье-образ вектора усилий  $\vec{S}^0$ ,  $B^M$  – решения характеристического уравнения. Значения  $M$  выбраны таким образом, чтобы  $\zeta_3^M$  не имел положительной мнимой части [3].  $\vec{N}$  – так называемые локальные функции, периодические по «быстрым» переменным  $\xi_\beta = \frac{x_\beta}{\alpha}$  ( $\beta = 1, 2$ ). Тензоры эффективных модулей упругости определяются из решения рекуррентной последовательности краевых задач неоднородной упругости с нулевыми граничными условиями [4].

Известно, что в композиционных материалах коротковолновые соответствующие импульсы рассеиваются. По мере продвижения волны отклик определяется, главным образом, волнами большой длины [5]. Поэтому полученное решение рассматриваемой задачи дает точное представление о поле перемещений для больших расстояний от приложенной нагрузки.

#### Список литературы

- 1 **Победря, Б. Е.** Механика композиционных материалов / Б. Е. Победря. – М. : Изд-во МГУ, 1984. – 336 с.
- 2 **Абдусаттаров, А.** Методы решения задач механики композитных материалов и неупругих элементов конструкций при циклических нагрузениях / А. Абдусаттаров, А. М. Каримов : Узбекистан. – Ташкент : 2020. – 194 с.
- 3 **Willis, J. R.** Self-similar problems in elastodynamics / J. R. Willis // Phil. Trans. Royal. Soc. A. – 1973. – Vol. 274, no. 1240. – P. 435–491.
- 4 **Победря Б. Е.** Лекции по теории упругости / Б. Е. Победря, Д. В. Георгиевский. – М. : Эдиториал УРСС, 1999. – 208 с.
- 5 **Hu, R.** Nonlocal Homogenization Model for Wave Dispersion and Attenuation in Elastic and Viscoelastic Periodic Layered Media / R. Hu, C. Oskay // Journal of Applied Mechanics. – 2017. – Vol. 84. – P. 53–63.

## РЕАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ИЗГИБНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДА ИЗ КОМПОЗИТА

С. В. КИРГИНЦЕВА, В. В. МОЖАРОВСКИЙ

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь*

На современном уровне развития математических моделей применительно к расчетам напряженно-деформированного состояния элементов конструкций, таких как трубы, сосуды, имеется обширная литература [1–4], но в то же время возникает необходимость создания новых компьютерных программ расчета этих сложных элементов конструкций из композиционных материалов с учетом изменяющихся граничных и краевых условий, динамических нагружений и функционально-градиентных свойств материалов. Несмотря на большие достижения в области расчета слоистых цилиндрических тел с учетом эффектов композитов, проблема решения смешанных задач с различными граничными условиями применительно моделированию работы колебаний, например, трубопроводов, слоистых сосудов из композитов или функционально-градиентных материалов и других элементов машин не освещена достаточно полно.

Строится алгоритм реализации математической модели расчета изгибных поперечных колебаний и определения собственных частот трубопровода длиной  $L$ , содержащего жидкость (или газ), движущуюся с постоянной скоростью  $v_0$  ( $L > R$ , где  $R$  – радиус трубы). Виды закрепления концов трубопровода могут быть различными: заделка, свободное опирание, плавающая заделка, свободный конец. Считаем, что труба состоит из композита с модулем упругости  $E$ , коэффициентом Пуассона  $\nu$  и плотностью  $\rho$ , которые определяются по правилу смесей:

$$E = VE_a + (1-V)E_m, \nu = V\nu_a + (1-V)\nu_m, \rho_1 = V\rho_a + (1-V)\rho_m,$$

нижние индексы  $a$  и  $m$  характеризуют волокно и матрицу материала трубы соответственно;  $V$  – объемное содержание волокна в матрице композиционного материала.

Решение прямой задачи определения собственных частот изгибных колебаний трубопровода представляется обычным методом по модели Кирхгоффа. По частотам изгибных колебаний можно определить скоростной параметр  $\alpha$ . На рисунке 1 показана физическая модель прямолинейного участка трубопровода с жестким защемлением концов трубы, содержащего движущуюся жидкость.

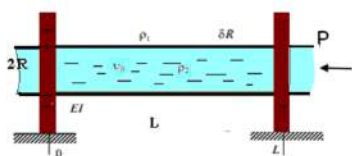


Рисунок 1 – Модель трубы из композита с протекающей жидкостью

Записав основное уравнение колебаний представленной модели [2]

$$EI \frac{\partial^4 w}{\partial z^4} + \rho_2 v_0^2 \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} + 2\rho_2 v_0 \frac{\partial^2 w}{\partial z \partial t} + (\rho_1 + \rho_2) \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

ищем его решение в виде  $w(z,t) = W u(z/L) e^{i\Omega t}$ , где  $E$  – модуль Юнга композитного материала трубы;  $I \approx \pi R^3 \delta R$  – момент инерции трубы ( $\delta R$  – толщина стенки трубы);  $\rho_1$  – погонная плотность композитного материала трубы;  $\rho_2$  – погонная плотность транспортируемой среды;  $u$  – комплексная безразмерная амплитуда поперечного перемещения трубы;  $W$  – некоторое характерное поперечное перемещение трубы;  $\Omega$  – частота собственных колебаний трубы.

Аналогично работе [2] характеристическое уравнение в безразмерных переменных примет вид

$$u^{(4)} + \alpha^2 N u'' + 2i\alpha N \omega u' - \omega^2 u = 0, \quad u = u(x), \quad (2)$$

где  $\omega = \Omega L / V_0$  – безразмерная собственная частота;  $x = z / L$  – безразмерная координата;  $V_0 = L^{-1} (EI / (\rho_1 + \rho_2))^{1/2}$  – характерная скорость распространения упругих колебаний в трубе;  $\alpha = v_0 / V_0$  – скоростной параметр;  $N = m_2 / (m_1 + m_2)$  – инерционный параметр;  $i$  – мнимая единица. Граничные условия, необходимые для решения уравнения (2), в случае жесткого защемления концов трубы имеют вид

$$u(0) = u'(0) = u(1) = u'(1) = 0. \quad (3)$$

Известно [2], что частное решение уравнения (2) находим в виде  $u = Ce^{kx}$  и затем строим характеристическое уравнение для нахождения комплексных значений  $k$ . Тогда общее решение уравнения (2) будет иметь вид [2, 3]

$$u(x) = \sum_{j=1}^4 C_j e^{k_j(x)}. \quad (4)$$

Исходя из граничных условий для краевой задачи получаем систему алгебраических уравнений для нахождения неизвестных  $C_j$ , строим алгоритм расчета определителя матрицы для нахождения собственных частот при колебаниях [2]. Находим нетривиальные решения, приравняв произведение определителя соответствующей матрицы на комплексно-сопряженный к ней к нулю. Для нахождения параметров неизвестных значений комплексного волнового параметра  $k = k_j, j = 1, 2, 3, 4$  уравнения (2) представим в виде

$$k^4 + pk^2 + i qk + r = 0, \text{ где } p = \alpha^2 N, \quad q = 2\alpha N\omega, \quad r = -\omega^2, \quad (5)$$

применяя формулу Феррари [5], запишем резольвенту уравнения (5) и найдем его решение. Особенность представленного алгоритма заключается в применении определенной методики [6] решения кубического уравнения и, при необходимости, уточнении корней по методу Ньютона.

Для тестирования алгоритма расчета приводим сравнения (рисунок 2, а) результатов расчета зависимости собственной частоты  $\omega$  от скоростного параметра  $\alpha$  (график 1 – по представленной методике, график 2 – из статьи [2]), на рисунке 2, б – пример расчета влияния процентного содержания волокон в матрице материала трубы на собственную частоту  $\omega$  и скоростной параметр  $\alpha$  ( $L = 1$  м;  $v_0 = 10$  м/с;  $R = 0,1$  м;  $\delta R = 0,01$  м;  $\rho_2 = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $E_a = 200 \cdot 10^9$  Н/м<sup>2</sup>;  $\nu_a = 0,25$ ;  $\rho_a = 5000$  кг/м<sup>3</sup>;  $E_m = 600 \cdot 10^9$  Н/м<sup>2</sup>;  $\nu_m = 0,23$ ;  $\rho_m = 8000$  кг/м<sup>3</sup>).

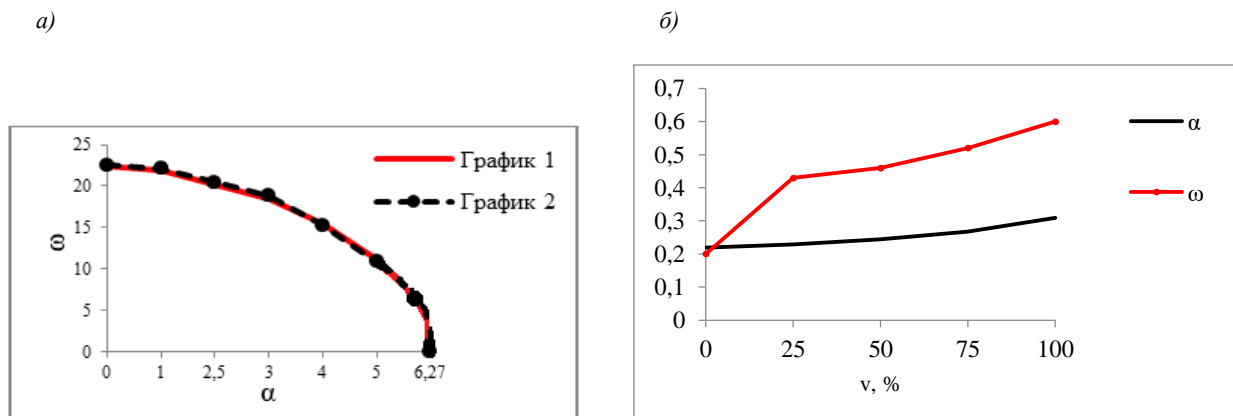


Рисунок 2 – Графики зависимостей:

а –  $\omega$  от  $\alpha$ ; б –  $\omega$  и  $\alpha$  от  $v$

#### Список литературы

- 1 **Можаровский, В. В.** Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 280 с.
- 2 **Акуленко, Л. Д.** Основные свойства собственных колебаний протяженного участка трубопровода / Л. Д. Акуленко, М. И. Иванов, Л. И. Коровина // Механика твердого тела. – 2013. – № 4. – С. 119–134.
- 3 **Talib, E. H.** Semi-analytic solution for stability and free vibration of functionally graded (FG) material micro-pipe conveying fluid / E. H. E. Talib, N. M. Abed // International journal of energy and environment. – 2018. – Vol. 9, is. 6. – P. 563–580.
- 4 **Хакимов, А. Г.** Определение скорости движущегося стержня и толщины покрытия по собственным частотам изгибных колебаний / А. Г. Хакимов // Труды института механики им. П. П. Мавлютова. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 10–15.
- 5 **Wein, R.** High-level filtering for arrangements of conic arcs / R. Wein // Algorithms – ESA 2022. – 2002. – P. 884–896.
- 6 **Kulkarni, R. G.** Unified method for solving general polynomial equations of degree less than five / R. G. Kulkarni // Alabama Journal of Mathematics. – 2006. – P. 1–18.

## АСИМПТОТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТА ИНДЕНТОРА С ПОКРЫТИЕМ НА ИЗОТРОПНОМ ОСНОВАНИИ

С. В. КИРГИНЦЕВА, В. В. МОЖАРОВСКИЙ, Д. С. КУЗЬМЕНКОВ

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь*

Для успешного развития машиностроения необходимо проводить фундаментальные исследования в области создания новых конструкционных материалов на основе современных технологий [1]. Одним из наиболее перспективных путей решения указанной проблемы является создание материалов с модифицированными поверхностными слоями, обладающими повышенными физико-механическими свойствами и стойкостью к разрушению в процессе фрикционного взаимодействия, работающих в сложных эксплуатационных условиях. При этом требуется создавать современные математические модели и методики расчета тел качения и скольжения применительно к процессам фрикционного взаимодействия материалов, таких как покрытия из композитов. Для инженерной оценки расчета параметров контакта индентора с покрытием создаются асимптотические методики, которые значительно облегчают нахождение параметров контакта [2–4]. При этом необходимо оценивать применимость этих методик на практике [5].

В ранее проведенных исследованиях [3] представлен алгоритм и программа реализации расчетов индентирования (коническим, шаровым индентором) покрытий на упругом основании. Для решения этой задачи составлен алгоритм решения интегрального уравнения и проведено численное решение уравнения методом разложения по многочленам Чебышева. В данном исследовании предлагается алгоритм реализации расчета интегрального уравнения, ядро которого раскладывалось в

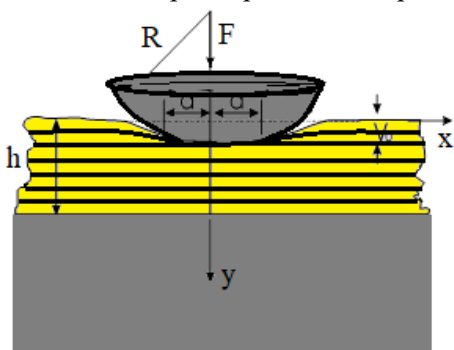


Рисунок 1 – Схема взаимодействия шарового индентора с волокнистым покрытием на упругом основании

степенной ряд по параметру отношения модулей упругости покрытия и основания.

Используя интегральное уравнение, представленное в работе [2], строят алгоритм реализации математической модели расчета асимптотических зависимостей, полученных при разложении подынтегральных функций в степенной ряд, параметров контакта (площади контакта, давлений, деформативности) при взаимодействии конического и шарового инденторов с покрытием (рисунок 1).

Ядро интегрального уравнения Фредгольма [2] представлено в виде несобственных интегралов типа

$$K(u) = \frac{a}{t} \int_0^{\infty} f_1(w) \cos\left(uw \frac{a}{t}\right) dw, \quad (1)$$

$$\text{где } f_1(w) = 1 - \frac{A_1(2w) + B_1 \cosh(2w) + C_1 \sinh(2w)}{D_1 + C_1 \cosh(2w) + B_1 \sinh(2w) - A_1(2w^2)}, \quad (2)$$

$$A_1 = (1 - \beta)(4\beta v_2 - 3\beta - 1); \quad B_1 = 8\beta(v_1 - 1)(v_2 - 1);$$

$$C_1 = 3 - 4v_1 + \beta(2 + 3\beta - 4v_1 - 4v_2(1 + \beta - 2v_1)); \quad D_1 = \beta^2(4v_2 - 3) - 2\beta(2v_2 - 1)(2v_1 - 1) + 4v_1(2v_1 - 3) + 5;$$

$$\beta = \mu_1 / \mu_2.$$

Задача заключалась в исследовании интегрального уравнения, разложение ядра в виде степенного ряда по параметру  $\beta < 1$ , т. е. отношения модулей упругости сдвига покрытия и основания, и вычисление интегралов, входящих в ядро. Представив вторую зависимость, входящую в функцию  $f_1(w)$ , в виде отношения квадратичных многочленов

$$f_1(w) = 1 - \frac{(-A_2(w) - D_2(w))\beta^2 + (-B_2(w) - E_2(w))\beta - C_2(w) - F_2(w)}{D_2(w)\beta^2 + E_2(w)\beta + F_2(w)} = 1 - f_2(w),$$

$$\text{где } A_2 = (4v_2 - 3)(1 - \cosh(2w) + \sinh(2w) + 2w(w + 1));$$

$$B_2 = 2(2v_2 - 1)(2v_1 - 1)(\cosh(2w) - \sinh(2w) - 1 + 8(v_2 - 1)(v_1 - 1)(\sinh(2w) - \cosh(2w)) - 4w(2v_2 - 1)(w + 1));$$

$$C_2 = (3 - 4v_1)(\cosh(2w) - \sinh(2w)) + 4v_1(2v_1 - 3) + 2w(w + 1) + 5; \quad D_2 = (4v_2 - 3)(1 - \cosh(2w) + 2w^2);$$

$$E_2 = 2(2v_2 - 1)(2v_1 - 1)(\cosh(2w) - 1) + 8(v_1 - 1)(v_2 - 1)\sinh(2w) - 4w^2(2v_2 - 1);$$

$$F_2 = (3 - 4\nu_1) \cosh(2w) + 4\nu_1(2\nu_1 - 3) + 2w^2 + 5,$$

разложим её в степенной ряд  $f_2(w) \approx a_0 + a_1\beta + a_2\beta^2 + a_3\beta^3 + a_4\beta^4 + a_5\beta^5 + \dots$ , сходящийся при  $\beta < 1$  (для заданной точности ограничимся несколькими членами ряда),

$$\text{где } a_0 = C_2(w) / F_2(w); a_1 = [B_2(w) - C_2(w)E_2(w) / F_2(w)] / F_2(w);$$

$$a_2 = [A_2(w) - C_2(w)D_2(w) / F_2(w) + (-B_2(w)F_2(w) + C_2(w)E_2(w))E_2(w) / F_2(w)^2] / F_2(w);$$

$$a_3 = \left[ \begin{aligned} & \left( \begin{aligned} & -B_2(w)F_2(w) + \\ & + C_2(w)E_2(w) \end{aligned} \right) D_2(w) / F_2(w)^2 - \left( \begin{aligned} & A_2(w)F_2(w)^2 - C_2(w)D_2(w)F_2(w) - \\ & - E_2(w)B_2(w)F_2(w) + C_2(w)E_2(w)^2 \end{aligned} \right) E_2(w) / F_2(w)^3 \end{aligned} \right] / F_2(w);$$

$$a_4 = \left[ \begin{aligned} & - \left( A_2(w)F_2(w)^2 - C_2(w)D_2(w)F_2(w) - E_2(w)B_2(w)F_2(w) + C_2(w)E_2(w)^2 \right) D_2(w) / F_2(w)^3 + \\ & + \left( \begin{aligned} & D_2(w)F_2(w)^2 B_2(w) - 2D_2(w)F_2(w)C_2(w)E_2(w) + E_2(w)A_2(w)F_2(w)^2 - \\ & - E_2(w)^2 B_2(w)F_2(w) + C_2(w)E_2(w)^3 \end{aligned} \right) E(w) / F_2(w)^4 \end{aligned} \right] / F_2(w);$$

$$a_5 = \left[ \begin{aligned} & \left( \begin{aligned} & D_2(w)F_2(w)^2 B_2(w) - 2C_2(w)D_2(w)F_2(w)E_2(w) + E_2(w)A_2(w)F_2(w)^2 - \\ & - B_2(w)E_2(w)^2 F_2(w) + C_2(w)E_2(w)^3 \end{aligned} \right) D_2(w) / F_2(w)^4 + \\ & + \left( \begin{aligned} & -D_2(w)F_2(w)^3 A_2(w) + D_2(w)^2 F_2(w)^2 C_2(w) + 2D_2(w)F_2(w)^2 E_2(w)B_2(w) - \\ & - 3E_2(w)^2 D_2(w)F_2(w)C_2(w) + A_2(w)E_2(w)^2 F_2(w)^2 - \\ & - E_2(w)^3 F_2(w)B_2(w) + C_2(w)E_2(w)^4 \end{aligned} \right) E(w) / F_2(w)^5 \end{aligned} \right] / F_2(w).$$

Вследствие произведенных вычислений и оценки полученных результатов асимптотические зависимости можно использовать для оценки применимости данной методики с точностью 5 % для  $\beta \leq 0,5$ .

#### Список литературы

- 1 **Можаровский, В. В.** Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 280 с.
- 2 **Han, S. M.** Determining hardness of thin films in elastically mismatched film-on-substrate systems using nanoindentation / S. M. Han, R. Saha, W. D. Nix // Acta Materialia. – 2006. – No. 54. – P. 1571–1581.
- 3 **Можаровский, В. В.** Реализация расчета индентирования покрытий на упругом основании / В. В. Можаровский, Д. С. Кузьменков, М. В. Кулагина // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : IV Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 65-летию БИИЖТа–БелГУТа. Ч. 2. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 174–175.
- 4 **Джонсон, К.** Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – М. : Мир, 1989. – 510 с.
- 5 **Mozharovsky, V. V.** Calculation of the contact interaction of gear teeth from composite materials / V. V. Mozharovsky, D. S. Kuzmenkov, S. V. Kirhintsava // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – February 2022. – Vol. 9, is. 2. – P. 18921–18928.

УДК 539.3

## ТЕРМОУПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ТРЕХСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ НА ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ОСНОВАНИИ

*А. Г. КОЗЕЛ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В транспортном машиностроении и строительстве получили распространение трехслойные конструкции. Квазистатическое и динамическое нагружение трехслойных элементов конструкций исследовалось в монографиях [1, 2]. Вопросу расчета напряженно-деформированного состояния упругих круговых трехслойных пластин, связанных с упругим основанием, посвящены статьи [3, 4], в том числе и с учетом температуры. Постановка задачи и ее решение о физически нелинейном изгибе подобных пластин выполнены в работах [5, 6].

Здесь рассмотрен упругопластический изгиб подобной пластины при термосиловом воздействии. Для внешних несущих слоев приняты гипотезы Кирхгофа, для толстого заполнителя – мо-

дель Тимошенко. На внешнюю поверхность первого несущего слоя пластины действует поперечная осесимметричная нагрузка, которая не зависит от координаты  $\varphi$ :  $q = q(r)$ . Связь реакции основания  $q_R$  и прогиба  $w(r)$  принимается согласно модели Пастернака:

$$q_R(r) = -\kappa_0 w(r) + t_f \Delta w(r),$$

где  $\kappa_0$ ,  $t_f$  – коэффициенты сжатия и сдвига основания;  $\Delta$  – оператор Лапласа.

За искомые величины принимаются: прогиб пластины  $w(r)$ , относительный сдвиг в заполнителе  $\psi(r)$ , радиальное перемещение координатной плоскости  $u(r)$ .

Система уравнений равновесия в перемещениях выводится из вариационного принципа Лагранжа. Согласно методу упругих решений, перепишем ее в итерационном виде:

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u^{(n)} + a_2 \psi^{(n)} - a_3 w_{,r}^{(n)}) &= p_{\omega}^{(n-1)}, \\ L_2(a_2 u^{(n)} + a_4 \psi^{(n)} - a_5 w_{,r}^{(n)}) &= h_{\omega}^{(n-1)}, \\ L_3(a_3 u^{(n)} + a_5 \psi^{(n)} - a_6 w_{,r}^{(n)}) - \kappa_0 w^{(n)} + t_f \Delta w^{(n)} &= -q + q_{\omega}^{(n-1)}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $a_i$  – коэффициенты, учитывающие термомеханические и геометрические характеристики слоев;  $p_{\omega}^{(n-1)}$ ,  $h_{\omega}^{(n-1)}$ ,  $q_{\omega}^{(n-1)}$  – дополнительные «внешние» нагрузки, которые на первом шаге полагаются равными нулю, а в дальнейшем вычисляются по результатам предыдущего приближения;  $n$  – номер приближения.

Разработан приближенный метод решения системы уравнений (1), основанный на методе упругих решений Ильюшина. Получено рекуррентное решение задачи об термоупругопластическом изгибе круговой трехслойной пластины, связанной с основанием Пастернака. Выполнен численный параметрический анализ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке БР ФФИ (проект № T22M-072).*

#### Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : Физматлит, 2005. – 576 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н Рабинский. – М. : Изд-во МАИ, 2016. – 184 с.
- 3 Козел, А. Г. Сравнение решений задач изгиба трехслойных пластин на основаниях Винклера и Пастернака / А. Г. Козел // Механика машин, механизмов и материалов. – 2021. – № 1 (54). – С. 30–37.
- 4 Козел, А. Г. Термоупругий изгиб круговой трехслойной пластины, связанной с основанием Пастернака / А. Г. Козел // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – № 2 (51). – С. 31–37.
- 5 Козел, А. Г. Деформирование физически нелинейной трехслойной пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Механика. Исследования и инновации: междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Вып. 12. – С. 105–112.
- 6 Козел, А. Г. Нелинейный изгиб сэндвич-пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика: междунар. науч.-техн. сб. – Минск : БНТУ, 2020. – Вып. 35. – С. 106–113.

УДК 539.374

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ СВОЙСТВ ПОЛЗУЧЕСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ПОДЗЕМНОГО СООРУЖЕНИЯ

*Е. Я. КОЗЛОВСКИЙ, М. А. ЖУРАВКОВ*

*Белорусский государственный университет, г. Минск*

Массивам соляных пород, вмещающим подземные сооружения, свойственны деформации, которые нарастают в очень длительном интервале времени и могут иметь нестационарные стадии. При анализе данных мониторинга за выработками на глубине 1100–1200 м авторами отмечено асимметричное деформирование контура. Так, смещения противоположных стенок могли различаться более чем в 2 раза. Однако анализ исходных данных указывал на однородность без каких-либо предпосылок к такой разнице смещений.

По данным мониторинга определялись параметры модели ползучести путем решения обратных задач. Согласно принятому подходу полные относительные деформации  $\epsilon$  состоят из независимых от времени упругих  $\epsilon^{el}$  и пластических  $\epsilon^{pl}$  деформаций, а также развивающихся во времени деформаций ползучести  $\epsilon^{cr}$ . Для описания независимого от времени пластического поведения соляных

пород была использована модель Мора – Кулона с поверхностью  $f_{MC}$ . Деформации ползучести описываются комбинацией эмпирических законов Нортон и Нортон – Бейли [3, 4]:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \varepsilon_{el} + \varepsilon_{pl} + \varepsilon_{cr}, \\ f_{MC}(I_1, J_2, \theta) &= \frac{1}{3} I_1 \sin(\varphi) + \sqrt{J_2} \left( \cos(\theta) - \frac{\sin(\theta) \sin(\varphi)}{\sqrt{3}} \right) - c \cos(\varphi), \\ \varepsilon_{cr} &= C_1 \sigma_e^{C_2} t^{C_3} + C_4 \sigma_e^{C_5} t, \end{aligned}$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения;  $c$  – сцепление;  $C_i$  – параметры модели ползучести;  $\sigma_e$  – интенсивность напряжений;  $t$  – время.

Поскольку породный массив на рассматриваемом участке не имеет существенных возмущений в природном НДС [1] или изменчивости условно-мгновенных механических характеристик [2, 8, 9], было сделано предположение, что параметры закона ползучести являются некоторыми случайными функциями координат. Поскольку коэффициенты  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_5$  являются степенными коэффициентами, чрезвычайно сложно включить их как функции пространственных переменных, т. к. их значение напрямую влияет на коэффициенты  $C_1$  и  $C_4$ . Но было обнаружено, что коэффициенты  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_5$  имеют весьма близкие численные значения для всех случаев и согласуются с диапазонами значений, описанными многими авторами [11]. Поэтому их значения принимались как фиксированные.

Значения коэффициента  $C_1$  хорошо описываются усеченным нормальным распределением, а коэффициента  $C_4$  – логнормальным распределением. Эти распределения были взяты в качестве исходных данных для проведения дальнейшего стохастического анализа.

Для решения стохастической задачи генерировались случайные автокоррелированные поля для коэффициентов  $C_1$  и  $C_4$  с использованием квази-изотропной функции корреляции Маркова [14–16]:

$$\begin{aligned} \rho(\tau_x, \tau_y) &= \exp \left[ -\frac{2|\tau_x|}{\theta_x} - \frac{2|\tau_y|}{\theta_y} \right], \\ \rho(\tau) &= \exp \left[ -\frac{2\tau}{\theta} \right], \end{aligned}$$

где  $\theta$  – длина корреляции;  $\tau$  – расстояние.

Для случая незакрепленной выработки результаты анализировались по восьми равномерно расположенным точкам на контуре выработки, оценка производилась по неравномерности радиальных перемещений и вычислялась на таких «виртуальных реперах» с шагом 2 ( $\delta_{90}$ , под углом  $90^\circ$ ) и 4 ( $\delta_{180}$ , под углом  $180^\circ$ ) как максимальное отношение:

$$\begin{aligned} \delta_{90} &= \max \left[ \frac{u_i}{u_{2+i}}, \frac{u_{2+i}}{u_i} \right] - 1, \\ \delta_{180} &= \max \left[ \frac{u_i}{u_{4+i}}, \frac{u_{4+i}}{u_i} \right] - 1, \end{aligned}$$

где  $u_i$  – радиальные перемещения.

Было обнаружено, что обе величины,  $\delta_{90}$  и  $\delta_{180}$ , имеют схожие логнормальные распределения. С кумулятивной вероятностью 95 % коэффициент неравномерности имеет максимальные значения  $\delta_{90}^{0,95} = 70\%$  и  $\delta_{180}^{0,95} = 110\%$ .

Согласно результатам стохастического анализа усилия в крепи жесткого типа имеют распределение напряжений, близкое к нормальному, что позволяет выполнять дальнейшее проектирование.

При использовании за жесткой крепью податливого слоя возникает эффект точечного нагружения [5–7, 10, 12]. Этот эффект при взаимодействии породы с конструкцией приводит к возникновению значительных возмущений в НДС крепи. Результаты для таких слоев имеют большой разброс и близки к равновероятным, поэтому распределение можно считать равномерным.

Показанный подход может быть использован для прогнозирования и количественной оценки неоднородностей нагрузки в аналогичных условиях при строительстве новых дополнительных стволов при наличии данных мониторинга на площадке [13].

## Список литературы

- 1 **Бельтюков, Н. Л.** О механизме проявления эффекта Кайзера в осадочных горных породах / Н. Л. Бельтюков // Стратегия и процессы освоения георесурсов : сб. науч. тр. – Пермь : ГИ УрО РАН, 2015. – Вып. 13. – С. 102–104.
- 2 Волновая динамика неоднородных и нелинейных структур с приложением к геомеханике и биомеханике : монография / А. В. Борисов [и др.] ; общ. ред. А. В. Чигарева. – Смоленск : Универсум, 2015. – 431 с.
- 3 **Журавков, М. А.** Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 4 **Журавков, М. А.** Численное моделирование реологических процессов при недостаточном количестве реологических констант / М. А. Журавков, С. Н. Лопатин // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2021. – Т. 8, № 1. – С. 79–85.
- 5 **Казикаев, Д. М.** Диагностика и мониторинг напряженного состояния крепи вертикальных стволов / Д. М. Казикаев, С. В. Сергеев. – М. : Горная книга, 2011. – 244 с.
- 6 **Кóзел, А. М.** Геомеханические вопросы проектирования и поддержания шахтных стволов. Книга 1. Условия поддержания, состояние, виды и причины деформаций вертикальных стволов / А. М. Кóзел. – СПб. : Недра, 2001. – 216 с.
- 7 **Потапова, О. А.** Несущая способность тоннельных обделок при случайном расположении заобделочных пустот : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.15 / О. А. Потапова. – М. : 2000. – 210 с.
- 8 **Чигарев, А. В.** Стохастическая и регулярная динамика неоднородных сред / А. В. Чигарев. – Минск : Технопринт, 2000. – 425 с.
- 9 **Шашенко, А. Н.** Некоторые задачи статистической геомеханики / А. Н. Шашенко, С. Б. Тулуб, Е. А. Сдвижкова. – Киев : Пульсары, 2002. – 302 с.
- 10 **Auld, F. A.** Design and construction of deep shaft concrete linings in the UK / F. A. Auld // Shaft Design and Construction 4th International Conference. – 2019. – Vol. 20, no. 12. – P. 1–11.
- 11 **Hou, Z.** Untersuchungen zum Nachweis der Standsicherheit für Untertagedeponien im Salzgebirge : Dissertation ... Doktoringenieurs / Z. Hou. – TU Clausthal, 1998. – 387 p.
- 12 **Jia, Y. D.** Numerical modelling of shaft lining stability at deep mine / Y. D. Jia, R. Stace, A. Williams // Mining Technology. – 2013. – Vol. 122, no. 1. – P. 8–19.
- 13 **Kazlouski, J.** Study of sylvinite heterogeneous creep characteristics and their influence on the shaft stability / J. Kazlouski, M. A. Zhuravkov, S. I. Bogdan // The Mechanical Behavior of Salt X. – Utrecht : CRC Press/Balkema, 2022. – P. 519–529.
- 14 **Phoon, K.-K.** Characterization of geotechnical variability / K.-K. Phoon, F. H. Kulhawy // Canadian Geotechnical Journal. – 1999. – Vol. 36, no. 4. – P. 612–624.
- 15 Probabilistic Analysis of a Rock Salt Cavern with Application to Energy Storage Systems / E. Mahmoudi [et al.] // Rock Mechanics and Rock Engineering. – 2017. – Vol. 50. – P. 139–157.
- 16 Probabilistic Methods in Geotechnical Engineering : International Centre for Mechanical Sciences, Courses and Lectures / ed. by D. V. Griffiths, G. A. Fenton. – Springer Vienna, 2007. – Vol. 491. – 346 p.

УДК 539.3

## ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОЭЛАСТИЧНЫХ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КАНОНИЧЕСКИХ ФОРМ МЕРИДИАНА ПРИ СТАТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

*Е. А. КОРОВАЙЦЕВА*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация*

Постановка задачи статического деформирования мягкой оболочки вращения описывается системами квазилинейных дифференциальных и нелинейных алгебраических уравнений, в векторно-матричной форме имеющих вид

$$\frac{dy}{dx} = \mathbf{f}(x, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \boldsymbol{\mu}, \mathbf{q}), \quad (1)$$

$$\boldsymbol{\varphi}(x, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \boldsymbol{\mu}, \mathbf{q}) = \mathbf{0}. \quad (2)$$

где  $\mathbf{y}$  – вектор разрешающих переменных задачи;  $\mathbf{f}$  – вектор-функция из  $n$  компонент правых частей разрешающей системы уравнений;  $\boldsymbol{\varphi}$  – вектор-функция нелинейных дополнительных алгебраических соотношений;  $\mathbf{z}$  – вектор дополнительных переменных, т. е. переменных, которые не входят под знак производной в дифференциальных уравнениях задачи, а рассчитываются по алгебраическим соотношениям;  $\boldsymbol{\mu}$  – вектор-функция исходных значений параметров задачи;  $\mathbf{q}$  – вектор-функция заданных обобщенных распределенных нагрузок.

Соотношения (1), (2) дополняются граничными условиями,



$$\Psi_1(x_1, y_1, z_1, \mu_1, \mathbf{q}_1) = \mathbf{0}, \quad 1 \rightleftharpoons 2, \quad (3)$$

где  $\Psi_1, \Psi_2$  – вектор-функции заданных граничных условий.

Необходимо отметить, что задача деформирования мягких оболочек из высокоэластичных материалов является и геометрически, и физически нелинейной. При этом физическая нелинейность определяется видом упругого потенциала материала, из которого изготовлена оболочка.

Традиционно при расчете мягких оболочек используются уравнения безмоментной теории [1]. Однако в данной работе проведен сравнительный анализ результатов расчета мягких оболочек из высокоэластичных материалов, основанных на использовании соотношений как безмоментной, так и моментной теории. При этом в первом случае за основу взята система разрешающих соотношений, сформулированная в [2], а во втором случае использованы уравнения неквадратичного варианта моментной теории оболочек [3]. Тогда состав векторов разрешающих переменных  $\mathbf{y}$  имеет вид  $\mathbf{y} = \{T_{1x}; T_{1z}; u; w\}^T$ , где  $T_{1x}, T_{1z}$  – проекции равнодействующих истинных усилий оси  $x, z$  системы координат, связанной с недеформированной оболочкой;  $u, w$  – проекции вектора перемещения точки поверхности оболочки на указанные оси. Для системы уравнений моментной теории оболочек  $\mathbf{y} = \{F_{11}; N_{11}; M_1; u; w; \Phi_{11}\}^T$ , где  $F_{11}, N_{11}$  – проекции истинных усилий оси  $x, z$  системы координат, связанной с недеформированной оболочкой;  $M_1$  – меридиональный изгибающий момент;  $\Phi_{11}$  – угол поворота нормали к срединной поверхности оболочки.

Решение задачи (1)–(3) строится методом дифференцирования по параметру [4]. При этом введем параметр нагрузки  $\alpha$ , считая, что система внешних нагрузок с заданным распределением  $\mathbf{q}, \mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2$  изменяется в процессе расчета пропорционально  $\alpha$ . После дифференцирования соотношений (1)–(3) по некоторому заранее выбранному параметру продолжения решения  $T$  и выражения скорости вектора дополнительных переменных по параметру  $\dot{z} = dz/dT$  из продифференцированных соотношений (2) получим квазилинейную краевую задачу

$$\frac{d\dot{\mathbf{y}}}{dx} = \mathbf{A}\dot{\mathbf{y}} + \mathbf{b}\dot{\alpha} \quad (4)$$

с граничными условиями

$$\mathbf{B}_1\dot{\mathbf{y}}_1 + \mathbf{c}_1\dot{\alpha} = \mathbf{0}, \quad 1 \rightleftharpoons 2 \quad (5)$$

и нелинейную начальную задачу

$$\begin{aligned} \frac{d\dot{\mathbf{y}}_i}{dT} &= \dot{\mathbf{y}}_i(\mathbf{y}_i, x_i, T), \quad i \in [1, N] \\ \frac{d\alpha}{dT} &= \dot{\alpha}(\mathbf{y}_i, T). \end{aligned} \quad (6)$$

Здесь  $\dot{\mathbf{y}}_i, \dot{\alpha}$  – производные по параметру  $T$  от соответствующих величин;  $N$  – число точек дискретизации меридиана оболочки при решении краевой задачи (4), (5). Параметр  $T$  в общем случае выбирается в виде некоторой функции, связывающей параметр нагрузки  $\alpha$  со значениями компонент вектора разрешающих переменных  $\mathbf{y}_i$  в одной или нескольких точках интервала интегрирования рассматриваемой краевой задачи.

Решение взаимосвязанных квазилинейной краевой (4), (5) и нелинейной начальной (6) задач проводится последовательно по такому итерационному алгоритму:

1) расчет скоростей изменения переменных  $\dot{\mathbf{y}}^{(K,0)}, \dot{\mathbf{z}}^{(K,0)}$  и параметра нагрузки  $\dot{\alpha}^{(K,0)}$  при прогнозированных значениях самих переменных и параметра нагрузки  $\mathbf{y}^{(K,0)}, \mathbf{z}^{(K,0)}, \alpha^{(K,0)}$  ( $K$  – номер шага по параметру; 0 – номер итерации);

2) расчет переменных задачи и параметра нагрузки путем решения задач Коши (6) для использования полученных значений  $\mathbf{y}^{(K,1)}, \mathbf{z}^{(K,1)}, \alpha^{(K,1)}$  как скорректированных при последующем расчете скоростей  $\dot{\mathbf{y}}^{(K,1)}, \dot{\mathbf{z}}^{(K,1)}, \dot{\alpha}^{(K,1)}$  на следующей итерации;

3) расчет переменных  $\mathbf{y}^{(K,M)}$ ,  $\mathbf{z}^{(K,M)}$  и параметра нагрузки  $\alpha^{(K,M)}$  на текущем  $K$ -м шаге по параметру  $T_K$  продолжается до достижения необходимой близости переменных  $\mathbf{y}^{(K,M)}$  на  $M$ -й и  $(M - 1)$ -й итерациях.

В работе сравнивается поведение мягких оболочек вращения различных канонических форм меридиана (полусфера, цилиндр, тор, конус) из неогуковского материала при больших деформациях под воздействием равномерно распределенного по меридиану давления. Размеры оболочек подбираются из условия равенства геометрических размеров в плане и площадей недеформированной поверхности оболочек.

Установлен ряд особенностей решения рассматриваемой задачи. В частности, при решении задачи с использованием соотношений безмоментной теории для полусферической оболочки полученное решение можно считать достоверным лишь до достижения некоторой минимальной величины давления в закритическом состоянии, однако с вычислительной точки зрения данная задача обладает наивысшей скоростью сходимости. Для конической оболочки характерно минимальное значение критической нагрузки среди всех рассмотренных вариантов формы меридиана.

При решении задач деформирования мягких оболочек из высокоэластичных материалов с использованием соотношений моментной теории отмечены нехарактерные для случая использования уравнений безмоментной теории вычислительные сложности. Для их преодоления предложено введение в разрешающие соотношения ряда упрощений, соответствующих особенностям напряженно-деформированного состояния.

#### Список литературы

- 1 Усюкин, В. И. Об уравнениях теории больших деформаций мягких оболочек / В. И. Усюкин // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1976. – № 1. – С. 70–75.
- 2 Коровайцева, Е. А. Смешанные уравнения теории мягких оболочек / Е. А. Коровайцева // Труды МАИ. – 2019. – № 108. – URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=109235>.
- 3 Шаповалов, Л. А. Уравнения эластики тонкой оболочки при неосесимметричной деформации / Л. А. Шаповалов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1976. – № 3. – С. 62–72.
- 4 Давиденко, Д. Ф. Об одном новом методе численного решения систем нелинейных уравнений / Д. Ф. Давиденко // Доклады АН СССР. – 1953. – Т. 88, № 4. – С. 601–602.

УДК 539.3

## АНАЛИЗ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ВИСКЕРИЗОВАННОГО СЛОЯ В ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Г. И. КРИВЕНЬ, А. А. ОРЕХОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В аэрокосмической промышленности к материалам предъявляются высокие требования по прочности, жесткости и демпфированию, поскольку со временем всё больше конструктивных элементов самолетов конструируется из композитных материалов. Механические свойства волокнистых композитов контролируются условиями контакта между волокном и матрицей, поэтому для более эффективной передачи нагрузок между волокнами и матрицей разрабатываются различные способы, направленные на улучшение межфазных адгезионных свойств композита и на увеличение эффективной площади поверхности волокна. Одним из таких способов является выращивание специальных наноструктур – вискерсов (нанопроволок и углеродных нанотрубок) на поверхности волокна. Для полученного модифицированного композиционного материала в результате образования специальной наноструктуры на поверхности волокон одновременно могут быть улучшены различные свойства: прочность, жесткость, усталость, а также электро- и теплопроводность. Значительную роль в таких композитах играет вискеризованный слой, вводимый первоначально для улучшения трансверсальных характеристик.

Вискеризованный слой на поверхности волокон может играть существенную роль в реализации высоких демпфирующих характеристик модифицированного волокнистого композита в целом. В связи с этим в данной работе изучаются эффективные динамические свойства вискеризованного

слоя в модифицированных композитах с учетом структурных характеристик межфазного слоя: длины вискерсов, объемного содержания вискерсов, их механических свойств. В случае чистого сдвига вдоль вискерсов оцениваются эффективные динамические свойства межфазного слоя, полученные методом трех фаз и методом Рейсса.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-3607.2022.1.1*

УДК 519.633

## **МЕТОДОЛОГИЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА**

*Ек. Л. КУЗНЕЦОВА*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

В работе на основе неявных градиентных методов минимизации функционалов невязки предложена методология численного решения обратных задач для уравнений параболического типа с тензорным характером переноса потенциала, которая до настоящего времени никак не освещена в литературе, но востребована наукой и практикой, особенно в проблемах диагностики реально протекающих процессов.

Для восстановления указанных компонентов предложена следующая методология.

1 На основе неявного метода градиентного спуска разработан алгоритм минимизации функционала невязки экспериментальных и расчетных значений температур в ограниченном числе пространственно-временных узлов.

2 Осуществлена линеаризация функционала невязки.

3 Построены матрицы чувствительности температур в выбранных пространственно-временных узлах, на основе которых построен итерационный алгоритм по определению приращений вектора искомых параметров.

4 Расчетные значения получены на основе нового экономичного абсолютно устойчивого метода переменных направлений с экстраполяцией численного решения задач для уравнений параболического типа со смешанными производными.

5 Доказана теорема о существовании и единственности решения обратной задачи теплопроводности в анизотропных телах, позволившая начинать итерационный процесс по значениям компонентов тензора теплопроводности, отличающихся от искомых в несколько раз.

Полученные результаты подтвердили эффективность предложенной методологии.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ 20-01-00523.*

УДК 512.54

## **САМОСОВМЕЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ $n$ -АРНЫХ ГРУПП И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗ ЧЕТЫРЕХ ВЕКТОРОВ**

*Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Изучение свойств  $n$ -арных групп, связанных со свойствами объектов аффинной геометрии, равно как и изучение объектов аффинной геометрии методами теории  $n$ -арных групп, осуществлялось многими авторами [1–5]. Например, терпарные группы, которые изучали Х. Прюфер [6], Дж. Кертайн [7], нашли применение в аффинной геометрии [8, 9], а также в других областях знаний.

Дальнейшее развитие приложений теории  $n$ -арных групп [2, 10–12] послужило толчком к введению нового понятия «Самосовмещение элементов  $n$ -арных групп» [13]. В настоящее время исследования, связанные с самосовмещением элементов  $n$ -арных групп, развиваются по двум основ-

ным направлениям. Первое связано с симметричными точками и построением на  $n$ -арной группе специальных фигур аффинной геометрии, обладающих заданными свойствами [13], а второе изучает свойства различных последовательностей векторов  $n$ -арных групп [14].

Приведенные ниже результаты примыкают ко второму направлению исследований.

В частности, приведенные в формулировке теоремы равенства являются векторными аналогами понятия самосовмещения произвольного элемента  $p \in A$  относительно последовательности вершин соответствующих четырехугольников, построенных на полуабелевой  $n$ -арной группе  $A$ .

Отметим, что используемые в работе понятия и обозначения можно найти в [13].

Приведем полученный результат.

**Теорема.** Пусть  $A$  – полуабелева  $n$ -арная группа. Если  $a, b, c$  – произвольные точки из  $A$ ,  $a, d$  – такая точка из  $A$ , что четырехугольник  $\langle a, b, c, d \rangle$  – параллелограмм  $A$ , то справедливы следующие равенства:

$$\begin{aligned} \overrightarrow{pd} + \overrightarrow{S_d(p)c} + \overrightarrow{S_c(S_d(p))S_c(b)} + \overrightarrow{S_{S_c(b)}(S_c(S_d(p)))S_d(a)} &= \vec{0}, \\ \overrightarrow{pb} + \overrightarrow{S_b(p)S_b(a)} + \overrightarrow{S_{S_b(a)}(S_b(p))S_c(d)} + \overrightarrow{S_{S_c(d)}(S_{S_b(a)}(S_b(p)))c} &= \vec{0}, \\ \overrightarrow{pd} + \overrightarrow{S_d(p)S_b(a)} + \overrightarrow{S_{S_b(a)}(S_d(p))S_c(d)} + \overrightarrow{S_{S_c(d)}(S_{S_b(a)}(S_d(p)))S_d(a)} &= \vec{0}. \end{aligned}$$

#### Список литературы

- 1 **Vakarelov, D.** Ternary groups / D. Vakarelov // God. Sofij. Univ., Mat. Fak. 1966/67. – Vol. 61. – P. 71–105.
- 2 **Русаков, С. А.** Некоторые приложения теории  $n$ -арных групп / С. А. Русаков. – Минск, 1998.
- 3 **Dudek, W. A.** Ternary quasigroups connected with the affine geometry / W. A. Dudek // Algebras, Groups and Geometries. – 1999. – Vol. 16. – P. 329–354.
- 4 **Dudek, W. A.** On Rusakovs  $n$ -ary rs-groups / W. A. Dudek, N. A. Stojakovic // Czechoslovak Math. J. – 2001. – Vol. 51 (126). – P. 275–283.
- 5 **Kulazhenko, Yu. I.** Geometry of semiabelian  $n$ -ary groups / Yu. I. Kulazhenko // Quasigroups and Related Systems. – 2011. – Vol. 19. – P. 265–278.
- 6 **Prüfer, H.** Theorie der Abelschen Gruppen I. Grundeigenschaften / H. Prüfer // Math. Z. – 1924. – Bd. 20. – S. 165–187.
- 7 **Certain, J.** The ternary operation  $(abc)=ab^{-1}c$  of a group / J. Certain // Bull. Amer. Math. soc. – 1943. – Vol. 49. – P. 869–877.
- 8 **Baer, R.** Linear algebra and projective geometry / R. Baer. – New York : Academic Press, 1952. – 336 p.
- 9 **Bränzel, D.** Structures affines et opérations ternaires / D. Bränzel // An. Sti. Univ. Iasi, sect. I a Mat. – 1977. – Vol. 23. – P. 33–38.
- 10 **Dornste, W.** Untersuchungen über einen verallgemeinerten Gruppenbegriff / W. Dornste // Math. Z. – 1928. – Bd. 29. – S. 1–19.
- 11 **Post, E. L.** Polyadic groups / E. L. Post // Trans. Amer. Math. Soc. – 1940. – Vol. 48, no 2. – P. 208–350.
- 12 **Русаков С. А.** Алгебраические  $n$ -арные системы: Силовская теория  $n$ -арных групп / С. А. Русаков. – Минск : Белорусская наука, 1992. – 264 с.
- 13 **Кулаженко, Ю. И.** Полидинамические операции и их приложения : [монография] / Ю. И. Кулаженко. – Минск : БГУ, 2014. – 311 с.
- 14 **Kulazhenko, Yu. I.** Semi-commutativity criteria and self-coincidence of elements expressed by vectors properties of  $n$ -ary groups / Yu. I. Kulazhenko // Algebra and Discrete Math. – 2010. – Vol. 9, no 2. – P. 98–107.

УДК 539.374

## ЗАДАЧА О СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЯХ ПЯТИСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ

*Е. А. ЛАЧУГИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

За последние годы слоистые элементы конструкций получили широкое применение в народном хозяйстве, включая строительство и машиностроение. Это обуславливает требование по созданию расчетных механико-математических моделей, учитывающих как квазистатический, так и динамический характер нагрузок. В связи с этим исследование свободных колебаний круговой пятислойной пластины является актуальным. Методы расчета и постановки краевых задач для слоистых элементов конструкций рассмотрены в работах [1–17].

Здесь для симметричной по толщине упругой круговой пятислойной пластины с жестким заполнителем приведены уравнения движения в перемещениях. Вывод уравнений движения проведен

в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ , которая связана со срединной плоскостью центрального несущего слоя. В тонких несущих слоях справедливы гипотезы Кирхгофа: нормаль остается несжимаемой, прямолинейной и перпендикулярной к деформированной срединной поверхности. В заполнителе учитывается работа касательных напряжений.

Радиальные перемещения в слоях  $u^{(k)}(r, z)$  выражаются через две искомые функции:  $w(r)$  – прогиб пластины и  $\psi(r)$  – относительный сдвиг в заполнителях. В результате – в несущих слоях 1, 2, 4

$$\begin{aligned} u_r^{(4)} &= -zw_{,r} + h_3\psi, & (0, 5h_1 + h_3 \leq z \leq 0, 5h_1 + h_3 + h_2), \\ u_r^{(1)} &= -zw_{,r}, & (-0, 5h_1 \leq z \leq 0, 5h_1), \\ u_r^{(2)} &= -zw_{,r} - h_3\psi, & (-0, 5h_1 - h_3 - h_2 \leq z \leq -0, 5h_1 - h_3), \end{aligned}$$

– в заполнителе 3, 5

$$\begin{aligned} u_r^{(5)} &= -zw_{,r} + (z - 0, 5h_1)\psi, & (0, 5h_1 \leq z \leq 0, 5h_1 + h_3), \\ u_r^{(3)} &= -zw_{,r} + (z + 0, 5h_1)\psi, & (-0, 5h_1 - h_3 \leq z \leq -0, 5h_1). \end{aligned}$$

где  $w(r, t)$  – прогиб пластины,  $\psi(r, t)$  – относительные сдвиги в заполнителях;  $z$  – координата рассматриваемого волокна; запятая в нижнем индексе обозначает операцию дифференцирования по следующей за ней координате.

Внешняя вертикальная нагрузка не зависит от координаты  $\varphi$ :  $q = q(r, t)$ . На контуре пластины предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев ( $\psi = 0$  при  $r = r_0$ ). Рассматривается осесимметричная задача, поэтому тангенциальные перемещения в слоях отсутствуют, а искомые прогиб пластины  $w$ , относительный сдвиг в заполнителе  $\psi$  не зависят от координаты  $\varphi$ .

Уравнения движения пластины выводятся при помощи вариационного принципа Гамильтона – Остроградского:

$$L_2(a_4\psi - a_3w_{,r}) - 2h_3G_3\psi = 0, \quad L_3(a_5\psi - a_6w_{,r}) - M_0\ddot{w} = 0,$$

где  $L_2, L_3$  – дифференциальные операторы,

$$L_2(g) \equiv \left( \frac{1}{r}(rg)_{,r} \right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2}, \quad L_3(g) \equiv \frac{1}{r}(rL_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,rr}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3};$$

$M_0\ddot{w}$  – поперечные инерционные силы,  $M_0 = (\rho_1h_1 + \rho_2h_2 + \rho_3h_3)r_0^2$ ;  $a_i$  – коэффициенты

$$\begin{aligned} a_4 &= \left[ 2K_2^+ h_2 h_3^2 + 2K_3^+ \frac{h_3^3}{3} \right], \quad a_5 = \left[ K_2^+ h_2 h_3 (h_1 + 2h_3 + h_2) + 2K_3^+ h_3 \left( \frac{h_1 h_3}{4} + \frac{h_3^2}{3} \right) \right], \\ a_6 &= \left[ 2K_2^+ h_2 \left( \frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_2}{2} + h_1 h_3 + \frac{h_2^2}{3} + h_2 h_3 + h_3^2 \right) + K_1^+ \frac{h_1^3}{12} + 2K_3^+ h_3 \left( \frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_3}{2} + \frac{h_3^2}{3} \right) \right], \\ a_7 &= \left[ 2K_2^- h_2 \left( \frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_2}{2} + h_1 h_3 + \frac{h_2^2}{3} + h_2 h_3 + h_3^2 \right) + K_1^- \frac{h_1^3}{12} + 2K_3^- h_3 \left( \frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_3}{2} + \frac{h_3^2}{3} \right) \right], \\ K_k + \frac{4}{3}G_k &\equiv K_k^+, \quad K_k - \frac{2}{3}G_k \equiv K_k^-, \end{aligned}$$

$G_k, K_k$  – модули сдвига и объемного деформирования.

Начальные условия движения принимаются однородные

$$w(r, 0) = 0, \quad \dot{w}(r, 0) = 0.$$

На шарнирно опертом контуре принимается наличие жесткой диафрагмы, не позволяющей относительный сдвиг слоев, поэтому при  $r = r_0$  должны выполняться кинематические условия

$$u = \psi = w = 0, \quad M_r = \sum_{k=1}^3 \int_{h_k} \sigma_r^{(k)} z dz = 0,$$

где  $\sigma_r^{(k)}$  – радиальное напряжение;  $M_r$  – изгибающий момент.

## Список литературы

- 1 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела // М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021 – 535 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : МАИ, 2016. – 184 с.
- 3 Kuznetsova, E. L. Methods of diagnostic of pipe mechanical damage using functional analysis, neural networks and method of finite elements / E. L. Kuznetsova, G. V. Fedotenkov, E. I. Starovoitov // INCAS Bulletin. – Vol. 12, Spec. is. – 2020. – P. 79–90.
- 4 Starovoitov, É. I. Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A. V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no. 5. – P. 474–481.
- 5 Gorshkov, A. G. Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A. V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no 9. – P. 1196–1203.
- 6 Горшков, А. Г. Колебания трехслойных стержней под действием локальных нагрузок различных форм / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – № 1. – С. 45–52.
- 7 Fedotenkov, G. V. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, no 4. – P. 439–447.
- 8 Вестяк, В. А. Распространение нестационарных объемных возмущений в упругой полуплоскости / В. А. Вестяк, А. С. Садков, Д. В. Тарлаковский // Изв. РАН. МТТ. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 130–140.
- 9 Tarlakovskii, D. V. Nonstationary 3D motion of an elastic spherical shell / D. V. Tarlakovskii, G. V. Fedotenkov // Mechanics of Solids. – 2015. – Vol. 46, no. 5. – P. 779–787.
- 10 Старовойтов, Э. И. Термосиловое нагружение трехслойных пологих оболочек / Э. И. Старовойтов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1989. – № 5. – С. 114–119.
- 11 Захарчук, Ю. В. Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – № 10. – С. 55–66.
- 12 Захарчук, Ю. В. Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – № 11. – С. 80–87.
- 13 Козел, А. Г. Деформирование круговой трехслойной пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – Вып. 32. – С. 235–240.
- 14 Козел, А. Г. Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – Вып. 34. – С. 165–171.
- 15 Нестерович, А. В. Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13. – С. 116–121.
- 16 Нестерович, А. В. Неосесимметричное нагружение трехслойной круговой пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Теоретическая и прикладная механика. – 2020. – Вып. 35. – С. 246–252.
- 17 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no 4. – P. 1023–1029.

УДК 539.3

## ТЕПЛОВОЕ НАГРУЖЕНИЕ КРУГОВОЙ СЭНДВИЧ-ПЛАСТИНЫ СТУПЕНЧАТО-ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

*Д. В. ЛЕОНЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Многослойные стержни, пластины и оболочки широко применяются в транспортном машиностроении, строительстве, авиа- и ракетостроении. Исследованию поведения этих конструкций посвящено множество научных работ. Достаточно хорошо исследовано поведение гладких конструкций. Ранее в статье [1] решена задача о колебаниях круговых пластин на двухпараметрическом основании. Задачи термоупругости однослойных элементов конструкций рассмотрены А. Д. Коваленко в монографии [2]. Статическое нагружение трехслойного стержня исследовано в [3], при действии температурного поля – в [4, 5] В работе [6] исследована сэндвич-пластина с нерегулярной границей при отсутствии температурного воздействия. Здесь рассмотрена подобная пластина при действии термосилового нагрузки.

Пластина круглой формы состоит из трех слоев. Несущие слои равной толщины ( $h_{1l} = h_{2l} = h_l$ ) могут изменяться вдоль радиуса пластины ступенчато. На внешнюю поверхность пластины перпендикулярно первому несущему слою действует тепловой поток интенсивностью  $q_l$  и внешняя силовая нагрузка  $q_l$ . За искомые величины принимаются прогиб пластины  $w_l(r)$  и относительный сдвиг в наполнителе  $\psi_l(r)$  на каждом участке  $l$ , которые не зависят от окружной координаты  $\varphi$ .

Деформации в слоях связаны с напряжениями термоупругими соотношениями закона Гука [7]:

$$s_{\alpha}^{(k)} = 2G_k \varepsilon_{\alpha}^{(k)}, \quad \sigma^{(k)} = 3K_k (\varepsilon^{(k)} - \alpha_{0k} \Delta T) \quad (k = 1, 2, 3),$$
$$s_{rz}^{(3)} = 2G_k \varepsilon_{rz}^{(3)} \quad (\alpha = r, \varphi),$$

где  $s_{\alpha}^{(k)}$ ,  $\varepsilon_{\alpha}^{(k)}$  – девиаторы,  $\sigma^{(k)}$ ,  $\varepsilon^{(k)}$  – шаровые части тензоров напряжений и деформаций;  $G_k$ ,  $K_k$  – модули сдвига и объемного деформирования;  $\Delta T$  – приращение температуры, отсчитывание от некоторого начального значения;  $\alpha_{0k}$  – коэффициент линейного температурного расширения материала  $k$ -го слоя.

Уравнения равновесия в усилиях и перемещениях выводятся из вариационного принципа Лагранжа.

Получены аналитические решения и проведен численный параметрический анализ.

#### Список литературы

- 1 **Леоненко, Д. В.** Колебания круговых трехслойных пластин на упругом основании Пастернака / Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2014. – № 1. – С. 59–63.
- 2 **Коваленко, А. Д.** Термоупругость : [монография] / А. Д. Коваленко. – Киев : Вища школа, 1975. – 216 с.
- 3 **Старовойтов, Э. И.** Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : МАИ, 2016. – 184 с.
- 4 **Старовойтов, Э. И.** Деформирование трехслойного стержня в температурном поле / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2013. – № 1 (22). – С. 31–35.
- 5 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no. 4. – P. 1023–1029.
- 6 **Леоненко, Д. В.** Поперечный изгиб круговой сэндвич-пластины ступенчатой толщины / Д. В. Леоненко // Известия Гомельского государственного университета. Естественные науки. – 2020. – № 6 (123). – С. 151–155.
- 7 **Старовойтов, Э. И.** Основы теории упругости, пластичности и вязкоупругости / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 344 с.

УДК 539.31

## МЕТОД КОМПЕНСИРУЮЩИХ НАГРУЗОК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В АНИЗОТРОПНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКАХ С ЛОКАЛЬНЫМИ ШАРНИРНЫМИ ОПОРАМИ

*Н. А. ЛОКТЕВА*

*Московский авиационный институт (НИИ); НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация*

*Д. О. СЕРДЮК, П. Д. СКОПИНЦЕВ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Тонкостенные конструкции, в частности оболочки, являются типовым элементом конструкций и широко применяются в железнодорожной, судостроительной, авиационной и ракетно-космической промышленности. Развитие аддитивных технологий, фотополимерной трехмерной печати, технологий изготовления полимерных композитов с пространственным армированием дает возможность проектирования тонкостенных конструкций не только из изотропных материалов, но и из материалов, обладающих общей анизотропией свойств. Такие конструкционные материалы требуют разработки новых математических моделей, методов и алгоритмов прочностных и динамических расчетов, применяемых при проектировании новых перспективных сооружений и аппаратов, соответствующих высоким нормам безопасности. Наиболее трудоёмкими являются расчеты в случае действия нестационарных нагрузок, поскольку в таком случае искомое решение существенно неоднородно по пространственным координатам и времени.

Вопросы нестационарной динамики изотропных оболочек и пластин разобраны в работах [1] и [2]. В данной работе описывается подход к нахождению параметра дискретизации по времени для построения функции нормальных перемещений для тонкой упругой анизотропной цилиндрической оболочки с локальными шарнирными опорами при воздействии сосредоточенной нестационарной нагрузки.

Оболочка имеет радиус  $R$  и толщину  $h$ . Материал цилиндрической оболочки упругий и анизотропный – упругая среда имеет одну поверхность симметрии, которой в рассматриваемом случае является срединная поверхность оболочки. Для тонкой оболочки Кирхгофа – Лява рассматриваемый материал характеризуется шестью независимыми упругими постоянными:  $c_{11} = C^{1111}$ ,  $c_{12} = C^{1122}$ ,  $c_{16} = C^{1112}$ ,  $c_{22} = C^{2222}$ ,  $c_{26} = C^{1222}$ ,  $c_{66} = C^{1212}$ .

В начальный момент времени оболочка находится в невозмущенном состоянии, а затем на нее воздействует сосредоточенная нестационарная нагрузка  $p(z, \alpha, \tau)$ . Движение оболочки рассматривается в цилиндрической системе координат  $ORz\alpha$ . Оболочка имеет две последовательности локальных шарнирных опор в окружном направлении, математически описываемых точечными граничными условиями. Областью исследования характера распространения нестационарных возмущений является зона цилиндрической оболочки, ограниченная данными последовательностями.

Постановка задачи включает в себя уравнения движения упругой оболочки Кирхгофа – Лява, соответствующие геометрические и физические соотношения с учетом симметрии свойств материала исследуемой оболочки, а также начальные и граничные условия. Целью исследования является построение функции нормальных перемещений.

Функция нормальных перемещений строится с помощью функции Грина для нормального перемещения неограниченной оболочки и представлена в виде сумм интегральных операторов типа сверток функции Грина для неограниченной оболочки с функциями внешней нестационарной нагрузки и с компенсирующими нагрузками [3, 4]. Для построения функции Грина применяются разложения в экспоненциальные ряды Фурье по углу  $\alpha$ , а также интегральные преобразования Фурье по координате  $z$  и Лапласа по времени  $\tau$ . Оригинал функции Грина по Лапласу найден аналитически при помощи таблиц операционного исчисления с предварительным применением формулы Кардано и использованием второй теоремы разложения, а для нахождения оригинала по Фурье применён численный метод интегрирования быстро осциллирующих функций. Амплитуды компенсирующих нагрузок должны удовлетворять граничным условиям и определяются из системы интегральных уравнений Вольтерра 1-го рода с разностным ядром относительно неизвестных компенсирующих нагрузок. Дискретизация амплитуд компенсирующих нагрузок по времени  $\tau$  на  $k$  равных временных отрезков  $\Delta_\tau$  дает результирующий вид системы уравнений для определения компенсирующих нагрузок, решение которой методом Гаусса с предварительным взятием входящих в нее интегралов методом средних прямоугольников дает  $k$ -е значение амплитуд компенсирующих нагрузок в  $k\Delta_\tau$  моменте времени с учетом найденных значений амплитуд компенсирующих нагрузок, полученных на всех предыдущих временных интервалах.

Функция нормальных перемещений для цилиндрической оболочки с двумя последовательно локальных шарнирных опор в окружном направлении имеет вид

$$w(z, \alpha, \tau) \approx \int_0^\tau G_w(z, \alpha, \tau - t)p(t)dt + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \left[ q_{ui}^j \int_{(j-1)\Delta_\tau}^{j\Delta_\tau} G_w(z - a_u, \alpha - c_i, k\Delta_\tau - t)dt + f_{ui}^j \int_{(j-1)\Delta_\tau}^{j\Delta_\tau} G_w(z - b_u, \alpha - c_i, k\Delta_\tau - t)dt \right], \quad u=1,2, \quad \Delta_\tau = \frac{\tau}{k}. \quad (1)$$

Выбор параметра дискретизации по времени  $k$  осуществляется на основе анализа сходимости функции нестационарных нормальных перемещений по непрерывной норме с заданной точностью.

Для численного исследования нестационарного перемещения рассмотрена анизотропная оболочка толщиной  $h = 0,01$  м, радиусом  $R = 0,5$  м, и имеющая 6 локальных шарниров в координатах  $z = -3$ ,  $z = 3$  с шагом по углу 120 градусов при действии сосредоточенной нестационарной нагрузки с амплитудой, меняющейся по закону  $p(\tau) = -50\sin(\tau)e^{-2\tau}$ . Материал оболочки – углепластик, имеющий следующий тензор упругих постоянных (упругие постоянные в ГПа) [5]:

$$C = \begin{pmatrix} 95,5 & 28,9 & 4,03 & 0 & 0 & 44,7 \\ 28,9 & 25,9 & 4,65 & 0 & 0 & 15,6 \\ 4,03 & 4,65 & 16,3 & 0 & 0 & 0,54 \\ 0 & 0 & 0 & 4,4 & -1,78 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1,78 & 6,45 & 0 \\ 44,7 & 15,6 & 0,54 & 0 & 0 & 32,7 \end{pmatrix}.$$



На рисунке 1 представлены зависимости безразмерного нормального перемещения цилиндрической оболочки вдоль оси  $z$  при  $\alpha = 0$ , в момент времени  $\tau = 2$  при различных параметрах дискретизации по времени  $k$  из (1):

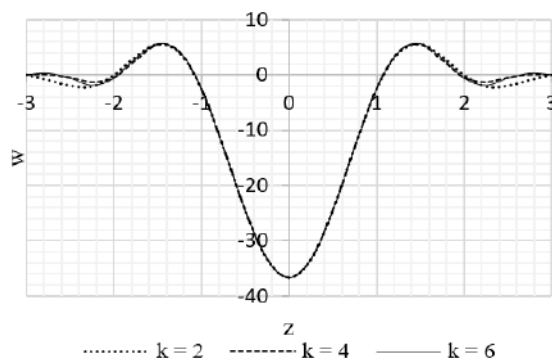


Рисунок 1 – Безразмерный прогиб анизотропной цилиндрической оболочки в момент времени  $\tau = 2$

Из представленных на рисунке 1 результатов видно, что с ростом числа  $k$  наблюдается сходимость функции нормальных перемещений, при этом нормы составили:

$$\left\| w(z, 0, 2) \Big|_{k=2} - w(z, 0, 2) \Big|_{k=4} \right\| = \max_{-3 \leq z \leq 3} \left| w(z, 0, 2) \Big|_{k=2} - w(z, 0, 2) \Big|_{k=4} \right| = 1,45,$$

$$\left\| w(z, 0, 2) \Big|_{k=4} - w(z, 0, 2) \Big|_{k=6} \right\| = \max_{-3 \leq z \leq 3} \left| w(z, 0, 2) \Big|_{k=4} - w(z, 0, 2) \Big|_{k=6} \right| = 0,61.$$

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00217).*

#### Список литературы

- 1 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков. – М. : Физматлит, 2004. – 472 с.
- 2 **Вахтерова, Я. А.** Нестационарная динамика балок и пластин : учеб. пособие / Я. А. Вахтерова, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков. – М. : МАИ, 2021. – 104 с.: ил.
- 3 Метод компенсирующих нагрузок в задачах теории тонких пластинок и оболочек / Э. С. Венцель [и др.]. – Харьков, 1992. – 92 с.
- 4 **Koreneva, E. V.** Method of compensating loads for solving of anisotropic medium problems // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2018. – no 14 (1). – P. 71–77. – URL: <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2018-14-1-71-77>.
- 5 **Игумнов, Л. А.** Гранично-элементное решение краевых задач трехмерной анизотропной теории упругости / Л. А. Игумнов, И. П. Марков, В. А. Пазин // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер.: Механика. – 2013. – № 1 (3). – С. 115–129.

УДК 519.246.8; 656.222.6

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТЕЙ НА ПЕРЕВОЗОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

*Е. В. МАЛОВЕЦКАЯ, А. К. МОЗАЛЕВСКАЯ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Учет колебаний вагонопотоков имеет большое значение при формировании долгосрочных прогнозов изменения объемов грузопотоков, перевозимых железнодорожным транспортом. В транспортной отрасли одной из важных производственных проблем является сезонная неравномерность перевозок. Данная проблема негативно сказывается на работе железнодорожной отрасли [1–3]. Актуальными также (в связи с нахождением большого количества вагонов в собственности частных компаний) остаются вопросы транзитности вагонопотоков. Всё это требует введения новых инновационных методов прогнозирования, особенно в управленческом аппарате, с возможностью построения прогноза на период года, месяца, суток и т. д. [4]. При этом необходимо уменьшить влияние человеческого фактора на точность принятия управленческих решений. Процесс приема и сдачи вагонопотоков и поездопотоков по пунктам стыкования железных дорог по своей сути является

временной последовательностью по возрастанию моментов сдачи груженых вагонов. При рассмотрении данного процесса с таких позиций он будет являться точечным.

В предлагаемом докладе рассматривается использование временных рядов для оценки колебаний вагонопотоков.

Особый интерес представляют железнодорожные стыковые пункты, расположенные в границах Восточного полигона, самого передового на сети дорог РФ и имеющего непосредственные выходы к морским портам Дальнего Востока. В связи с этим были проанализированы данные о вагонопотоках, поступающих на прием и сдачу на междорожные стыковые пункты на Дальневосточной ж. д. – стык Архара Забайкальской ж. д. – стык Петровский завод Восточно-Сибирской ж. д. – стык Тайшет Красноярской ж. д. – стык Мариинск. Были получены временные ряды колебания вагонопотоков по каждому стыковому пункту.

Для правильного выбора модели прогноза необходимо провести исследование временных рядов и установить, какими именно являются исследуемые ряды: стационарными или с содержанием стохастического тренда.

Для оценки изменения объёмов вагонопотоков, поступающих на пункты стыкования дорог полигона, необходимо осуществить проверку гипотез случайности исследуемых временных рядов. Проверка гипотезы случайности рядов опирается на оценку определения отдельных компонент временных рядов, основными из которых могут быть следующие критерии для проверки:

- критерий серий, основанный на медиане;
- критерий «восходящих» и «нисходящих» серий.

В качестве примера рассматривается массив данных абстрактного стыкового пункта, по остальным рядам результаты приведены в таблице 1.

Проверка по критерию серий реализуется в последовательности шагов.

Ранжированный (вариационный)  $(y(1) > y(2) > \dots > y(n))$  ряд, соответствующий данному временному, формируется из исходного ряда  $y_t$  длиной  $n$ .

Таблица 1 – Ранжированный вариационный ряд

$t$	$x$	$t$	$x$	$t$	$x$	$t$	$x$
1	1376	19	1486	37	1519	55	1625
2	1410	20	1486	38	1519	56	1629
3	1423	21	1490	39	1521	57	1635
4	1423	22	1490	40	1530	58	1638
5	1430	23	1493	41	1541	59	1643
6	1445	24	1493	42	1543	60	1653
7	1448	25	1493	43	1548	61	1662
8	1450	26	1493	44	1550	62	1677
9	1450	27	1493	45	1555	63	1678
10	1452	28	1497	46	1558	64	1681
11	1459	29	1502	47	1562	65	1702
12	1460	30	1506	48	1565	66	1702
13	1467	31	1508	49	1570	67	1703
14	1472	32	1516	50	1595	68	1706
15	1481	33	1519	51	1600	69	1713
16	1481	34	1519	52	1616	70	1723
17	1481	35	1519	53	1620	71	1728
18	1486	36	1519	54	1622	72	1784

Так как количество элементов ряда  $n = 72$  (чётно), медиану можно определить

$$Me = \left( \frac{y_n}{2} + \frac{y_n}{2} + 1 \right). \quad (1)$$

Этому номеру соответствует значение ряда 1519, следовательно, медиана  $Me = 1519$ . Сравнивая значения исходного ряда  $y_t$ ,  $t = \overline{1, n}$  с медианой  $Me$ , составим последовательность  $\delta_t$ , по формуле

$$\delta_t = \begin{cases} +, & \text{если } y_t > Me \\ 0, & \text{если } y_t = Me, t = \overline{1, n} \\ -, & \text{если } y_t < Me \end{cases} \quad (2)$$

Формирование математической модели для оценки динамики временных рядов вагонопотоков, обрабатываемых на стыковых пунктах железных дорог, и прогнозирование изменения их значений невозможны без определения класса рядов. В ходе проведения статистической проверки гипотез о случайности временных рядов вагонопотоков, поступающих по пунктам стыкования дорог полигона, было определено, что данные временные ряды являются нестационарными и содержат стохастический тренд, который удаляется поэтапным дифференцированием временного ряда. Результаты исследования будут использованы для дальнейшего построения модели прогноза поступления вагонопотоков по пунктам стыкования железных дорог РФ.

#### Список литературы

- 1 Изменение работы тягового подвижного состава на участках железных дорог Восточного полигона / А. А. Власенский [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 154–161. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).154-161.
- 2 Козловский, А. П. Влияние изменения технологии управления тяговыми ресурсами Восточного полигона на эксплуатационную работу / А. П. Козловский, Г. И. Суханов, А. В. Супруновский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 2 (62). – С. 234–241. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).234-241.
- 3 Моделирование крупнейшей в мире железнодорожной сортировочной станции с использованием теории массового обслуживания / М. Л. Жарков [и др.] // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (51). – С. 4–14. – DOI: 10.20291/2079-0392-2021-3-4-14.
- 4 Супруновский, А. В. К вопросу о построении имитационных моделей перевозочных процессов в программной среде ANYLOGIC / А. В. Супруновский, Р. С. Большаков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 31–35. – DOI: 10.36724/2072-8735-2022-16-3-31-35.

УДК 539.3

### МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРЁХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ СТУПЕНЧАТО-ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ ВОСПРИЯТИИ МНОГОКРАТНО-ПОВТОРНОЙ НАГРУЗКИ

*М. В. МАРКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Трёхслойный элемент конструкций обладает явными преимуществами над однослойным. Пакет из разнородных сопряжённых материалов позволяет достичь равной с однослойным элементом деформативности одновременно со значительным снижением общего веса конструкции. Кроме того, за счёт определённых физических характеристик материала, закладываемого в качестве связующего заполнителя, трёхслойный элемент дополнительно наделяется функционально требуемыми параметрами, такими как теплопроводность, звукопроницаемость, электропроводность и т. д.

На сегодняшний день исследованию работы трёхслойных пакетов под действующей внешней нагрузкой посвящена не одна тысяча публикаций, что обусловлено существованием различных подходов к моделированию деформирования таких элементов и методов расчёта поставленных задач. Метод улучшения работы трёхслойного элемента, основанный на локальном утолщении в наиболее напряжённых местах, предложен в работах [1–6]. Колебания гладких трёхслойных пластин на упругом основании исследованы в [7]. Здесь будет описана пластина со ступенчатым изменением толщины наружных облицовочных слоёв и постоянной толщиной срединного заполнителя.

Пластина имеет круглую форму и рассматривается в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ . Толщина внешних слоёв задаётся с помощью кусочно-непрерывной функции Хевисайда [8]:  $h_1(r) = h_{1(I)} + (h_{1(II)} - h_{1(I)}) \cdot H_0(r - R_1)$ ;  $h_2(r) = h_{2(I)} + (h_{2(II)} - h_{2(I)}) \cdot H_0(r - R_1)$ , где I и II – нумерация участков различной толщины;  $R_1$  – радиус центрального участка I. Толщина срединного заполнителя –  $h_3 = 2c$ , где  $c$  – расстояние от зоны склейки слоёв до срединной плоскости заполнителя, к которой привязана система координат. К пластине приложена внешняя нагрузка  $q = q_{(I,II)}(r, t)$ . В результате чего пластина деформируется, в ней возникает прогиб  $w(r, t)$ , относительный сдвиг в заполнителе  $\psi(r, t)$  и радиальное перемещение координатной поверхности  $u(r, t)$ . Модель деформирования трёхслойного пакета принята в соответствии с гипотезой «ломаной линии»: для тонких внешних слоёв

приняты гипотезы Кирхгофа [9], для относительно толстого срединного заполнителя – гипотеза Тимошенко [10]. Заполнитель считается несжимаемым. Относительное проскальзывание между слоями отсутствует.

На основе вариационного принципа Гамильтона [11] в работе [12] была получена система дифференциальных уравнений движения рассматриваемой пластины:

$$\begin{aligned} \Delta \Delta w_{(I,II)} + D_{(I,II)} m_{(I,II)} \Delta \ddot{w}_{(I,II)} + D_{(I,II)} M_{(I,II)} \ddot{w}_{(I,II)} &= D_{(I,II)} q_{(I,II)}, \\ u_{(I,II)} &= b_{1(I,II)} w_{(I,II),r} + r C_{1(I,II)} + \frac{C_{2(I,II)}}{r} - \frac{m_{1(I,II)}}{r} \int r \ddot{w}_{(I,II)} dr, \\ \Psi_{(I,II)} &= b_{2(I,II)} w_{(I,II),r} + r C_{3(I,II)} + \frac{C_{4(I,II)}}{r} - \frac{m_{2(I,II)}}{r} \int r \ddot{w}_{(I,II)} dr, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\Delta$  – оператор Лапласа;  $D_{(i)}$ ,  $m_{k(i)}$ ,  $M_{1(i)}$ ,  $b_{k(i)}$  – коэффициенты, зависящие от плотности, упругих свойств материалов и толщины слоёв на каждом  $i$ -м участке пластины с постоянной толщиной;  $C_{k(i)}$  – константы интегрирования, определяемые из граничных условий в точках  $r=0$ ,  $r=R_1$  и  $r=R_2$ .

Решение системы (1) было построено делением искомых перемещений на квазистатические ( $w_s$ ,  $u_s$ ,  $\Psi_s$ ) и динамические ( $w_d$ ,  $u_d$ ,  $\Psi_d$ ) составляющие [13]:

$$w_{(I,II)} = w_{s(I,II)} + w_{d(I,II)}, \quad u_{(I,II)} = u_{s(I,II)} + u_{d(I,II)}, \quad \Psi_{(I,II)} = \Psi_{s(I,II)} + \Psi_{d(I,II)}.$$

Внешняя многократно-повторная нагрузка, воспринимаемая пластиной, представляет собой ритмичную последовательность ударов равной интенсивности. Данную последовательность повторяющихся процессов можно представить в виде циклов, продолжительностью  $\tau$ , каждый из которых в свою очередь состоит из двух временных участков.

На первом временном участке к пластине приложена внешняя нагрузка  $q$ , действующая в течение времени  $t = \tau_q$ . Второй временной участок отсчитывается от момента снятия внешнего воздействия и представляет собой свободные колебания с начальными условиями, соответствующими вынужденным колебаниям предыдущего временного участка в момент времени  $t = \tau_q$ . С учётом представленного деления временной оси внешнего воздействия, общее решение для функции прогиба, возникающего в пластине, будет иметь вид:

$$\begin{aligned} w(r, t) &= w_s(r, t) + w_{d(1)}^q(r, t) + \left( w_{d(1)}^0(r, [t - \tau_q]) - w_s(r, t) - w_{d(1)}^q(r, t) \right) \cdot H_0(t - \tau_q) + \\ &+ \sum_{m=0}^{N-1} \left[ \left( w_s(r, t) + w_{d(m+1)}^q(r, [t - m\tau]) + \left( w_{d(m+1)}^0(r, [t - m\tau - \tau_q]) - \right. \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - w_s(r, t) - w_{d(m+1)}^q(r, [t - m\tau]) \right) \cdot H_0(t - m\tau - \tau_q) \right] - \\ &- \left[ w_s(r, t) + w_{d(m)}^q(r, [t - (m-1)\tau]) + \left( w_{d(m)}^0(r, [t - (m-1)\tau - \tau_q]) - w_s(r, t) - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - w_{d(m)}^q(r, [t - (m-1)\tau]) \right) \cdot H_0(t - (m-1)\tau - \tau_q) \right] \cdot H_0(t - m\tau), \end{aligned}$$

где  $m$  – количество циклов ударного воздействия.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № T22M-072).*

#### Список литературы

- 1 Деформирование ступенчатой композитной балки в температурном поле / Э. И. Старовойтов [и др.] // Инженерно-физический журнал. – 2015. – Т. 88, № 4. – С. 987–993.
- 2 **Nguyen, С. Н.** Enhanced static response of sandwich panels with honeycomb cores through the use of stepped facings / С. Н. Nguyen, К. Chandrashekhara, V. Birman // Journal of sandwich structures & materials. – 2011. – No. 2 (13). – P. 237–260.
- 3 **Lal, R.** On radially symmetric vibrations of circular sandwich plates of non-uniform thickness / R. Lal, R. Rani // International journal of mechanical sciences. – 2015. – No. 99. – P. 29–39.
- 4 **Lal, R.** On the radially symmetric vibrations of circular sandwich plates with polar orthotropic facings and isotropic core of quadratically varying thickness by harmonic differential quadrature method / R. Lal, R. Rani // Meccanica. – 2016. – No. 51. – P. 611–634.

- 5 Rani, R. Radially symmetric vibrations of exponentially tapered clamped circular sandwich plate using harmonic differential quadrature method / R. Rani, R. Lal // *Mathematical analysis and its applications*. – 2015. – No. 143. – P. 633–643.
- 6 Lal, R. On the use of differential quadrature method in the study of free axisymmetric vibrations of circular sandwich plates of linearly varying thickness / R. Lal, R. Rani // *Journal of vibration and control*. – 2016. – No. 7 (22). – P. 1729–1748.
- 7 Леоненко, Д. В. Колебания круговых трехслойных пластин на упругом основании Пастернака / Д. В. Леоненко // *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества*. – 2014. – № 1. – С. 59–63.
- 8 Зорич, В. А. Математический анализ. Ч. I / В. А. Зорич. – 6-е изд. доп. – М.: МЦНМО, 2012. – 710 с.
- 9 Bauchau, O. Kirchhoff plate theory / O. Bauchau, J. Craig // *Structural analysis*. – 2009. – No. 163. – P. 819–914.
- 10 Timoshenko, S. On the correction for shear the differential equation for transverse vibrations of the prismatic bars / S. Timoshenko // *Philosophical magazine and journal of science*. – 1921. – No. 41 (245). – P. 744–746.
- 11 Новацкий, В. Теория упругости / В. Новацкий. – М.: Мир, 1975. – 872 с.
- 12 Маркова, М. В. Вынужденные колебания круговой трёхслойной пластины ступенчато-переменной толщины / М. В. Маркова // *Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естественные науки*. – 2022. – № 3 (132). – С. 121–127.
- 13 Тонг, К. Н. Теория механических колебаний / К. Н. Тонг. – М.: Машгиз, 1963. – 351 с.

УДК 621.793

## РЕАКЦИОННЫЙ СИНТЕЗ ЖАРОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОКИСЛЕНИЯ ЖАРОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА

*А. И. МАТУЛЯК, А. Н. АСТАПОВ, И. В. СУКМАНОВ, А. Н. ТАРАСОВА, В. С. ТЕРЕНТЬЕВА  
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Исследование посвящено разработке тонкослойных покрытий [1–3], предназначенных для защиты от высокотемпературного окисления жаропрочных углерод-керамических композиционных материалов (УККМ), перспективных для применения в теплонапряженных конструкциях скоростных маневрирующих летательных аппаратов и возвращаемых космических аппаратов.

Приведены результаты исследований в области реакционного синтеза покрытий на основе  $\text{MoSi}_2$  на поверхности УККМ класса  $\text{C}_f/\text{C}-\text{SiC}$  из порошковых композиций в системах  $\text{Mo}-\text{Si}$  (состав 1) и  $\text{Mo}-\text{Si}-\text{HfB}_2$  (состав 2) при 1500 °С и давлении разрежения 8–9 МПа. Методами рентгеновского фазового анализа (РФА), сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) в структуре синтезированных слоев достоверно установлены фазы [1]:  $\text{MoSi}_2$  и  $\text{Mo}_{4,8}\text{Si}_3\text{C}_{0,6}$  (состав 1);  $\text{MoSi}_2$ ,  $\text{HfB}_2$ ,  $\text{MoB}$  и  $\text{HfC}$  (состав 2). Предложены механизмы реакционного взаимодействия в исследуемых системах с учетом образования углерода в результате пиролиза связующего в шликерных слоях и диффузии из подложки [2, 3]. Фаза  $\text{MoSi}_2$  образуется в результате диффузионного насыщения молибдена кремнием, в том числе по механизму реакционной диффузии через промежуточные силициды  $\text{Mo}_3\text{Si}$  и  $\text{Mo}_5\text{Si}_3$ . Синтез фазы Новотного  $\text{Mo}_{4,8}\text{Si}_3\text{C}_{0,6}$  включает науглероживание силицида  $\text{Mo}_5\text{Si}_3$  до предела насыщения, а далее его разложение на термодинамически стабильные фазы  $\text{Mo}_{4,8}\text{Si}_3\text{C}_{0,6}$  и  $\text{Mo}_2\text{C}$ . Установлено, что в присутствии  $\text{HfB}_2$  в реакционной системе  $\text{Mo}-\text{Si}-\text{C}$  не происходит образование фазы Новотного, а имеет место синтез фаз  $\text{MoB}$  и  $\text{HfC}$ . Показано, что это возможно в условиях одновременного испарения кремния и науглероживания реакционной массы. При этом состав продуктов синтеза обусловлен реализацией наибольшей разницы в электроотрицательности между гафнием и углеродом, с одной стороны, молибденом и бором – с другой, что определяет максимальное снижение внутренней энергии системы. Выводы подтверждены термодинамическими расчетами.

Приведены результаты исследований в области реакционного синтеза покрытий на основе  $\text{MoSi}_2$  на поверхности УККМ класса  $\text{C}_f/\text{C}-\text{SiC}$  из порошковой композиции в системе  $\text{Mo}-\text{HfSi}_2-\text{SiB}_4$  при 1620 °С и остаточном давлении  $\text{Ag} \sim 1$  Па. Методами РФА, СЭМ и ЭДС в структуре синтезированного слоя достоверно установлены фазы:  $\text{MoSi}_2$ ,  $\text{MoB}$ ,  $\text{HfB}_2$  и  $\text{HfB}$ . Механизм взаимодействия предположительно включает разложение  $\text{SiB}_4$  на  $\text{SiB}_6$  и  $\text{Si}$ , диффузионное насыщение молибдена кремнием в условиях его частичного испарения, плавление  $\text{HfSi}_2$  с образованием расплава ( $3\text{Si} + \text{Hf}$ ) и фазы  $\text{HfSi}$ , растворение  $\text{SiB}_6$  и  $\text{HfSi}$  в расплаве с одновременным химическим взаимодействием между  $\text{Hf}$  и  $\text{B}$ , с одной стороны, и  $\text{Mo}$  и  $\text{B}$  – с другой.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01476, <https://rscf.ru/project/22-29-01476/>.*

## Список литературы

1 Синтез *in situ* матриц жаропрочных композиционных материалов и жаростойких защитных покрытий / А. Н. Астапов [и др.] // *Авиация и космонавтика* : тез. докладов 20-й Междунар. конф., Москва, 22–26 ноября 2021 г. – М. : Перо, 2021. – С. 475–476.

2 Матуляк, А. И. Получение покрытий на основе  $\text{MoSi}_2$  методом реакционного синтеза *in situ* на УККМ // *Гагаринские чтения – 2022* : сб. тезисов работ XLVIII Междунар. молодежной науч. конф. Москва, 12–15 апреля 2022 г. – М. : Перо, 2022. – С. 535–536.

3 Астапов, А. Н. Получение покрытий на основе  $\text{MoSi}_2$  методом реакционного синтеза / А. Н. Астапов, А. И. Матуляк // *Электromеталлургия*. – 2022. – № 8. – С. 20–32. – DOI: 10.31044/1684-5781-2022-0-8-20-32.

УДК 539.3

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ СТЕКЛОСОТОПЛАСТА ПРИ НАЛИЧИИ ДЕФЕКТОВ ПОД ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

*А. Л. МЕДВЕДСКИЙ*

*Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н. Е. Жуковского,  
г. Жуковский, Российская федерация*

*М. И. МАРТИРОСОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская федерация*

*Д. В. ДЕДОВА*

*ПАО «Корпорация "Иркут"», г. Москва, Российская федерация*

Трехслойные панели с сотовым наполнителем широко применяются в различных отраслях современной промышленности, например, в гражданском авиастроении из них изготавливают носовые и хвостовые панели килей и стабилизатора, элероны, рули высоты и направления, форкиль, обтекатель крыла – фюзеляж, носовой обтекатель фюзеляжа (кок), панели мотогондолы, эксплуатационные люки, панели пола и интерьера салона, створку основной опоры шасси (крыльцевую), створки передней опоры шасси и т. д. Такое практическое распространение сотовых панелей связано с рядом преимуществ: большой удельной прочностью, высокой жесткостью и устойчивостью при продольном сжатии, высокими характеристиками усталостной прочности, повышенными тепло- и звукоизоляционными свойствами, высокой технологичностью.

Сотовые панели представляют собой пространственную конструкцию, состоящую из двух тонких прочных облицовочных пластин (обшивок) и толстой легкой сердцевины – наполнителя, разделяющего обшивку и обеспечивающего их устойчивость.

В работе рассматривается плоская трехслойная панель прямоугольной формы заданных геометрических размеров с сотовым наполнителем. Обшивки панели состоят из двух монослоев, выполненных из клеевого препрега КМКС-2м.120.Т10 (стеклоткань Т-10-80 и клеевая композиция). Укладка монослоев смешанная и имеет следующий вид:  $[+45^\circ/90^\circ]$ .

Как известно, стекло- и углепластики на основе клеевых препрегов по сравнению с аналогичными традиционными композитами имеют повышенную трещиностойкость, прочность при межслоевом сдвиге, усталостную и длительную прочность. Все необходимые физико-механические характеристики клеевого препрега – паспортные от производителя материала.

Сотовый наполнитель выполнен из стеклосотопласта ССП-1-2,5 (гексагональная форма сотовой ячейки со стороной 2,5 мм) отечественного производства. Стеклосотопласт марок ССП-1 изготавливается из электроизоляционной ткани ЭЗ-100П (ЭЗ/1-100П, Э1/1-100, Э1/1-100П), бакелитового лака ЛБС-1 и клея БФ-2. Форма сот обеспечивает достаточно высокие показатели прочности и устойчивости конструкции в целом и имеют сравнительно простую технологию изготовления. Стенки сот расположены перпендикулярно несущим слоям, поэтому наполнитель не воспринимает нагрузку от обшивки и вследствие этого не выпучивается при возрастании нагрузки. Необходимые для расчета физико-механические характеристики наполнителя известны от производителя, высота сотового наполнителя задана. В таблице 1 приведены физико-механические характеристики и эксплуатационные свойства стеклосотопластов марки ССП-1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики и эксплуатационные свойства сотовластов марки ССП-1

Характеристики	Показатели
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	65–110
Предел прочности при сжатии (без обшивок), МПа	3,0–3,5
Предел прочности при растяжении, МПа	5,0–6,0
Предел прочности при сдвиге в направлении параллельном плоскости склейки элементов ячеек, МПа	1,8–2,5
Предел прочности при сдвиге перпендикулярном плоскости склейки элементов ячеек, МПа	1,3–2,0
Модуль упругости при сдвиге в направлении параллельном плоскости склейки элементов ячеек, МПа	93,0–130,0
Модуль упругости при сдвиге в направлении перпендикулярном плоскости склейки элементов ячеек, МПа	52,0–80,0
Температура эксплуатации, °С	От –60 до +160
Водопоглощение, %	2,0–2,2
Горючесть	Трудногоряемые
Химическая стойкость	Стойкие к действию спирта, ацетона, авиационного топлива и масел
Методы механической обработки	Любые, применяемые для обработки металлов

В результате причин различного характера, связанных с производством, технологией и эксплуатацией, в трехслойных панелях могут возникать дефекты (повреждения), которые оказывают влияние на прочность и несущую способность конструкции в целом.

В рассматриваемой задаче принимается, что в центре панели присутствуют дефекты эллиптической формы (геометрия осей задана). Это межслоевые дефекты типа расслоений. Расслоение – это нарушение адгезионной связи, вызванное механическими воздействиями ударного характера или внутренними напряжениями, например, после формования. Первый дефект расположен между монослоями верхней обшивки, второй – между верхней обшивкой и сотовым наполнителем. Дефекты расположены один под другим (центры эллипсов).

Рассматривается поведение изучаемой панели под действием нагрузки ударного характера при наличии и отсутствии дефектов (в сравнении).

Задача решалась численно. Использовался метод конечных элементов (МКЭ). Создание конечно-элементной модели (КЭМ) панели осуществлялось в программном комплексе Simcenter Femap. Каждый монослой обшивок трехслойной панели моделировался отдельным набором объемных конечных элементов (КЭ). Сотовый наполнитель моделировался отдельным набором оболочечных КЭ. Соединение сотового наполнителя со слоями обшивок осуществлялось при помощи клеявого контакта «TIED\_SHELL\_EDGE\_TO\_SOLID\_OFFSET», склеивание слоев обшивок между собой – с помощью контакта «AUTOMATIC\_SURFACE\_TO\_SURFACE\_TIEBREAK». Взаимодействие зоны дефекта между обшивкой и сотовым наполнителем моделировалось с помощью контакта «AUTOMATIC\_NODES\_TO\_SURFACE», зоны дефекта между слоями обшивки – «AUTOMATIC\_SURFACE\_TO\_SURFACE».

В качестве нагрузки на панель рассматривалось ударное воздействие абсолютно жесткого бойка с полусферическим наконечником. Диаметр, материал (металл) и скорость бойка заданы. Удар направлен перпендикулярно плоскости панели в центр дефектов. Граничные условия – жесткое защемление коротких торцов панели.

В результате проведенного исследования определяется распределение полей напряжений и деформаций в слоях обшивок в различные моменты времени. На основе полей напряжений и деформаций анализируется распределение индексов разрушений по различным критериям разрушения для полимерных композиционных материалов. Расчет проведен по критериям разрушения Hoffman, DeAlia, Puppo-Evensen, Puck, Hashin, LaRC (Langley Research Center). Считается, что разрушение наступает при индексе разрушения, равном единице. Если индекс разрушения, меньше единицы, то разрушения не происходит, запас прочности в этом случае обеспечивается. Представлено изменение прогибов в панели с дефектами и без дефектов в зависимости от времени. Показано изменение кинетической энергии бойка в зависимости от времени в панели с дефектами и без таковых.

Аналогичные расчеты проведены и для трехслойной панели с сотовым наполнителем из стекло-сотовласта ССП-1-3,5 и ССП-1-4,2 (гексагональная форма сотовой ячейки со стороной 3,5 мм и 4,2 мм соответственно), а также для зарубежного аналога фирмы Hexcel Composites (США).

## ПОВЕДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА С МНОЖЕСТВЕННЫМИ МЕЖСЛОЕВЫМИ ДЕФЕКТАМИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

*А. Л. МЕДВЕДСКИЙ*

*Центральный аэрогидродинамический институт им проф. Н. Е. Жуковского,  
г. Жуковский, Российская Федерация*

*М. И. МАРТИРОСОВ, А. В. ХОМЧЕНКО*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская федерация*

В настоящее время всё большее значение приобретают элементы конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые обладают рядом преимуществ: высокой удельной жёсткостью и прочностью, низкой удельной массой, высокой износостойкостью и сопротивлением усталости, а также возможностью создания уникальных механических свойств в зависимости от требований, предъявляемых к готовому изделию и т. д. При вышеперечисленных достоинствах изделия из ПКМ имеют также и недостатки, к которым относится их чувствительность к повреждениям. Под повреждением будем понимать отклонение изделия от нормы, вызванное производством или эксплуатацией. В авиации выделено пять категорий повреждений изделий из ПКМ в зависимости от требуемого уровня сохранения остаточной прочности, контролепригодности, интервала между осмотрами, условий появления повреждения, а также от того, является ли очевидным само событие, вызывающее повреждение.

В работе рассматривается поведение следующих тонкостенных элементов конструкций, изготовленных из многослойных углепластиков, имеющих межслоевые дефекты.

1 Цилиндрическая оболочка, имеющая продольный и поперечный подкрепляющий набор. Подкреплённая оболочка характеризуется радиусом  $R$ , длиной  $L$ , толщиной обшивки  $t$ , шагом поперечного набора  $H_1$ , шагом продольного набора  $H_2$  (рисунок 1).

2 Цилиндрическая панель, подкреплённая продольным набором.

3 Подкреплённая прямоугольная пластина.

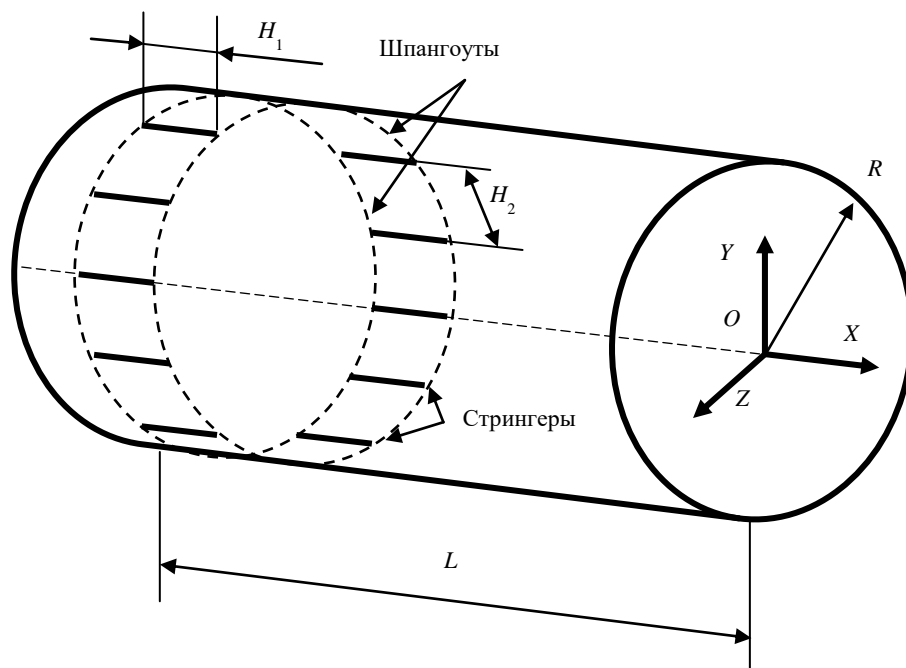


Рисунок 1 – Подкреплённая цилиндрическая оболочка



Предполагается, что подкрепляющие элементы (стрингеры, шпангоуты) также могут быть изготовлены из ПКМ. Свойства материала монослоёв обшивки и подкрепляющих элементов соответствуют ортотропному материалу. В частных случаях вышеуказанные объекты рассмотрены без подкреплений.

В работе рассматриваются межслоевые дефекты произвольной формы, границы которых аппроксимируются набором прямых. В частных случаях исследуются дефекты круговой, эллиптической и прямоугольной формы. Дефекты могут располагаться как между слоями обшивки оболочки или панели, так и между стрингером или обшивкой.

Элементы конструкций изготовлены с применением препрегов HexPly M21/34%/UD194/IMA (углелента) и HexPly M21/40%/285T2/AS4C (углеткань) и эпоксидного связующего, предназначенных для производства углепластиковых изделий по автоклавной технологии. Физико-механические характеристики монослоя известны и получены производителем препрега экспериментально по существующим стандартам (американским ASTM и европейским EN).

Для изучения поведения элементов конструкций при наличии межслоевых повреждений используется следующий алгоритм:

- а) моделирование каждого монослоя композитного пакета (КП) отдельным набором конечных элементов (КЭ);
- б) соединение слоёв КЭ с помощью клеявого контакта, за исключением зон, где располагаются дефекты (в зонах дефектов учитывается односторонний контакт);
- в) задание соответствующих свойств материала и схем укладки, приложения нагрузки и граничных условий к модели;
- г) проведение расчётов и получение результатов (в программном комплексе LS-DYNA);
- д) определение наиболее нагруженного слоя, вычисление индексов разрушения и коэффициентов запаса прочности для исследуемой области в различные моменты времени;
- е) определение динамики развития дефектов.

Методика реализована в программном комплексе, разработанном на языке Visual Basic. Программный комплекс предполагает создание послойной конечно-элементной модели (КЭМ) с возможностью выбора типа элемента конструкции (пластина, панель, оболочка), задания её геометрических параметров (габаритные размеры, шаг и форма поперечного сечения подкрепляющих элементов), выбор формы, размеров и расположения дефектов, задание свойств клеявого контакта между слоями, а также задание свойств монослоя и схемы укладки КП.

В качестве внешних нагрузок рассматривается действие взрывной волны сферической формы и ударное воздействие (с использованием ударников различной формы).

В качестве ударников (импакторов) в работе рассматриваются:

- а) абсолютно жёсткий полусферический ударник;
- б) резиноподобные множественные параллелепипеды (имитация соударения конструкции с фрагментом разорвавшейся шины из армированной резины колеса шасси самолёта при его движении по взлётно-посадочной полосе аэродрома);
- в) град шарообразной формы.

В результате решения определяются поля перемещений, напряжений и деформаций в слоях элементов конструкций в различные моменты времени. Вычисляется распределение поля давления, действующего на внешнюю поверхность элементов конструкции при взрывном воздействии, строятся графики зависимости давления от времени в характерных точках. Оценивается влияние повреждений на прочность по критериям разрушения для ПКМ: Hashin, Chang-Chang, Puck, LaRC (Langley Research Center). В случае действия ударной нагрузки определяется изменение площади расслоения между монослоями обшивки и между стрингером и обшивкой.

Разработанная методика позволяет учитывать влияние на прочность множественных дефектов (типа расслоений) произвольной формы и размеров в элементах конструкций из ПКМ и проводить оценку их значимости при действии динамических воздействий различного характера (в том числе ударных). В рамках проведенных исследований разработана программа для автоматизированного создания КЭМ оболочек, панелей, пластин с подкреплениями и без них при наличии дефектов различной формы, размеров и расположения в КП.

## УДАР АБСОЛЮТНО ТВЕРДОГО ТЕЛА ПО ПЛАСТИНЕ ТИПА ТИМОШЕНКО

Е. Ю. МИХАЙЛОВА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

Московский авиационный институт (НИИ),  
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Задачи механики контактных взаимодействий являются одними из основных проблем, подлежащих решению на этапах проектирования и создания самых различных объектов современной техники. Удар может вызвать местные микроразрушения, приводящие к нежелательным последствиям: развитию трещин, коррозионному разрушению. Поэтому исследования данных контактных взаимодействий являются особенно актуальными и важными для авиационной, космической, судостроительной области, а также других отраслей промышленности.

Работа посвящена исследованию нестационарной контактной задачи с подвижной областью взаимодействия об ударе абсолютно твердого тела (ударника) по пластине типа Тимошенко (основание). Контакт между ударником и основанием реализуется в условиях свободного проскальзывания. Вектор начальной скорости, с которой движется абсолютно твердое тело, совпадает с направлением оси  $z$  и ортогонален невозмущенной поверхности основания.

Полагаем, что материал пластины упругий и изотропный, с плотностью  $\rho$  и параметрами Ламе  $\lambda$ ,  $\mu$ . Введем систему безразмерных величин

$$\begin{aligned} x' = \frac{x}{L}, z' = \frac{z}{L}, l' = \frac{l}{L}, \delta' = \frac{\delta}{L}, h' = \frac{h}{L}, \tau = \frac{c_1 t}{L}, w' = \frac{w}{L}, p' = \frac{pL}{\delta \rho c_1^2}, \\ \beta^2 = \frac{12k^2 L^2}{\delta^2}, \gamma^2 = \frac{c_2^2}{c_1^2}, \tilde{\gamma}^2 = k^2 \gamma^2, \alpha^2 = \frac{1}{c_1^2} \frac{\lambda + \mu}{\rho}, b' = \frac{b}{L}, R' = \frac{R}{\delta \rho c_1^2}, m' = \frac{m}{\delta L \rho}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $t$  – время;  $h$  – глубина погружения ударника;  $l$  – расстояние от центра масс до лобовой точки тела;  $\delta$  – толщина пластины;  $L$  – некоторый линейный размер;  $m$  – масса ударника;  $R$  – погонная контактная сила;  $b$  – радиус границы области контакта;  $p$  – контактное давление;  $w$ ,  $c_1$  и  $c_2$  – нормальные перемещения (вдоль оси  $z$ ), скорости распространения волн растяжения-сжатия и сдвига в основании. В дальнейшем везде штрих в обозначении безразмерных величин опускаем.

В постановку задачи входят:

– уравнение движения ударника

$$m \ddot{h}(\tau) = R(\tau), \quad R(\tau) = \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} p dx; \quad (2)$$

– соотношение для определения радиуса пятна контакта

$$b(\tau) = f^{-1}(l - h); \quad (3)$$

– уравнения движения основания [3, 4]

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 w}{\partial \tau^2} = \tilde{\gamma}^2 \left( \frac{\partial \chi}{\partial x} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) + p, \\ \frac{\partial^2 \chi}{\partial \tau^2} = \alpha^2 \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} + \gamma^2 \left( \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} - \beta^2 \left[ \chi + \frac{\partial w}{\partial x} \right] \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\chi$  – компоненты вектора углов отклонения ортогонального к срединной плоскости материального волокна пластины

– граничные условия

$$w(\tau, x) = f(x) + h(\tau) - l, \quad |x| \leq b(\tau), \quad (5)$$

где  $f(x)$  – функция, задающая форму границы абсолютно твердого тела;

– начальные условия

$$h|_{\tau=0} = 0, \quad \dot{h}|_{\tau=0} = V_0. \quad (6)$$

Основное разрешающее уравнение, опирающееся на принцип суперпозиции, имеет вид

$$w(\tau, x) = G(\tau, x) ** p(\tau, x) = \int_0^\tau \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} G(\tau - t, x - \xi) p(\tau, \xi) d\xi dt, \quad (7)$$

где  $G(\tau, x)$  – функция влияния для основания, которая представляет собой нормальные перемещения и является решением краевой задачи с однородными начальными условиями и мгновенным нормальным давлением  $p = \delta(\tau)\delta(x)$ , заданным на поверхности пластины. Для нахождения функции Грина к системе уравнений (4) применяется интегральное преобразование Лапласа [6, 7] по времени  $\tau$  и Фурье [5, 7] по координате  $x$ . В результате получаем изображение  $G^{FL}(q, s)$ . Находим оригинал функции влияния для пластины  $G(\tau, x)$ . Используем вторую теорему разложения для преобразования Лапласа [6], а также метод, основанный на связи интеграла обращения преобразования Фурье с рядом Фурье на переменном интервале, и дающий хорошие результаты в случае, когда уравнения имеют гиперболический тип (4).

Итак, помимо формулы (7) система разрешающих уравнений включает в себя следующие равенства [1, 2]:

$$w(\tau, x) = f(x) + h(\tau) - l, \quad h(\tau) = \int_0^\tau V(t) dt, \quad b(\tau) = f^{-1}(l - h(\tau)), \quad (8)$$
$$mV(\tau) = \int_0^\tau R(t) dt, \quad R(\tau) = \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} p dx.$$

Замыкают формулы (8) начальные условия (6).

Для системы (8) строится дискретный аналог. На пространственно-временную область наносится сетка с постоянным шагом по времени и по координате. Искомым функциям ставятся в соответствие сеточные функции. В численно-аналитическом алгоритме, основанном на методе квадратур, используется явная схема интегрирования.

В результате решения задачи получены графики зависимостей глубины, скорости погружения ударника, радиуса и скорости расширения области контакта от времени; контактного давления и нормальных перемещений от времени и координаты. Построены графики функции Грина  $G(\tau, x)$  в зависимости от координаты  $x$  в фиксированные моменты времени. Также проведен параметрический анализ контактного взаимодействия абсолютно твердого тела и пластины при различных типах материалов основания. В качестве ударника рассмотрены круговой, эллиптический, параболический и гиперболический цилиндры.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 20-08-01099 А).*

#### Список литературы

1 **Mikhailova, E. Yu.** The unsteady contact interaction problem of an absolutely rigid body and a membrane / E. Yu. Mikhailova, G.V. Fedotenkov, D.V. Tarlakovskii // Theoretical, Applied and Experimental Mechanics : Proceedings of the Second International Conference. – 2019. – P. 289–293.

2 **Горшков, А. Г.** Динамические контактные задачи с подвижными границами / А. Г. Горшков, Д. В. Тарлаковский. – М. : Наука. Физматлит, 1995. – 352 с.

3 **Михайлова, Е. Ю.** Упругие пластины и пологие оболочки : учеб. пособие / Е. Ю. Михайлова, Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков. – М. : Изд-во МАИ, 2018. – 92 с.

4 **Вахтерова, Я. А.** Нестационарная динамика балок и пластин : учеб. пособие / Я. А. Вахтерова, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков. – М. : Изд-во МАИ, 2021. – 104 с.

5 **Снеддон, И.** Преобразования Фурье / И. Снеддон. – М. : ИЛ, 1955. – 669 с.

6 **Дёч, Г.** Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования / Г. Дёч. – М. : Наука, 1971. – 288 с.

7 Волны в сплошных средах : учеб. пособие для вузов / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : Физматлит, 2004. – 472 с.

## УДАР АБСОЛЮТНО ТВЕРДОГО ТЕЛА ПО ПОЛУПРОСТРАНСТВУ С ПОКРЫТИЕМ В ВИДЕ УПРУГОГО СЛОЯ.

Е. Ю. МИХАЙЛОВА

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

*Московский авиационный институт (НИИ);  
НИИ механики МГУ имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Исследуется напряжённо-деформированное системы «полупространство- упругий слой» (основание) при ударе по ней абсолютно твердым телом (ударником). Вектор начальной скорости, с которой движется ударник, совпадает с направлением оси  $z$  и ортогонален невозмущённой поверхности основания. Контакт между абсолютно твердым телом и системой «полупространство – упругий слой» происходит в условиях свободного проскальзывания. Взаимодействие между покрытием и полупространством рассматривается в двух вариантах: а) в условиях жесткого сцепления; б) свободного проскальзывания.

Для решения данной задачи все переменные и параметры приводятся к безразмерному виду (штрихи обозначают безразмерные величины):

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x}{L}, \quad z' = \frac{z}{L}, \quad \tau = \frac{c_1^{(c)} t}{L}, \quad \varphi^{(k)} = \frac{\varphi^{(k)}}{L^2}, \quad \psi^{(k)} = \frac{\Psi^{(k)}}{L^2}, \quad h' = \frac{h}{L}, \quad u^{(k)} = \frac{u^{(k)}}{L}, \quad w^{(k)} = \frac{w^{(k)}}{L}, \\ \sigma_{ij}^{(k)} &= \frac{\sigma_{ij}^{(k)}}{\lambda^{(k)} + 2\mu^{(k)}}, \quad \eta^{(k)} = \frac{c_1^{(k)}}{c_2^{(k)}}, \quad \kappa^{(k)} = \frac{\lambda^{(k)}}{\lambda^{(k)} + 2\mu^{(k)}} = 1 - \frac{2}{\eta^{(k)2}} \quad (k = c, p), \\ \delta' &= \frac{\delta}{L}, \quad b' = \frac{b}{L}, \quad R' = \frac{R}{\lambda^{(c)} + 2\mu^{(c)}}, \quad m' = \frac{m}{L\rho^{(c)}}, \quad \gamma_n^{(k)} = \frac{c_1^{(c)}}{c_n^{(k)}} \quad (n = 1, 2), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $t$  – время;  $h$  – глубина погружения ударника;  $\delta$  – толщина слоя;  $L$  – некоторый линейный размер;  $m$  – масса ударника;  $R$  – погонная контактная сила;  $b$  – радиус границы области контакта;  $\rho^{(k)}$ ;  $\varphi^{(k)}$ ,  $\Psi^{(k)}$ ;  $u^{(k)}$ ,  $w^{(k)}$ ;  $c_1^{(k)}$ ,  $c_2^{(k)}$ ;  $\sigma_{ij}^{(k)}$ ;  $\lambda^{(k)}$ ,  $\mu^{(k)}$  – плотность, потенциалы упругих смещений, тангенциальные (вдоль оси  $x$ ) и нормальные (вдоль оси  $z$ ) перемещения, скорости распространения волн растяжения-сжатия и сдвига, компоненты тензора напряжений, параметры Ламе. Здесь верхний индекс  $k = c, p$  обозначает величины, относящиеся к слою и полупространству соответственно. В дальнейшем везде штрих в обозначении безразмерных величин опускаем.

Математическая модель, описывающая нестационарный процесс деформирования основания под действием абсолютно твердого тела, включает в себя:

– уравнения движения упругой среды

$$\gamma_1^{(k)2} \ddot{\varphi}^{(k)} = \Delta \varphi^{(k)}, \quad \gamma_2^{(k)2} \ddot{\Psi}^{(k)} = \Delta \Psi^{(k)}, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}; \quad (2)$$

– соотношения для покрытия, связывающие компоненты вектора перемещений с упругими потенциалами и компоненты тензоров напряжений с перемещениями,

$$u^{(k)} = \frac{\partial \varphi^{(k)}}{\partial x} - \frac{\partial \Psi^{(k)}}{\partial z}, \quad w^{(k)} = \frac{\partial \varphi^{(k)}}{\partial z} + \frac{\partial \Psi^{(k)}}{\partial x}; \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{11}^{(k)} &= \frac{\partial u^{(k)}}{\partial x} + \kappa^{(k)} \frac{\partial w^{(k)}}{\partial z}, \quad \sigma_{33}^{(k)} = \frac{\partial w^{(k)}}{\partial z} + \kappa^{(k)} \frac{\partial u^{(k)}}{\partial x}, \\ \sigma_{22}^{(k)} &= \kappa^{(k)} \left( \frac{\partial u^{(k)}}{\partial x} + \frac{\partial w^{(k)}}{\partial z} \right), \quad \eta^{(k)2} \sigma_{13}^{(k)} = \frac{\partial u^{(k)}}{\partial z} + \frac{\partial w^{(k)}}{\partial x}; \end{aligned} \quad (4)$$

– граничные условия между:

1) покрытием и полупространством:

а) жесткое сцепление

$$u^{(c)}|_{z=-\delta} = u^{(p)}|_{z=-\delta}, \quad w^{(c)}|_{z=-\delta} = w^{(p)}|_{z=-\delta}; \quad (5)$$

б) свободное проскальзывание

$$\sigma_{13}^{(k)}|_{z=-\delta} = 0 \quad (k = c, p), \quad w^{(c)}|_{z=-\delta} = w^{(p)}|_{z=-\delta}; \quad (6)$$

2) ударником и основанием:

$$w^{(c)}(\tau, x) = f(x) + h(\tau) - l, \quad |x| \leq b(\tau), \quad (7)$$

где  $f(x)$  – граница ударника;  $l$  – расстояние от центра масс до лобовой точки ударника

– условия, заключающиеся в отсутствии возмущений в бесконечно удаленной точке,

$$\varphi^{(k)} = O(1), \quad \psi^{(k)} = O(1), \quad z \rightarrow +\infty; \quad (8)$$

– уравнение движения ударника

$$m\ddot{h}(\tau) = R(\tau), \quad R(\tau) = \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} p dx; \quad (9)$$

– соотношение для определения радиуса пятна контакта

$$b(\tau) = f^{-1}(l - h); \quad (10)$$

– начальные условия

$$\varphi^{(k)}|_{\tau=0} = \dot{\varphi}^{(k)}|_{\tau=0} = 0, \quad \psi^{(k)}|_{\tau=0} = \dot{\psi}^{(k)}|_{\tau=0} = 0 \quad k = (c, p), \quad h|_{\tau=0} = 0, \quad \dot{h}|_{\tau=0} = V_0. \quad (11)$$

Для решения задачи строится система функциональных уравнений, имеющая вид

$$w^{(c)}(x, \tau) = G ** p, \quad w^{(c)}(\tau, x) = f(x) + h(\tau) - l, \quad h(\tau) = \int_0^{\tau} V(t) dt, \quad (12)$$

$$b(\tau) = f^{-1}(l - h(\tau)), \quad mV(\tau) = \int_0^{\tau} R(t) dt, \quad R(\tau) = \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} p dx,$$

где  $G$  – функция влияния для системы «полупространство – покрытие», представляющая собой нормальные перемещения верхней поверхности упругого слоя. Так как рассматриваются два условия взаимодействия слоя и полупространства ((5), (6)), то получаются две системы уравнений (12), отличающихся друг от друга функциями влияния для основания.

Функции  $G$  являются решением краевой задачи (2)–(6) с однородными начальными условиями (11) при задании на границе  $z = 0$  мгновенного нормального давления  $p = \delta(\tau)\delta(x)$ . Для нахождения функций влияния применяются преобразования Лапласа по времени и Фурье по координате.

В результате решения задачи получены графики зависимостей контактных напряжений, возникающих между слоем и абсолютно твердым телом, а также нормальные перемещения поверхности системы в зависимости от времени и координаты. В качестве ударника рассмотрены круговой, эллиптический, параболический и гиперболический цилиндры.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 20-08-01099 А).*

#### Список литературы

- 1 Mikhailova, E. Yu. Nonstationary Axisymmetric Problem of the Impact of a Spherical Shell on an Elastic Half-Space (Initial Stage of Interaction) / E.Yu. Mikhailova, G. V. Fedotenkov // Mechanics of Solids. – 2011. – Vol. 46, no. 2. – P. 239–247.
- 2 Михайлова, Е. Ю. Нестационарное деформирование системы «полупространство – мембрана» / Е. Ю. Михайлова, Г. В. Федотенков // Труды МАИ. – 2022. – № 123. – URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=165348>.
- 3 Горшков, А. Г. Динамические контактные задачи с подвижными границами / А. Г. Горшков, Д. В. Тарлаковский. – М. : Наука. Физматлит, 1995. – 352 с.
- 4 Функция влияния для упругого полупространства с покрытием типа мембраны / Е. Ю. Михайлова [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Ч. 2. – С. 259–261.

**УДАР АБСОЛЮТНО ТВЕРДОГО ТЕЛА ПО СИСТЕМЕ  
«ПОЛУПРОСТРАНСТВО – ПЛАСТИНА ТИПА ТИМОШЕНКО»**

*Е. Ю. МИХАЙЛОВА*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

*Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт (НИИ);*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Исследуется процесс ударного воздействия абсолютно твердого тела (ударник) на упругое полупространство (основание) с покрытием в виде пластины типа Тимошенко. Контакт между ударником и покрытием, пластиной типа Тимошенко и основанием происходит в условиях свободного проскальзывания. Вектор начальной скорости абсолютно твердого тела нормален невозмущенной поверхности системы «полупространство – пластина».

Полупространство заполнено изотропной линейно-упругой средой параметрами Ламе  $\lambda^{(o)}$ ,  $\mu^{(o)}$ . Нестационарное деформирование системы «полупространство – пластина типа Тимошенко» рассматривается в прямоугольной декартовой системе координат  $Oxz$ . Ось  $z$  направлена вглубь основания,  $x$  – в плоскости  $z = 0$ , которая совпадает с невозмущенной поверхностью пластины.

Постановка задачи включает в себя:

– уравнение движения основания и покрытия

$$\Delta\varphi = \gamma_1^2 \ddot{\varphi}, \quad \Delta\psi = \gamma_2^2 \ddot{\psi}, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 w^{(p)}}{\partial \tau^2} = \alpha^2 \left( \frac{\partial \chi}{\partial x} + \frac{\partial^2 w^{(p)}}{\partial x^2} \right) + p + \sigma_{330}^*, \quad \sigma_{330}^* = \tilde{\beta} \sigma_{330}, \quad \sigma_{330} = \sigma_{33} \Big|_{z=0}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \chi}{\partial \tau^2} = \tilde{\alpha}^2 \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} + \tilde{\gamma}_2^2 \left( \frac{\partial^2 \chi}{\partial x^2} - \beta^2 \left[ \chi + \frac{\partial w^{(p)}}{\partial x} \right] \right);$$

– соотношения, связывающие компоненты вектора перемещений с упругими потенциалами и компоненты тензоров напряжений с перемещениями

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad w^{(o)} = \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{\partial \psi}{\partial x}; \quad (3)$$

$$\sigma_{11} = \frac{\partial u}{\partial x} + \kappa \frac{\partial w^{(o)}}{\partial z}, \quad \sigma_{33} = \frac{\partial w^{(o)}}{\partial z} + \kappa \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \sigma_{22} = \kappa \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w^{(o)}}{\partial z} \right), \quad \eta^2 \sigma_{13} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w^{(o)}}{\partial x}; \quad (4)$$

– уравнение движения ударника

$$m\ddot{h}(\tau) = R(\tau), \quad R(\tau) = \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} p dx; \quad (5)$$

– соотношение для определения радиуса области контакта

$$b(\tau) = f^{-1}(l - h); \quad (6)$$

– граничные условия между

- пластиной и полупространством

$$\sigma_{13} \Big|_{z=0} = 0, \quad w^{(p)} \Big|_{z=0} = w^{(o)} \Big|_{z=0}; \quad (7)$$

- ударником и покрытием

$$w^{(p)}(\tau, x) = f(x) + h(\tau) - l, \quad |x| \leq b(\tau); \quad (8)$$

– условия, заключающиеся в ограниченности упругих потенциалов в бесконечно удаленной точке

$$\varphi^{(k)} = O(1), \quad \psi^{(k)} = O(1), \quad z \rightarrow +\infty; \quad (9)$$

– начальные условия

$$\Phi|_{\tau=0} = \dot{\Phi}|_{\tau=0} = 0, \Psi|_{\tau=0} = \dot{\Psi}|_{\tau=0} = 0, h|_{\tau=0} = 0, \dot{h}|_{\tau=0} = V_0, \chi|_{\tau=0} = w^{(p)}|_{\tau=0} = 0. \quad (10)$$

Для решения задачи все переменные и параметры приводятся к безразмерному виду (штрих соответствует безразмерным величинам):

$$\begin{aligned} x' &= \frac{x}{L}, z' = \frac{z}{L}, l' = \frac{l}{L}, \delta' = \frac{\delta}{L}, h' = \frac{h}{L}, \tau = \frac{c_1^{(o)} t}{L}, u' = \frac{u}{L}, w^{(n)'} = \frac{w^{(n)}}{L} \quad (n = o, p), \phi' = \frac{\phi}{L^2}, \tilde{\beta} = \frac{L\rho^{(o)}}{\delta\rho^{(p)}}, \\ \Psi' &= \frac{\Psi}{L^2}, \sigma'_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\lambda^{(o)} + 2\mu^{(o)}}, p' = \frac{pL}{\delta\rho^{(p)} c_1^{(o)2}}, \beta^2 = \frac{12k^2 L^2}{\delta^2}, \alpha^2 = k^2 \tilde{\gamma}_2^{(p)2}, \tilde{\alpha}^2 = \frac{1}{c_1^{(o)2}} \frac{\lambda^{(p)} + \mu^{(p)}}{\rho^{(p)}}, b' = \frac{b}{L}, \quad (11) \\ \tilde{\gamma}_m^2 &= \frac{c_m^{(p)2}}{c_1^{(o)2}}, \gamma_m^2 = \frac{c_1^{(o)2}}{c_m^{(o)2}} \quad (m = 1, 2), \eta = \frac{c_1^{(o)}}{c_2^{(o)}}, \kappa = \frac{\lambda^{(o)}}{\lambda^{(o)} + 2\mu^{(o)}}, R' = \frac{R}{\delta\rho^{(p)} c_1^{(o)2}}, m' = \frac{m}{\delta L\rho^{(p)}}, \end{aligned}$$

где  $t$  – время;  $h$  – глубина погружения ударника;  $l$  – расстояние от центра масс до лобовой точки тела;  $\delta$  – толщина пластины;  $L$  – некоторый линейный размер;  $m$  – масса ударника;  $R$  – погонная контактная сила;  $b$  – радиус границы области контакта;  $\rho^{(n)}$ ;  $\phi$ ;  $\Psi$ ;  $u$ ;  $w^{(n)}$ ;  $c_1^{(n)}$ ,  $c_2^{(n)}$ ;  $\sigma_{ij}$ ;  $\lambda^{(n)}$ ,  $\mu^{(n)}$  – плотность, потенциалы упругих смещений, тангенциальные (вдоль оси  $x$ ) и нормальные (вдоль оси  $z$ ) перемещения, скорости распространения волн растяжения-сжатия и сдвига, компоненты тензора напряжений, параметры Ламе. Здесь верхний индекс  $n = p, o$  обозначает величины, относящиеся к покрытию и полупространству соответственно. В дальнейшем везде штрих в обозначении безразмерных величин опускаем.

Соответствующую систему уравнений для решения задачи запишем в следующем виде

$$\begin{aligned} G^{(o)} ** \sigma_{330} - \tilde{\beta} \cdot G^{(p)} ** \sigma_{330} = G^{(p)} ** p, G^{(p)} ** p = \tilde{w}^{(p)}, \tilde{w}^{(p)}(\tau, x) = f(x) + h(\tau) - l, \\ h(\tau) = \int_0^\tau V(t) dt, b(\tau) = f^{-1}(l - h(\tau)), mV(\tau) = \int_0^\tau R(t) dt, R(\tau) = \int_{-b(\tau)}^{b(\tau)} p dx. \quad (12) \end{aligned}$$

Первое (основное) уравнение формулы (12) вытекает из равенства нормальных перемещений полупространства и пластины (7) и базируется на принципе суперпозиции.

Здесь  $w^{(o)}|_{z=0} = G^{(o)} * \sigma_{330}$ ,  $w^{(p)}|_{z=0} = G^{(p)} * (p + \tilde{\beta} \cdot \sigma_{330})$ , где  $G^{(o)}, G^{(p)}$  – функции влияния для основания и покрытия, представляющие собой нормальные перемещения пластины и полупространства при нулевых начальных условиях и давлении вида  $p = \delta(\tau)\delta(x)$ , заданном на поверхности основания и покрытия соответственно. При этом в формуле (12)  $\tilde{w}^{(p)}$  являются нормальными перемещениями пластины при воздействии на нее ударника без учета влияния полупространства и определяются граничными условиями (8).

Для системы разрешающих уравнений строится ее дискретный аналог. С использованием численноаналитического аналога, основанного на методе квадратур, получаем графики зависимостей контактных напряжений, которые возникают между слоем и абсолютно твердым телом, а также нормальные перемещения поверхности системы в зависимости от времени и координаты. В качестве ударника рассмотрены круговой, эллиптический, параболический и гиперболический цилиндры.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 20-08-01099 А).*

#### Список литературы

- 1 **Михайлова, Е. Ю.** Nonstationary Axisymmetric Problem of the Impact of a Spherical Shell on an Elastic Half-Space (Initial Stage of Interaction) / E. Yu. Mikhailova, G. V. Fedotenkov // *Mechanics of Solids*. – 2011. – Vol. 46, no. 2. P. 239–247.
- 2 **Михайлова, Е. Ю.** Нестационарное деформирование системы «полупространство-мембрана» / Е. Ю. Михайлова, Г. В. Федотенков // *Труды МАИ*. – 2022. – № 123. – URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=165348>.
- 3 **Горшков, А. Г.** Динамические контактные задачи с подвижными границами / А. Г. Горшков, Д. В. Тарлаковский. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 352 с.
- 4 **Михайлова, Е. Ю.** Воздействие нестационарной нагрузки на систему «полупространство – пластина типа Тимошенко» / Е. Ю. Михайлова, Г. В. Федотенков // *Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред им. А. Г. Горшкова: материалы XXVIII Междунар. симп.* – М., 2022. – Т. 2. – С. 80–82.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НА РАЗРЫВ ПЛАСТИКА ПЭТ-БУТЫЛОК И ЕГО ПЕРЕРАБОТКА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФИЛАМЕНТОВ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

*А. А. МИХАЛЬЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*А. Б. НЕВЗОРОВА*

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

В последнее время вопрос переработки пластмасс из полиэтилентерефталата стал одним из ведущих вопросов охраны окружающей среды и обращения с отходами. Возможность повторного использования позволяет эффективно утилизировать отходы для получения расходных продуктов, например получения филаментов для 3D-печати. Печатные нити могут быть изготовлены из различных термопластичных материалов, в том числе из вторичной переработки полиэтилентерефталата.

Полиэтилентерафталат (ПЭТ) широко используется при производстве бутылок различного назначения. Одной из основных характеристик этого материала является то, что он входит в группу материалов, известных как полиэферы, он также характеризуется своей кристалличностью. Основным компонентом этого материала является углерод, и благодаря другим веществам, входящим в его состав, его можно формовать с использованием тепла или давления. Среди отличительных свойств этого материала наиболее заметным является его устойчивость к деградации [1]. В мире воздействие на окружающую среду из-за использования ПЭТ-бутылок велико, потому что, если не будет принята культура переработки и если не будет проведено исследование, которое выявит факторы, препятствующие снижению экологического воздействия, мы продолжим наблюдать чрезмерное использование этого материала [2, 3].

Рынок 3D-печати – один из самых быстрорастущих секторов. Ожидается, что к 2023 году рынок вырастет более чем на 25 % по сравнению с 2017 годом и достигнет более 10 млн долларов США. 3D-печать – это относительно новая технология, которая стала очень популярной в последнее десятилетие. Простота и низкая стоимость способствовали тому, что она используется в основном в прототипировании и мелкосерийном производстве. В последние годы использование 3D-печати стало более популярным в различных отраслях промышленности, причем всё чаще используют ее аэрокосмическая, военная, автомобильная, медицинская и строительная отрасли. Количество термопластичных отпечатков постоянно растет с развитием аддитивных технологий, поэтому возникает проблема обращения с отходами. Решением могут быть филаменты (или нити), полученные при переработке пластмасс. Нити или жгуты, используемые в 3D-печати, чаще всего формируются в процессе экструзии путем введения в экструдер гранулята или полимерного порошка, который под воздействием температуры преобразуется в однородный материал в виде нити с заданными параметрами, адаптированными к размеру печатающего элемента.

Целью работы является определение возможности переработки ПЭТ-бутылок для производства филаментов для 3D-печати и исследование их физико-механических свойств.

Переработка пластика в филамент обычно включает его измельчение на мелкие кусочки и продавливание через шнековый экструдер. Однако можно использовать другой подход с PetBot, в ходе которого ПЭТ-бутылки разрезаются на ленту, а затем превращаются в нить. Резка ленты и экструзия происходят в двух совершенно разных процессах на одной и той же машине. ПЭТ-бутылка подготавливается путем отрезания дна, а открытый край проталкивается между парой подшипников, где резак разрезает бутылку на одну длинную полосу, когда ее скручивает приводная катушка. Затем катушка с лентой перемещается на вторую ступень машины, которая протягивает ленту через горячий конец, очень похожий на 3D-принтер. В то время как большинство обычных экструдеров проталкивают пластик через сопло с помощью винта, PetBot нагревает ленту только до температуры чуть выше ее температуры стеклования, что позволяет приводной катушке медленно протягивать её через сопло, не ломаясь. Вентилятор охлаждает нить непосредственно перед тем, как она пойдет на катушку. На обеих стадиях процесса используется один и тот же шаговый двигатель.

Недостатком является ограничение длины нити материалом в одной бутылке. Получение большей длины потребует сплавления ленты после резки или нити после экструзии, что не так просто,



как может показаться. Процесс, скорее всего, будет ограничен большой бутылкой из-под газировки с гладкими внешними поверхностями, чтобы толщина и ширина ленты были максимально одинаковыми [4].

В качестве испытуемых образцов были подготовлены ленты пластика из ПЭТ-бутылок голубого цвета, отличающиеся между собой шириной испытуемых образцов (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимости нагрузки при разрыве от размера образцов

Размеры образцов, мм	Нагрузка при разрыве, кг·с/см <sup>2</sup>			Средняя
	1	2	3	
150×10	4,16	4,12	4,20	4,16
150×3	0,92	0,82	0,93	0,89
150×9 (жгут из лент по 3 мм)	2,30	1,20	1,00	1,50

Пластик голубых ПЭТ-бутылок один из самых жёстких, однако в расплавленном виде является наиболее текучим из всех.

Анализируя данные, полученные в ходе проведения эксперимента, следует отметить, что наибольшей прочностью обладают образцы размером 150×10 мм со средней нагрузкой при разрыве, равной 4,16 кг·с/см<sup>2</sup>. Далее следуют образцы размером 150×3 мм (жгут из 3 лент размером 150×3 мм) со средней нагрузкой при разрыве, равной 1,50 кг·с/см<sup>2</sup>. Самой низкой прочностью характеризуются образцы наименьшего размера 150×3 мм, средняя нагрузка которых при разрыве составляет всего 0,89 кг·с/см<sup>2</sup>.

Следует отметить, что при непосредственном производстве филамента, включающем этапы роспуска на ленты и нагревания материала до температуры стеклования, прочность может значительно увеличиться ввиду изменения структуры и плотности исходного материала. Аддитивное производство при переработке полимеров может протекать с одновременным улучшением тепловых, механических и трибологических свойств материалов путем формирования композитов, представляющих собой полимерную матрицу, армированную волокном, керамикой и другими типами усилителей.

#### Список литературы

- 1 Нить 3D-печати как вторая жизнь отходов пластмасс [Электронный ресурс] / К. Микула [и др.]. – Режим доступа : <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10657-8>. – Дата доступа : 20.04.2022.
- 2 Experimental determination of the tensile strength of fused deposition modeling parts / K. Savvakis [et al.] // American Society of Mechanical Engineers-International Mechanical Engineering Congress & Exposition, At Montreal : conference. – 2014. – P. 1–6.
- 3 The Latest Flashforge Software, Firmware, and User Manual Download [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.flashforge.com.hk/downloads.html>. – Date of access : 20.04.2022.
- 4 Evaluation of dimensional accuracy and material properties of the MakerBot 3D-desktop printer / G. W. Melenka // Rapid Prototyping Journal. – 2015. – No. 21 (5). –P. 618–627.

УДК 517.958

## ВОЛНЫ В УПРУГОЙ ОБОЛОЧКЕ С ДРОБНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ, ОКРУЖЕННОЙ УПРУГОЙ СРЕДОЙ И СОДЕРЖАЩЕЙ ВЯЗКУЮ НЕСЖИМАЕМУЮ ЖИДКОСТЬ

Л. И. МОГИЛЕВИЧ, Е. В. ПОПОВА

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А., Российская Федерация

Проведено исследование, целью которого является развитие метода возмущений для задач нелинейной волновой динамики при моделировании волн деформаций в упругой физически нелинейной цилиндрической оболочке, содержащей вязкую несжимаемую жидкость с учетом инерции ее движения. Данный класс задач имеет важное теоретическое и практическое значение [1] для развития методов неразрушающей волновой диагностики состояния упругих конструкций, заполненных жидкостью, что особенно актуально для проблем обеспечения безопасности на транспорте. Динамика вязкой жидкости, находящейся внутри оболочки, исследуется без учета ее сжимаемости и описывается уравнениями Навье – Стокса совместно с уравнением неразрывности [2]. Данные

уравнения дополняются граничными условиями непротекания жидкости на ограничивающих ее стенках. Рассмотрена оболочка с дробной физической нелинейностью и конструкционным демпфированием, и на основе постановки и решения задачи гидроупругости показано, что данная задача может быть сведена к исследованию дифференциального уравнения с нелинейностью Шамеля [3, 4]. Для решения было выполнено прямое разложение искомых функций по малому параметру задачи гидроупругости. В результате осуществлено упрощение уравнений гидродинамики, выражающееся в сведении их к уравнениям гидродинамической теории смазки, но с учетом локальных членов инерции, решение которых выполнено с использованием метода итерации. Полученное таким образом решение позволило найти выражения для напряжения, действующего со стороны вязкой жидкости на оболочки как в нормальном, так и в продольном направлениях. Показано, что учет наличия в оболочке жидкости приводит к появлению в нелинейных уравнениях продольных волн деформации стенок оболочки члена, не позволяющего найти точное его решение. Другими словами, для рассматриваемого случая требуется проведение численного решения.

Уравнение, описывающее нелинейный волновой процесс в оболочке во введенных безразмерных переменных после проведения метода возмущения, представлено в виде

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u_{10}}{\partial \xi \partial \tau} + \frac{1}{2} \frac{m}{E} \left( \frac{2}{\sqrt{3}} \right)^{1/2} \sqrt{1-\mu_0^2} (\mu_1 + \mu_2 \mu_0 + \mu_1 \mu_0^2)^{1/4} \frac{\partial}{\partial \xi} \left[ \frac{\partial u_{10}}{\partial \xi} \right]^{3/2} + \frac{\mu_0^2 \sqrt{1-\mu_0^2}}{2} \frac{\partial^4 u_{10}}{\partial \xi^4} + \\ + \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon^{1/2}} \frac{1}{2} \frac{\partial u_{10}}{\partial \xi} + k_1 \frac{\mu_0^2}{2\sqrt{1-\mu_0^2}} \frac{\partial^2 u_{10}}{\partial \xi^2} - \\ - \frac{\rho}{\varepsilon^{3/2} \rho_0} \frac{\sqrt{1-\mu_0^2}}{12} [(1-2\mu_0)^2 + 3(2\mu_0)^2] \frac{\partial^2 u_{10}}{\partial \xi^2} + \frac{\rho}{\varepsilon^{3/2} \rho_0} \frac{\nu}{\varepsilon^{1/4} c_0 R} 2(1-2\mu_0)^2 \frac{\partial u_{10}}{\partial \xi} = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\mu_1 = \frac{1}{3} \left[ 1 + \frac{\mu_0(2\mu_0-1)}{(1-\mu_0)^2} \right]$ ;  $\mu_2 = \frac{1}{3} \left[ 1 - \frac{2\mu_0(2\mu_0-1)}{(1-\mu_0)^2} \right]$ ;  $E$  – модуль Юнга материала оболочки;  $m$  – постоянная материала, определяемая из эксперимента;  $\mu_0$  – коэффициент Пуассона;  $\rho_0$  – плотность материала оболочки;  $\rho$  – плотность жидкости;  $c_0$  – скорость звука в материале оболочки;  $R$  – радиус срединной поверхности оболочки;  $\nu$  – кинематический коэффициент вязкости жидкости;  $\varepsilon_1$  – коэффициент конструкционного демпфирования материала оболочки;  $k_1$  – коэффициент постели, окружающей оболочку упругой среды;  $\varepsilon = h_0 / R$ ,  $h_0$  – толщина оболочки;  $u_{10}$  – продольное перемещение оболочки;  $\xi$  – бегущая переменная;  $\tau$  – медленное время.

Введем обозначения  $\frac{\partial u_{10}}{\partial \xi} = \varphi$ ,  $\eta = c_1 \xi$ ,  $t = c_2 \tau$  и, подставляя их в (1), получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{m}{E} \left( \frac{2}{\sqrt{3}} \right)^{1/2} \sqrt{1-\mu_0^2} (\mu_1 + \mu_2 \mu_0 + \mu_1 \mu_0^2)^{1/4} \frac{c_1}{c_2} \frac{\partial}{\partial \eta} (\varphi^{3/2}) + \frac{\mu_0^2 \sqrt{1-\mu_0^2}}{2} \frac{c_1^3}{c_2} \frac{\partial^3 \varphi}{\partial \eta^3} + \\ + \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon^{1/2}} \frac{1}{c_2} \varphi + k_1 \frac{\mu_0^2}{2\sqrt{1-\mu_0^2}} \frac{c_1}{c_2} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} - \\ - \frac{\rho}{\varepsilon^{3/2} \rho_0} \frac{\sqrt{1-\mu_0^2}}{12} [(1-2\mu_0)^2 + 3(2\mu_0)^2] \frac{c_1}{c_2} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \frac{\rho}{\varepsilon^{3/2} \rho_0} \frac{\nu}{\varepsilon^{1/4} c_0 R} 2(1-2\mu_0)^2 \frac{1}{c_2} \varphi = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Потребуем  $\frac{1}{2} \frac{m}{E} \left( \frac{2}{\sqrt{3}} \right)^{1/2} \sqrt{1-\mu_0^2} (\mu_1 + \mu_2 \mu_0 + \mu_1 \mu_0^2)^{1/4} \frac{c_1}{c_2} \cdot \frac{3}{2} = 6$ ,  $\frac{\mu_0^2 \sqrt{1-\mu_0^2}}{2} \frac{c_1^3}{c_2} = 1$ , что дает

$$c_1 = \left[ \frac{m}{E} \frac{1}{4} \left( \frac{2}{\sqrt{3}} \right)^{1/2} (\mu_1 + \mu_2 \mu_0 + \mu_1 \mu_0^2)^{1/4} \frac{1}{\mu_0^2} \right]^{1/2}, \quad c_2 = c_1^3 \frac{\mu_0^2 \sqrt{1-\mu_0^2}}{2}.$$

Обозначим  $\delta_0 = \frac{\rho}{\varepsilon^{3/2} \rho_0} \frac{\nu}{\varepsilon^{1/4} c_0 R} 2(1-2\mu_0)^2 \frac{1}{c_2}$ ,  $\delta_1 = \frac{\rho}{\varepsilon^{3/2} \rho_0} \frac{\sqrt{1-\mu_0^2}}{12} [(1-2\mu_0)^2 + 3(2\mu_0)^2] \frac{c_1}{c_2}$

$$\delta_2 = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon^{1/2}} \frac{1}{c_2}, \quad \delta_3 = k_1 \frac{\mu_0^2}{2\sqrt{1-\mu_0^2}} \frac{c_1}{c_2}.$$

В результате получим обобщенное уравнения Шамеля

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + 6\varphi^{1/2} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \frac{\partial^3 \varphi}{\partial \eta^3} + \delta_0 \varphi - \delta_1 \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \delta_2 \varphi + \delta_3 \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} = 0. \quad (3)$$

При отсутствии жидкости в оболочке ( $\delta_0 = 0$ ,  $\delta_1 = 0$ ), отсутствии окружающей среды ( $\delta = 0$ ) и конструкционного демпфирования ( $\delta_2 = 0$ ) из (3) получаем известное уравнение Шамеля [3]

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + 6\varphi^{1/2} \frac{\partial \varphi}{\partial \eta} + \frac{\partial^3 \varphi}{\partial \eta^3} = 0 \quad (4)$$

с точными решениями [4]

$$\varphi = 25k^4 ch^{-4} k[\eta - 16k^2 t]$$

Здесь волновое число  $k$  является произвольной величиной. Решение (4) описывает волну, скорость которой сверхзвуковая.

Численное решение (3) реализовано с использованием современного подхода, основанного на универсальном алгоритме коммутативной алгебры, для интегро-интерполяционного метода. В результате построения разностного базиса Грёбнера сгенерированы разностные схемы типа Кранка – Николсона [5], полученные с использованием базовых интегральных разностных соотношений, аппроксимирующих исходную систему уравнений. Вычислительный эксперимент показал, что из-за влияния жидкости происходит затухание амплитуды волны и уменьшение её скорости (скорость волны дозвуковая).

#### Список литературы

- 1 Ерофеев, В. И. Неупругое взаимодействие и расщепление солитонов деформации, распространяющихся в стержне / В. И. Ерофеев, В. В. Кажаяев // Вычислительная механика сплошных сред. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 127–137.
- 2 Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа : учеб. для вузов / Л. Г. Лойцянский. – 7-е изд., испр. – М. : Дрофа, 2003. – 840 с.
- 3 The generalized Schamel equation in nonlinear wave dynamics of cylindrical shells / A. Zemlyanukhin [et al.] // Nonlinear Dynamics. – 2019. – Vol. 98, no. 1. – P.185–194.
- 4 Дагхан, Д. Аналитическое решение уравнения Шамеля, описывающее распространение инно-звуковых волн в плазме двух типов, и их параметрическое исследование / Д. Дагхан, О. Донмец // Прикладная математика и техническая физика. – 2018. – Т. 59, № 3. – С. 5–13.
- 5 Блинкова, А. Ю. Нелинейные волны в соосных цилиндрических оболочках, содержащих вязкую жидкость между ними, с учетом рассеяния энергии / А. Ю. Блинкова, Ю. А. Блинков, Л. И. Могилевич // Вычислительная механика сплошных сред. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 336–345.

УДК 539.3

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ХАРАКТЕРНЫХ ТОЧЕК ЗАЦЕПЛЕНИЯ ЗУБЬЕВ ИЗ КОМПОЗИТОВ В ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧЕ

*М. В. МОСКАЛЕВА*

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь*

Для моделирования работы систем, например, «взаимодействия зубьев зубчатых передач», необходимо создавать методы и решать новые контактные задачи о сопряжении упругих тел с учетом их деформативности. Зубчатые колеса являются важными силовыми компонентами, которые используются в передачах различных механических и автомобильных систем. Поэтому исследование их деформативности является актуальной областью технического поиска на компьютере с целью повышения эффективности зубчатых систем передачи механической энергии для обеспечения её работоспособности [1, 2].

Описание механического поведения зубьев из композитов является сложной задачей из-за несплошности и неоднородности физических свойств материалов и особенности в характере внешнего нагружения, в том числе и силовых воздействий. Возникает необходимость создавать новые математические и механические модели с учетом анизотропии и вязкоупругих эффектов. Для решения этих задач нужно создать компьютерную программу, которая значительно облегчает расчеты и выбор материалов для зубчатых колёс из композитов.

Определение координат точек зацепления представляет интерес с точки зрения использования полученных данных для расчета упругих деформаций зубьев, жесткости зацепления и фактических значений коэффициента перекрытия в металлополимерной зубчатой передаче.

Определим радиусы кривизны эвольвентных профилей зубьев в характерных точках профиля, углы профиля в этих точках и соответствующие этим углам радиусы [1].

В работе находятся характерные точки для однопарного зацепления.

Рассчитываются координаты характерных точек зуба: вершины, начала и конца однопарного зацепления, полюса, конца активного участка линии зацепления:

$$\begin{aligned} x_k &= R_k \cos \beta_k, & \beta_k &= \frac{\pi}{2z_2} + inv\alpha_0 - inv\alpha_k; \\ y_k &= R_k \sin \beta_k \end{aligned}$$

– в вершине зуба (точка 1) при  $R_{k1} = \frac{z_2}{2} + f_0$ ,  $\alpha_{k1} = \arccos \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2R_{k1}}$ ;

– в начале однопарного зацепления (точка 2) при

$$R_{k2} = \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2 \cos \alpha_{k2}}, \quad \alpha_{k2} = \arctg \left[ \frac{2\pi}{z_2} + \left( \frac{z_1}{z_2} + 1 \right) \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{z_1}{z_2} \operatorname{tg} \alpha_{e1} \right];$$

$$\alpha_{e1} = \arccos \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2R_{e1}}, \quad R_{e1} = \frac{z_1}{2} + f_0;$$

– в полюсе (точка 3) при

$$R_{k3} = \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2 \cos \alpha_{k3}}, \quad \alpha_{k3} = \alpha_0;$$

– в конце однопарного зацепления (точка 4) при

$$R_{k4} = \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2 \cos \alpha_{k4}}, \quad \alpha_{k4} = \arctg \left[ \operatorname{tg} \alpha_{e2} - \frac{2\pi}{z_2} \right];$$

$$\alpha_{e2} = \arccos \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2R_{e2}}, \quad R_{e2} = \frac{z_2}{2} + f_0;$$

– в конце активного участка линии зацепления (точка 5) при

$$R_{k5} = \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2 \cos \alpha_{k5}}, \quad \alpha_{k5} = \arctg \left[ \left( \frac{z_1}{z_2} + 1 \right) \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{z_1}{z_2} \operatorname{tg} \alpha_{e1} \right];$$

$$\alpha_{e1} = \arccos \frac{z_2 \cos \alpha_0}{2R_{e1}}, \quad R_{e1} = \frac{z_1}{2} + f_0,$$

где  $f_0$  – коэффициент высоты головки зуба;  $\alpha_0$  – профильный угол,  $c_0$  – коэффициент радиального зазора исходного контура инструмента;  $\rho_0$  – радиус округления исходного контура инструмента;  $\alpha$  – угол профиля зуба в произвольной точке профиля;  $\alpha_s$  – угол между начальной прямой рейкой и общей нормалью к галтели ( $20^\circ \leq \alpha_s \leq 90^\circ$ ).

Была разработана программа (рисунок 1), вычисляющая координаты точек однопарного зацепления, с графической интерпретацией. Входными данными программы являются коэффициент высоты головки зуба, профильный угол, коэффициент радиального зазора исходного контура инструмента, радиус округления исходного контура инструмента, количество зубьев в одном и втором колесе,  $m$  – модуль,  $z_2, z_1$  – число зубьев колеса и шестерни соответственно.

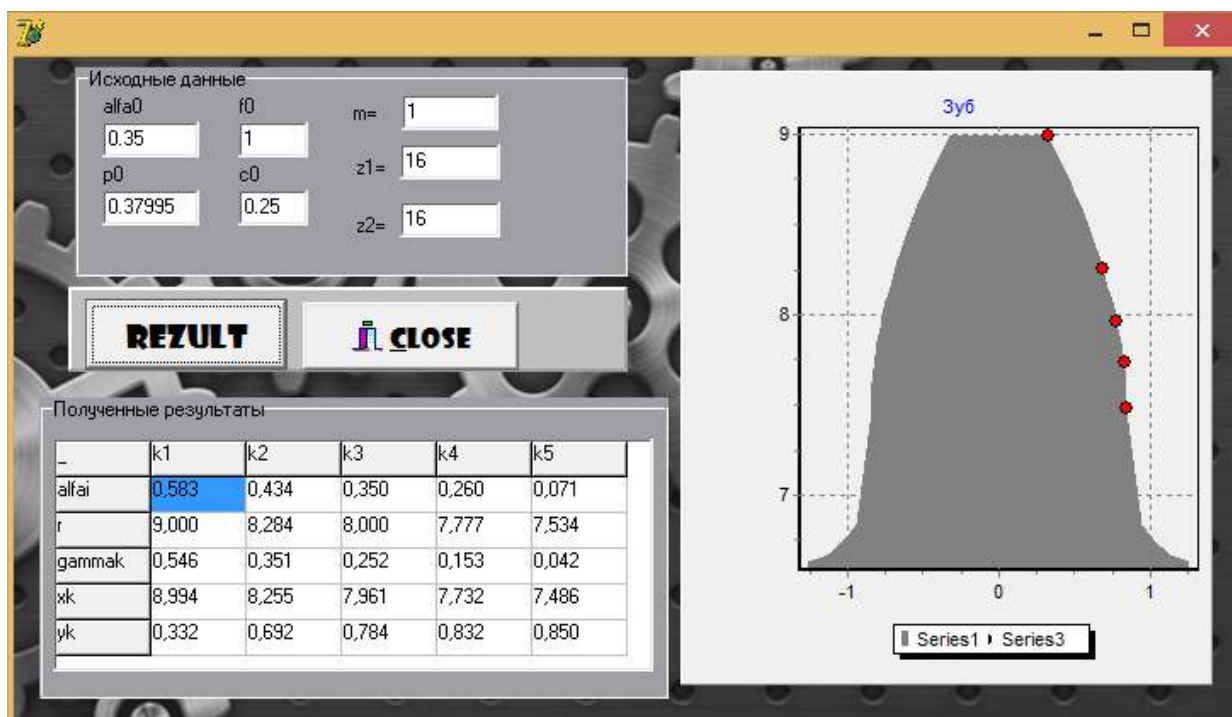


Рисунок 1 – Главное окно программы

Таким образом, была разработана программа для нахождения характерных точек при однопарном зацеплении зубчатых колес. В дальнейшем планируется рассматривать деформативность в найденных точках с учетом композиционных материалов, из которых может состоять как зуб, так и шестерня.

#### Список литературы

- 1 **Можаровский, В. В.** О влиянии формы зуба на изгибную деформацию зубьев эвольвентных цилиндрических зубчатых колес / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский // Известия АН БССР. Сер. физ.-техн. – 1974. – № 4. – С. 118–123.
- 2 **Можаровский, В. В.** Расчет изгибных перемещений зубьев зубчатых колес из композитов / В. В. Можаровский, М. В. Москалева, Д. С. Кузьменков // Проблемы физики, математики и техники. – 2019. – № 4 (41). – С. 81–86.

УДК 539.3

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КРУГЛОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ НАГРУЗОК В СВОЕЙ ПЛОСКОСТИ

*А. В. НЕСТЕРОВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Многослойные пластины, в частности трехслойные, имеют достаточно широкий диапазон применимости в различных областях промышленности и транспортном машиностроении. Модели деформирования трехслойных элементов конструкций при различных видах нагружений рассмотрены в монографии [1]. Статьи [2, 3] посвящены исследованию квазистатического деформирования трехслойных круглых пластин под действием осесимметричных и неосесимметричных нагрузок.

Рассматривается осесимметричное растяжение-сжатие трехслойной круглой пластины силами  $p_r(r)$  с постоянной, линейно и квадратично зависящими от радиальной координаты, приложенными в срединной плоскости заполнителя. Предполагалось, что контур пластины свободно оперт.

Проведен сравнительный анализ влияния осесимметричных нагрузок, распределенных по срединной плоскости заполнителя, на радиальные перемещения. Температурное поле принималось стационарным. Слои пластины выполнены из Д16-Т-фторопласт-4–Д16-Т. Радиус пластины  $r_0 = 1$  м, толщины слоев  $h_1 = h_2 = 0,02$  м,  $h_3 = 0,4$  м. На рисунке 1, а показаны радиальные перемещения  $u_r(r)$

при изотермическом нагружении пластины радиальными нагрузками с подобными максимальными значениями ( $T = 293 \text{ K}$ ):  $1 - p_r = p_{r0}$ ;  $2 - p_r = p_{r1}(r_0 - r)$ ;  $3 - p_r = p_{r2}(r_0^2 - r^2)$ . Перемещения от постоянной радиальной нагрузки превышают перемещения от линейной и квадратичной нагрузок в 3,51 и 2,25 раза соответственно, что объясняется ее большей равнодействующей.

Рисунок 1, б иллюстрирует изменения радиальных перемещений вдоль радиуса пластины при статически эквивалентных нагрузках:  $1 - p_r = p_{r0}$ ;  $2 - p_r = 3p_{r0}(1 - r/r_0)$ ;  $3 - p_r = 2p_{r0}(1 - r^2/r_0^2)$ . Здесь максимальные перемещения от нагрузки с постоянной составляющей преобладают. Их величины больше перемещений от линейной и квадратичной нагрузок соответственно на 14,6 и 11,1 %.

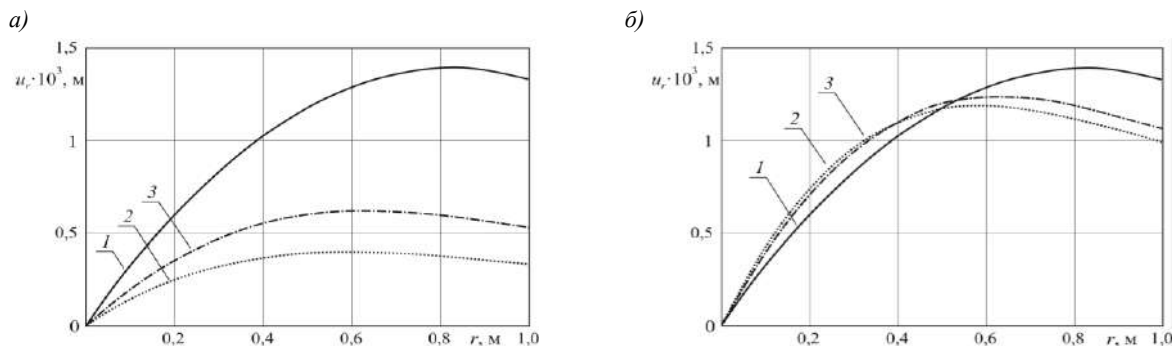


Рисунок 1 – Изменение радиальных перемещений  $u_r(r)$  при нагрузке с одинаковой  
а – интенсивностью; б – равнодействующей

Таким образом, в пластине со свободным контуром перемещения от равномерно распределенной радиальной нагрузки превышают перемещения от линейной и квадратичной нагрузок как при их одинаковой амплитуде, так и при одинаковом статическом эквиваленте.

*Работа выполнена при финансовой поддержке БР ФФИ (проект № T22M-072).*

#### Список литературы

- 1 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела // М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 2 Нестерович, А. В. Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2020. – Вып. 13. – С. 116–121.
- 3 Нестерович, А. В. Осесимметричное нагружение круглой физически нелинейной трехслойной пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Проблемы физики, математики и техники. – 2021. – № 3 (48). – С. 24–29.

УДК 539.3, 51-74, 534.014.1, 534.014.2, 539.62

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШАХТНОГО ПОДЪЕМНОГО КОМПЛЕКСА

М. А. НИКОЛАЙЧИК, М. А. ЖУРАВКОВ

Белорусский государственный университет, г. Минск

Комплекс шахтного подъемного сосуда (скипа) является одним из ключевых систем подъемного шахтного комплекса. Скипы занимают чрезвычайно важное место в работе предприятия по подземной добыче полезного ископаемого. Они предназначены не только для подъема полезных ископаемых на поверхность, но и для спуска в шахты крупногабаритной техники. Обеспечение безаварийного и оптимального режима работы системы требует решения сразу нескольких задач механики.

Сложность исследования таких проблем обусловлена большим количеством элементов в системе и тем, что каждый элемент может выполнять отдельную функцию и иметь собственный режим работы.

Конструкции, обеспечивающие безопасность движения скипов, имеют следующий вид. К полкам тубинговой колонны ствола с помощью болтового соединения присоединяются горизонталь-

ные балки прямоугольного сечения (расстрелы), составляющие структуру, вид которой зависит от расположения скипов в стволе. Данная структура повторяется каждые несколько метров (как правило, 3–6 м – шаг армировки). Также с помощью болтового соединения обеспечивается связь между расстрелами и вертикально расположенными направляющими устройствами – проводниками. Проводники обеспечивают движение скипа в пределах выделенного контура армировки.

На протяжении всего движения скип находится в постоянном контакте с проводниками в четырех точках. Постоянный контакт скипа с проводниками обеспечивается через подпружиненные ролики. В каждом узле контакта находятся три подпружиненных ролика, совершающие плоскопараллельное движение относительно проводника.

Целью данного исследования являлось моделирование напряженно-деформируемого состояния элементов конструкций шахтного подъемного комплекса при движении подъемного сосуда.

На начальном этапе исследования встает вопрос о создании модели, описывающей динамику скипа. В предыдущих исследованиях [1–4] разработан ряд механико-математических моделей движения шахтного подъемного сосуда. При этом разработанные алгоритмы позволяют находить величины силового взаимодействия скипа с проводниками с помощью системы мониторинга плавности движения [2, 3], установленной на подъемном сосуде и фиксирующей величины горизонтальных ускорений, а также с использованием данных профилировки проводников [4] – отклонений проводников от вертикальной оси между расстрелами. К преимуществам использования данных системы мониторинга плавности движения можно отнести возможность нахождения контактных усилий в режиме реального времени, однако данная модель позволяет определять только суммарные силовые характеристики вдоль горизонтальных осей подвижной системы координат. При этом модель, использующая в качестве входных параметров данные профилировки проводников, позволяет определять значения контактных нагрузок вдоль всех осей координат, однако требует актуальных данных профилировки проводников. Это осложняется тем, что измерение профилировки проводится не чаще, чем в раз несколько месяцев. За это время могут заменяться и, соответственно, изменяться многие звенья проводников профиль проводников, что сказывается на корректности расчетов.

В дальнейшем встает задача о детальном анализе контактного взаимодействия скипа с проводниками [5, 6]. Рассматривается задача определения напряженно-деформированного состояния контактной зоны взаимодействия пары «ролик – проводник» методами численного моделирования. При моделировании контактного взаимодействия ролика с проводником рассматриваются различные конфигурации контакта как без трения, так и с различными коэффициентами трения [3]. Найдены критические значения сил воздействия скипа на проводник через ролики, приводящие к возникновению остаточных (пластических) деформаций проводника. Результаты моделирования верифицированы аналитическими решениями для некоторых условий контакта.

Разработанные алгоритмы решения контактной задачи позволяют произвести оценку количества циклов нагружения со стороны скипа, приводящих к усталостному разрушению проводника. При этом также рассматриваются различные условия контакта, в том числе возможность взаимодействия проводника как с одним роликом, так и с двумя одновременно. В рамках решения задачи многоциклового контактного взаимодействия и износа проводника принимаются различные методы корректировки среднего напряжения. Получены значения количества циклов до усталостного износа проводника в зависимости от условий контактного взаимодействия с роликами, а также метода корректировки среднего напряжения.

Также рассмотрена задача оценки колебательных характеристик системы «ролик – проводник». Получены собственные частоты колебаний проводника и собственные частоты колебаний в условиях контакта с роликом. Определены некоторые режимы движения подъемного сосуда, которые могут потенциально приводить к резонансным колебаниям системы.

Таким образом, в рамках исследований рассмотрен ряд задач, возникающих при эксплуатации шахтных подъемных комплексов. Произведена оценка сил взаимодействия скипа с проводниками в зависимости от типа входных данных. Разработана численная модель контактного взаимодействия ролика с проводником, которая позволяет производить оценку напряженно-деформируемого состояния контактной зоны, а также получать величины воздействия скипа на элементы армировки, приводящие к возникновению пластических деформаций проводника. Помимо этого, решение контактной задачи позволило получить количество циклов воздействия скипа на проводник до усталостного разрушения последнего. Рассмотрена задача определения колебательных характеристик

контактной пары «ролик – проводник», позволяющая находить опасные с точки зрения возникновения резонанса режимы движения скипа. Полученные в рамках исследований результаты могут быть использованы для обеспечения безопасной эксплуатации шахтных подъемных комплексов, а также оценки возможности повышения скорости движения скипов, что, в свою очередь, обеспечит повышение экономических показателей добычи полезного ископаемого.

#### Список литературы

- 1 **Zhuravkov, M. A.** Analytical model of skip motion taking into account influence of head and balancing ropes / M. A. Zhuravkov, V. P. Savchuk, M. A. Nikolaitchik // Journal of the Belarusian State University. Mathematics and Informatics. – 2021. – Vol. 2 – P. 105–113.
- 2 **Nikolaitchik, M. A.** Determination of the skip force effect on guides in mine shaft / M. A. Nikolaitchik // E3S Web of Conferences. – Vol. 201. – 01007.
- 3 Моделирование динамического воздействия подъемного сосуда на направляющие в шахтном стволе с использованием данных системы мониторинга плавности движения / М. А. Журавков [и др.] // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2019. – Т. 6, № 2. – С. 97–103.
- 4 Определение силового взаимодействия скипа с направляющими по данным профилировки проводников / М. А. Журавков [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения. – Минск, 2020. – Вып. 9. – С. 38–41.
- 5 Моделирование контактного взаимодействия между элементами подъемного шахтного комплекса при оценках безопасности / М. А. Журавков [и др.] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Научный информационный сборник. – 2021. – № 4. – С. 9–25.
- 6 **Журавков, М. А.** Контактная задача взаимодействия направляющего ролика с шахтным проводником / М. А. Журавков, М. А. Николайчик, П. С. Маевский // Механика машин, механизмов и материалов. – 2021. – № 3 (56). – С. 82–88.

УДК 656.21:004.8

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКАТЫВАНИЯ ПРОСТЕЙШИХ ИМИТАЦИЙ ВАГОНОВ С ПОВЕРХНОСТИ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

*С. П. НОВИКОВ, А. К. ГОЛОВНИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При расформировании составов на станции вагоны после прохождения горба сортировочной горки скатываются под воздействием силы тяжести и тормозящего или ускоряющего влияний сил сопротивления, ветровой нагрузки в зависимости от массы вагонов, характера продольного профиля, состояния пути, длины скатывающихся отцепов, наличия дефектов подвижного состава и др. Поэтому динамическая модель, конструирующая данные процессы, оказывается достаточно сложной и требует задания большого количества исходных данных по всем путям головы сортировочного парка, структуре расформировываемого вагонотока, техническому состоянию путей скатывания вагонов [1, 2]. Кроме того, динамику движения отцепов на горке определяют режимы торможения, корректирующие интервалы между смежными отцепами для безопасного перевода стрелок по маршрутам следования вагонов в сортировочный парк.

В качестве наиболее простой имитации движущегося по сортировочной горке одиночного вагона рассматривается его идеализированный образ в виде металлического шара постоянной плотности массой  $M$ , скатывающегося с некоторой наклонной поверхности, профиль которой описывается уравнением  $y = f(x)$  (рисунок 1).

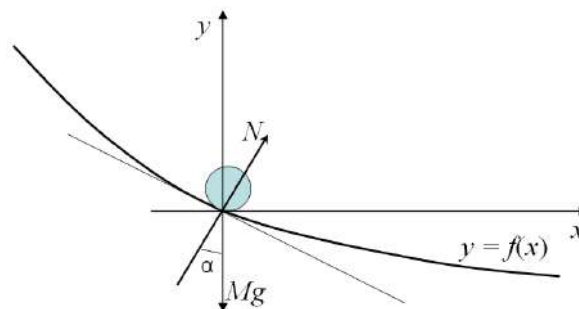


Рисунок 1 – Расчетная схема движения шара по наклонной поверхности



Известны также начальная скорость движения шара, коэффициенты трения качения и скольжения. Необходимо найти его скорость в любой момент времени. Поскольку поверхность скатывания не является прямолинейной, то шар будет подвержен действию центростремительного ускорения. Его значение находится по известной формуле

$$a_{ц} = \frac{v^2}{R(x)},$$

где

$$R(x) = \frac{\sqrt{(1 + y'(x)^2)^3}}{|y''(x)|}.$$

Так как сумма всех сил, действующих вдоль направления нормали, должна быть скомпенсирована, то в проекции на направление нормали получаем уравнение

$$Ma_{ц} = N - Mg \cos \alpha(x).$$

Выразим из него реакцию опоры  $N$ . Очевидно,  $N = M(a_{ц} + g \cos \alpha(x))$ . Следовательно,

$$F_{тр.кач} = k_1 N = k_1 M(a_{ц} + g \cos \alpha(x)),$$

где  $k_1$  – коэффициент силы трения качения. Таким образом,

$$F_{тр.кач} = k_1 M \left( \frac{v^2}{R(x)} + g \cos \alpha(x) \right).$$

Рассмотрим теперь движение по направлению касательной, угол между которой и осью абсцисс обозначим  $\alpha(x)$ . В проекции на касательную уравнение движения имеет вид

$$M \frac{dv}{dt} = Mg \sin \alpha(x) - F_{тр.кач} - F_{тр.ск},$$

где  $F_{тр.ск}$  – сила трения скольжения. Будем считать, что  $F_{тр.ск} = k_2 v^2$ . Тогда уравнение движения примет вид

$$M \frac{dv}{dt} = Mg \sin \alpha(x) - k_1 M \left( \frac{v^2}{R(x)} + g \cos \alpha(x) \right) - k_2 v^2.$$

Получаем уравнение

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \alpha(x) - k_1 \left( \frac{v^2}{R(x)} + g \cos \alpha(x) \right) - k_2 \frac{v^2}{M} = g(\sin \alpha(x) - k_1 \cos \alpha(x)) - v^2 \left( \frac{k_1}{R(x)} + \frac{k_2}{M} \right).$$

Так как

$$\sin \alpha(x) = \frac{dy}{ds} = \frac{|y'(x)| dx}{\sqrt{1 + y'(x)^2} dx} = \frac{|y'(x)|}{\sqrt{1 + y'(x)^2}}, \quad \cos \alpha(x) = \frac{dx}{ds} = \frac{dx}{\sqrt{1 + y'(x)^2} dx} = \frac{1}{\sqrt{1 + y'(x)^2}},$$

то

$$\frac{dv}{dt} = g \frac{|y'(x)| - k_1}{\sqrt{1 + y'(x)^2}} - v^2 \left( \frac{k_1 |y''(x)|}{\sqrt{(1 + y'(x)^2)^3}} + \frac{k_2}{M} \right).$$

Поскольку  $v = \frac{ds}{dt} = \frac{\sqrt{1 + y'(x)^2} dx}{dt}$ , то  $\frac{dx}{dt} = \frac{v}{\sqrt{1 + y'(x)^2}}$ .

Таким образом, получаем систему двух дифференциальных уравнений первого порядка

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dv}{dt} = g \frac{|y'(x)| - k_1}{\sqrt{1 + y'(x)^2}} - v^2 \left( \frac{k_1 |y''(x)|}{\sqrt{(1 + y'(x)^2)^3}} + \frac{k_2}{M} \right) \\ \frac{dx}{dt} = \frac{v}{\sqrt{1 + y'(x)^2}} \end{array} \right.$$

Точное решение системы в общем случае получить не удастся. Однако для каждого конкретного вида профиля горки можно получить приближенное решение различными численными методами.

#### Список литературы

1 Головнич, А. К. Моделирование процесса роспуска вагонов на адекватной трехмерной компьютерной реконструкции сортировочной горки / А. К. Головнич, С. П. Новиков, С. Ю. Чапский // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. В 5 ч. Ч. 3. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 15–16.

2 Головнич, А. К. Исходная математическая модель и визуализация процесса интервального скатывания объектов с упругой поверхностью имитации сортировочной горки / А. К. Головнич, С. П. Новиков // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 15–16.

УДК 539.3

### О ВЛИЯНИИ АДГЕЗИИ НА НЕСТАЦИОНАРНЫЙ КОНТАКТ ЖЕСТКОГО ШТАМПА С МЕМБРАНОЙ

*А. С. ОКОНЕЧНИКОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

*Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ);*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

*Е. С. ФЕОКТИСТОВА*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В данной работе проведено исследование взаимодействия мембраны и жесткого штампа, форма которого задается некоторой функцией; задача рассматривается с учетом сил адгезионного давления. Постановка задачи предполагает решение в два этапа: до наступления контакта и с наступления контакта рассматриваемых тел. Для описания модели адгезионного взаимодействия за основу была взята модель Можи, описываемая следующим выражением:

$$p_a(h) = \begin{cases} -p_0, & 0 < h \leq h_{\max}, \\ 0, & h > h_{\max}, \\ 0, & x \neq W(x, t). \end{cases}$$

На этапе бесконтактного взаимодействия был разработан численно-аналитический метод определения нормального перемещения границы мембраны, а также носителя адгезионного взаимодействия. Завершение данного этапа взаимодействия наступит в момент наступления механического контакта между мембраной и штампом

Второй этап предполагает не только нахождение перемещения границ мембраны и носителя адгезионного взаимодействия, но и определение контактных напряжений, возникающих в момент контакта штампа и мембраны. Для нахождения искомых напряжений относительно их записывается интегральное уравнение. Проведя дискретизацию по времени и пространственной координате, интегральное уравнение приводится к системе линейных алгебраических уравнений относительно контактных напряжений. В настоящее время ведется работа над реализацией алгоритмов определения контактных напряжений на компьютере. Получены результаты для бесконтактного этапа взаимодействия, представлены графические результаты.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект 20-08-01042 А.*

## КОНДУКТИВНЫЙ ТЕПЛОПЕРЕНОС В МАТЕРИАЛАХ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ

*А. А. ОРЕХОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

*Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт (НИИ),*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

В связи с бурным развитием современных технологий и созданием новых материалов к настоящему времени сформировался достаточно широкий круг задач физики и механики сплошной среды, к которому классические методы решения задач теплопереноса в твёрдых телах в чистом виде не применимы. Интенсивное развитие методов и технологий, позволяющих генерировать и использовать потоки теплового излучения большой мощности и кратковременной длительности, возможность применения концентрированных потоков энергии в различных сферах современных технологий от медицины и биотехнологий до способов создания и обработки современных материалов и разрушения горных пород, приводит к необходимости создания математических моделей сред и элементов конструкций, которые обладают неклассическими усложнёнными свойствами, а также изучения многообразия физико-механических эффектов, сопровождающих воздействие высокоинтенсивных потоков энергии на вещество. Актуальными в настоящее время, остаются задачи построения математических моделей быстропротекающих нестационарных процессов в телах и элементах конструкций с усложнёнными свойствами.

Представлено решение пространственной нестационарной задачи о действии подвижного источника теплового потока, индуцированного воздействием лазерного излучения на поверхность полупространства, с использованием принципа суперпозиции и метода функций влияния. Для описания процесса лазерного нагрева использовано гиперболическое уравнение нестационарной теплопроводности с учётом времени релаксации. Разработан и реализован численно-аналитический алгоритм, позволяющий определять распределение температуры как по поверхности, так и по глубине полупространства. Результаты работы могут быть использованы при определении вклада кондуктивной составляющей в общий теплообмен материалов, подвергающихся воздействию интенсивных тепловых потоков (лазерная обработка поверхности, лазерные аддитивные технологии, обтекание и нагрев материалов высокоэнтальпийными газами и пр.).

На основе обобщённого уравнения гиперболической теплопроводности с учётом времени релаксации построена математическая модель процесса нагрева поверхности полупространства высокоинтенсивным источником потока тепла. С помощью аналитических методов решена трёхмерная нестационарная задача о построении поверхностной функции Грина. Данная математическая модель позволяет определять распределение температуры не только в окрестностях пятна нагрева на поверхности полупространства, но и по глубине, что является важным при моделировании процессов трёхмерной печати, а также при исследовании процессов теплопереноса в материалах, подвергнутых воздействию высокоэнтальпийных потоков газа (например, в условиях аэрогазодинамического обтекания и нагрева деталей и агрегатов скоростных летательных аппаратов).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код проекта FSFF-2020-0017).*

## РАЗВИТИЕ МЕХАНИКИ В БЕЛАРУСИ: ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ

*Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ*

*Национальная академия наук, г. Минск, Республика Беларусь*

В Беларуси механикой занимаются следующие учебные и научные организации: Белгосуниверситет, БНТУ, ОИМ НАН Беларуси, Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси

си, Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, ГНПО порошковой металлургии НАН Беларуси, ГГУ имени Ф. Скорины, БелГУТ, БАТУ, БГТУ, МГТУ.

Они развивают в Беларуси различные разделы механики: механику твердого тела, механику жидкости и газа, механику машин, механизмов, конструкций, строительную механику, механику металлополимерных систем, геомеханику, технологическую механику, динамику и прочность, компьютерную механику, биомеханику, микро- и наномеханику, механику ауксетиков, механику структур и интеллектуальных (умных) материалов.

Финансирование научных исследований осуществляется Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований, в рамках Государственных программ научных исследований, Государственных научно-технических программ, грантами Президента Республики Беларусь.

В Беларуси издаются профильные специализированные научные издания: Известия НАН Беларуси, серии физико-математических и физико-технических наук; Механика материалов и конструкций. Расчеты и моделирование (ИММС НАН Беларуси); Инженерно-физический журнал (ИТМО НАН Беларуси); Механика машин, механизмов и материалов (ОИМ НАН Беларуси); Теоретическая и прикладная механика (БНТУ); Механика. Исследования и инновации (БелГУТ); Вестники, известия и журналы институтов, университетов, академий (Вестник БГУ. Математика. Механика); Трение и износ (ИММС НАН Беларуси); Машиностроение (БНТУ); Актуальные вопросы машиноведения (ОИМ НАН Беларуси).

Для аттестации научных кадров в Беларуси работают советы по защите диссертаций.

1 Д.02.05.07 – 01.02.04 БНТУ Чигарев А. В., Василевич Ю. В.

2 К.02.27.01 – 01.02.04 БелГУТ Старовойтов Э. И.

3 Д.01.15.01 – 01.02.06 ОИМ НАН Беларуси Высоцкий М. С., Моисеенко В. И.

Наши ученые представлены в различных иностранных печатных изданиях: Механика композитных материалов, Латвия, ИМП (Белый В. А., Юркевич О. Р., Плескачевский Ю. М., Михасев Г. И.); Механика композиционных материалов и конструкций, Россия, ИПМ (Старовойтов Э. И.); Российский журнал биомеханики, ПНИПУ (Плескачевский Ю. М., Шилько С. В.); Вестник Саратовского университета. Математика и механика (Старовойтов Э. И)

В Беларуси комплектуются и финансируются программы различного уровня, включающие подпрограммы, задания и проекты по механике; выполняются проекты БРФФИ; издаются соответствующие журналы и сборники; пишутся монографии и учебники; ежегодно проводятся профильные конференции, один раз в три года – Белорусский конгресс по теоретической и прикладной механике; функционируют докторантура и аспирантура, советы по защита диссертаций; работают профильные кафедры и лаборатории, готовятся специалисты, магистры, кандидаты и доктора наук.

В целом развитие механики в Беларуси осуществляется в рамках госпрограмм различного уровня, исследований и разработок научных центров, в русле заложенных традиций, на основе инициативы руководителей профильных организаций, научных школ и отдельных ученых.

Исторически сложилось так, что благодаря осуществляемой на протяжении десятилетий инициативе руководителей и ученых Объединенного института машиностроения НАН Беларуси (именно этот институт через руководимые им программы различного уровня, регулярно проводимые конгрессы и конференции, издаваемый профильный журнал, функционирующий докторский совет стал научным центром координации проводимых в Беларуси исследований и разработок в области механики машин, материалов и конструкций.

Необходимо отметить исследователей БелГУТа, издавших монографии и учебные пособия [1–12] в области механики деформируемого твердого тела.

#### Список литературы

1 Старовойтов, Э. И. Вязкоупругопластические слоистые пластины и оболочки / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2002. – 343 с.

2 Старовойтов, Э. И. Локальные и импульсные нагрузки трехслойных элементов конструкций / Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая, Д. В. Леоненко. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 367 с.

3 Плескачевский, Ю. М. Деформирование металлополимерных систем / Ю. М. Плескачевский, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – Минск : Бел. наука, 2004. – 342 с.

4 Плескачевский, Ю. М. Динамика металлополимерных систем / Ю. М. Плескачевский, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – Минск : Бел. наука, 2004. – 386 с.

5 Горшков, А. Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : Физматлит, 2005. – 576 с.

- 6 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных элементов конструкций на упругом основании / Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая, Д. В. Леоненко. – М. : Физматлит, 2006. – 380 с.
- 7 Журавков, М. А. Механика сплошных сред. Теория упругости и пластичности / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2011. – 543 с.
- 8 Плескачевский, Ю. М. Механика трехслойных стержней и пластин, связанных с упругим основанием / Ю. М. Плескачевский, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко. – М. : Физматлит, 2011. – 560 с.
- 9 Starovoitov, E. I. Foundations of the theory of elasticity, plasticity, and viscoelasticity / E. I. Starovoitov, F. B. Nagiyev. – New Jersey – Toronto : Apple Academic Press, 2012. – 346 p.
- 10 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : МАИ, 2016. – 184 с.
- 11 Старовойтов, Э. И. Трехслойные стержни в терморadiационных полях / Э. И. Старовойтов, М. А. Журавков, Д. В. Леоненко. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 276 с.
- 12 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела : учеб. пособие / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.

УДК 517.958

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИБРИРУЮЩЕГО ЦИЛИНДРА, ОБРАЗУЮЩЕГО СТЕНКУ КОЛЬЦЕВОГО КАНАЛА, С ТОРЦЕВЫМ УПЛОТНЕНИЕМ ДАННОГО КАНАЛА

В. С. ПОПОВ, А. А. ПОПОВА

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,  
Российская Федерация*

Моделирование взаимодействия жидкости с упругоподатливыми стенками каналов, ее ограничивающими, представляет одно из направлений современной прикладной математики и является важной задачей при рассмотрении проблем безопасности на современном транспорте. Это связано с тем, что такие стенки входят в состав датчиков гидравлических систем, гидродинамических и гидростатических подшипников, систем гашения колебаний, жидкостного охлаждения, гидропривода и подачи топлива. При разработке математических моделей упругие конструкции представляют в виде твердых тел с упругими связями, балок, пластин или оболочек [1–3]. В [4] предложена модель взаимодействия вибрирующего штампа, подпираемого пружиной, с идеальной жидкостью, имеющей свободную поверхность и находящейся в плоском бесконечно длинном канале малой глубины. В [5] проведены натурные эксперименты по определению собственных частот колебаний прямоугольных пластин с различными краевыми опорами, покоящихся на свободной поверхности воды и воздуха. В [6] изучались изгибные колебания консольной балки Эйлера – Бернулли, погруженной в неограниченный объем вязкой жидкости. Исследование колебаний жесткой стенки, имеющей упругую опору, для узкого клиновидного канала, заполненного вязкой несжимаемой жидкостью, проведено в [7]. В работах [8, 9] исследовались колебания упругозакрепленных стенок узкого плоского канала, взаимодействующего с вязкой несжимаемой жидкостью, его заполняющей. Однако в указанных работах не рассматривается случай кольцевого канала, заполненного пульсирующей вязкой жидкостью, и наличия торцевого уплотнения, имеющего упругий подвес.

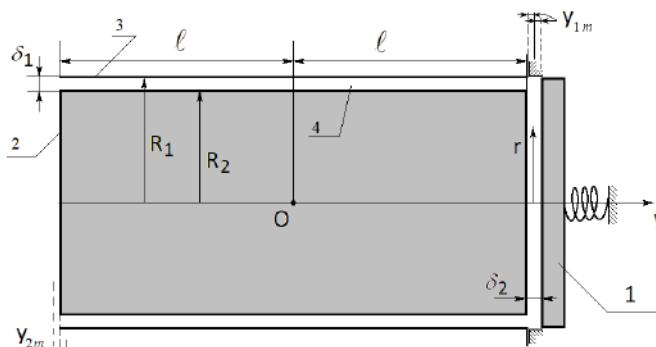


Рисунок 1 – Вид кольцевого канала с торцевым уплотнением, имеющим упругий подвес

Рассмотрим узкий кольцевой канал (рисунок 1). Радиус внутреннего сплошного цилиндра 2  $R_2$ , а внешнего 3  $R_1$ . Длина канала  $2l$ . Размер кольцевого зазора  $\delta_1 = R_1 - R_2$  и  $\delta_1 \ll R_2$ . На правом конце канала имеется торцевое уплотнение в виде диска 1 радиуса  $R_2$ . Узкий торцевой зазор  $\delta_2$ . Полагаем, что  $\delta_1 / \delta_2 = O(1)$ . Торцевой диск имеет упругий подвес и может колебаться вдоль оси канала. Амплитуда его колебаний  $y_{1m} \ll \delta_2$ . Канал заполнен вязкой несжимаемой жидкостью 4. Левый конец канала примыкает к полости, заполненной той же жидко-

стью с постоянным давлением, которое далее полагаем равным нулю. Изучаем осесимметричную задачу и вводим цилиндрическую систему координат  $Oy r \theta$ , начало которой в центре оси симметрии канала. Рассмотрим установившиеся вынужденные колебания торцевой стенки, обусловленные гармоническим законом вибрации внутреннего цилиндра.

В узких зазорах движение вязкой жидкости ползучее и уравнения ее динамики имеют вид [10]

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = \nu \left( \frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial y^2} - \frac{V_r}{r^2} \right), \quad \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = \nu \left( \frac{\partial^2 V_y}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_y}{\partial r} + \frac{\partial^2 V_y}{\partial y^2} \right), \quad \frac{\partial V_y}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{\partial V_y}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

граничные условия (1) для кольцевой щели имеют вид

$$V_r = 0, \quad V_y = 0 \quad \text{при} \quad r = R_2, \quad V_r = 0, \quad V_y = 0 \quad \text{при} \quad r = R_1 = R_2 + \delta_1, \quad (2)$$

$$p = 0 \quad \text{при} \quad y = -\ell, \quad \int_{R_2}^{R_2 + \delta_1} \int_0^{2\pi} V_y r d\theta dr = \pi R_2^2 \frac{dy_1}{dt} \quad \text{при} \quad y = \ell, \quad (3)$$

граничные условия (1) для торцевой щели имеют вид

$$V_r = 0, \quad V_y = y_{2m} \frac{df_2(\omega t)}{dt} \quad \text{при} \quad y = \ell, \quad V_r = 0, \quad V_y = y_{1m} \frac{df_1(\omega t)}{dt} \quad \text{при} \quad y = \ell + \delta_2 + y_m f_y(\omega t), \quad (4)$$

$$p = p^T \quad \text{при} \quad r = R_2, \quad r \frac{\partial p}{\partial r} = 0 \quad \text{при} \quad r = 0, \quad (5)$$

где  $V_y, V_r$  – проекции скорости движения жидкости;  $\rho$  – плотность жидкости;  $\nu$  – кинематическая вязкость жидкости;  $p$  – давление;  $y_1 = y_{1m} f_1(\omega t), y_2 = y_{2m} f_2(\omega t)$  – законы движения торцевого уплотнения и внутреннего цилиндра;  $p^T$  – давление в сечении при переходе от кольцевого зазора к торцевому.

Уравнение движения торцевого диска имеет вид

$$m d^2 y / dt^2 + ny = 2\pi \int_0^{R_2} p|_{y=\ell+\delta_2} r dr. \quad (6)$$

Представленная выше модель (1)–(6) исследовалась методом возмущений. Вначале рассматривалась задача гидромеханики для кольцевой щели и определялся закон изменения давления жидкости в ней. Затем определено распределение давления жидкости в торцевой щели. На последнем этапе решалось уравнение (6) для режима установившихся гармонических колебаний и на основе его решения была построена амплитудная частотная характеристика (АЧХ) торцевого уплотнения. Данная характеристика позволяет исследовать колебания торцевого уплотнения кольцевого канала и, в частности, определять его резонансные частоты колебаний и соответствующие им амплитуды колебаний торцевого уплотнения.

#### Список литературы

- 1 Païdoussis, M. P. Fluid-Structure Interactions: Slender Structures and Axial Flow / M. P. Païdoussis. – Vol. 2. – London : Elsevier Academic Press, 2004. – 1040 p.
- 2 Amabili, M. Nonlinear Vibrations and Stability of Shells and Plates / M. Amabili. – New York : Cambridge University Press, 2008. – 392 p.
- 3 Morozov, D. Added mass study of plane structures at their various motions / D. Morozov, D. Indeitsev, A. Michailov // Materials Physics and Mechanics. – 2019. – Vol. 41, no. 1. – P.116–124.
- 4 Indeitsev, D. A., Osipova E.V. Nonlinear effects in trapped modes of standing waves on the surface of shallow water / D. A. Indeitsev, E. V. Osipova // Technical Physics. – 2000. – Vol. 45, no. 12. – P.1513–1517.
- 5 Bochkarev, S. A. Experimental investigation of natural and harmonic vibrations of plates interacting with air and fluid / S. A. Bochkarev, A. O. Kamenskikh, S.V. Lekontsev // Ocean Engineering. – 2020. – Vol. 206. – 10734.
- 6 Faria, C. T. Modeling energy transport in a cantilevered Euler-Bernoulli beam actively vibrating in Newtonian fluid / C. T. Faria, D. J. Inman // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2014. – Vol. 45, no. 2. – P. 317–329.
- 7 Могилевич, Л. И. Продольные и поперечные колебания упругозакрепленной стенки клиновидного канала, установленного на вибрирующем основании / Л. И. Могилевич, В. С. Попов, А. А. Попова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2018. – № 3. – С. 28–36.
- 8 Попов, В. С. Моделирование взаимодействия стенки канала с упругозакрепленным торцевым уплотнением / В. С. Попов, А. А. Попова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2020. – Т. 12, № 2. – С. 387–400.
- 9 Попов, В. С. Моделирование гидроупругих колебаний стенки канала, имеющей нелинейно-упругую опору / В. С. Попов, А. А. Попова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 79–92.
- 10 Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа : учеб. для вузов / Л. Г. Лойцянский. – 7-е изд., испр. – М. : Дрофа, 2003. – 840 с.

## КОНТРОЛЬ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА ЛОПАТОК ВЕРТОЛЕТНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ЕГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

В. А. ПОТАПОВ, А. В. МАМОЙКО

*Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

Анализ надежности вертолетных газотурбинных двигателей (ВГТД) в процессе технической эксплуатации показал, что из всех элементов газозоудушного тракта двигателя наиболее уязвимым, вследствие пылевой эрозии лопаток, является компрессор [1]. Применение пылезащитных устройств (ПЗУ) не приводит к полному устранению пыли и, как следствие, эрозионному изнашиванию деталей проточной части компрессора. Инструментальные методы контроля величины эрозионного износа лопаток компрессора, применяемые на сегодняшний день, имеют высокую степень субъективности, большую трудоемкость и в большинстве случаев не дают комплексной оценки степени эрозионного износа лопаток компрессора [2]. Оптимальным путем решения данной проблемы является достижение высокого уровня контролепригодности компрессора, что возможно лишь при непрерывной тесной взаимной связи процессов проектирования с процессами разработки и внедрения в эксплуатацию новых методов и средств диагностирования.

В настоящее время параметрическая диагностика ГТД по термогазодинамическим параметрам является одним из наиболее распространенных и эффективных методов оценки их технического состояния. Именно этим методом оценивается способность ГТД выполнять основную функцию – развивать необходимую мощность [3]. Одним из основных вопросов параметрического метода технического диагностирования элементов ГТД является выбор основных функциональных параметров, обладающих наибольшей диагностической ценностью. Определения диагностических параметров (признаков) предусматривают анализ математической модели ГТД как объекта диагностирования и модели его возможных дефектов. В качестве исходной информации при реализации методики используются результаты опробования двигателя, а также априорные данные, необходимые для формирования математической модели двигателя и выбора перечня идентифицируемых параметров.

Используя зависимости газодинамических параметров работы компрессора вертолетного газотурбинного двигателя ТВЗ-117 от его наработки и запыленности атмосферы [4], получили нормированные значения изменения параметров  $\Delta K_y$  (44,12 %),  $\pi_k$  (18,5 %),  $\eta_k$  (6,15 %),  $G_b$  (5,34 %),  $T_k$  (4,66 %) в процентном отношении в процессе эксплуатации двигателя (рисунок 1), где  $\Delta K_y$  – запас газодинамической устойчивости компрессора;  $\eta_k$  – коэффициент полезного действия компрессора;  $\pi_k$  – степень повышения давления компрессора;  $T_k$  – температура на выходе из компрессора.

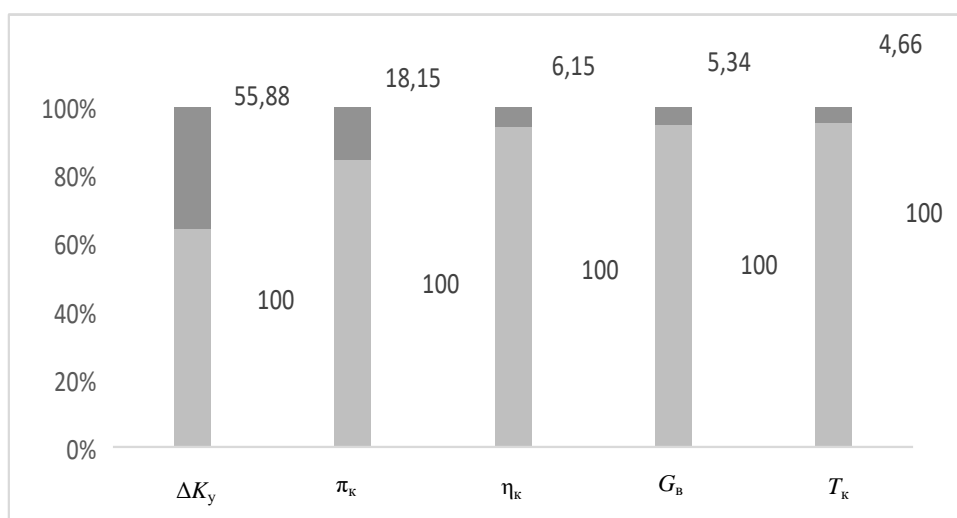


Рисунок 1 – Гистограмма изменения параметров компрессора при эрозионном износе лопаток в процессе эксплуатации двигателя

Из рисунка 1 видно, что наиболее информативными по величине изменения параметра являются запас газодинамической устойчивости компрессора ЗГДУ  $\Delta K_y$  и степень повышения давления  $\pi_k$ . Проведенные натурные исследования в работах [5, 6] показали, что с учетом возможности измерения на вертолете Ми-8 (Ми-24) необходимо использовать  $\pi_k$ , так как:

1) данный параметр, напрямую определяет изменения характеристики компрессора в результате эрозионного износа его лопаток;

2) независим от изменения характеристик других узлов двигателя, в отличие от  $\Delta K_y$ ;

3) легкодоступен в регистрации и обработке;

4) зарубежные фирмы (Pratt & Whitney, Rolls-Royce и т. д.) также проводят исследования по выбору наилучшего способа управления, позволяющего поддержать требуемые характеристики узлов ВГТД в результате эксплуатационных воздействий, в том числе эрозионного износа. Результаты данных исследований нашли применение при разработке двигателей PW4000, Trent1000, в которых для управления режимом работы двигателя используется параметр «степень повышения давления компрессора» [7]. Таким образом, при разработке методики контроля эрозионного износа лопаток в качестве основного информативного параметра принимается степень повышения давления компрессора.

Полученные результаты применимы для разработки методики контроля степени эрозионного износа лопаток компрессора ВГТД по его газодинамическим параметрам, а также позволяют выявлять дефекты на ранней стадии их возникновения, что обеспечивает своевременное проведение работ по обслуживанию, ремонту компрессора или его замене.

#### Список литературы

1 **Потапов, В. А.** Анализ влияния запыленности атмосферы на износ лопаток осевого компрессора вертолетного газотурбинного двигателя в процессе эксплуатации / В. А. Потапов, А. А. Санько, Р. И. Хованский // *Неразрушающий контроль и диагностика*. – 2020. – № 4. – С. 32–38.

2 **Богданов, А. Д.** Турбовальный двигатель ТВ3-117ВМ: конструкция и техническое обслуживание : учеб. пособие / А. Д. Богданов, Н. П. Калинин, А. И. Кривко. – М. : Воздуш. транспорт, 2000. – 392 с.

3 **Стельмах, М. В.** Совершенствование методов технической диагностики газоперекачивающих агрегатов с авиационным газотурбинным приводом АЛ-31СТ(Н) / М. В. Стельмах, И. А. Кривошеев, И. М. Горюнов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1 (Ч. 1). – 11 с.

4 **Потапов, В. А.** Зависимость термогазодинамических параметров работы компрессора вертолетного газотурбинного двигателя от его наработки и запыленности атмосферы / В. А. Потапов, А. А. Санько, М. В. Кудин // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. Физико-математических наук*. – 2021. – Т. 57, № 3. – С. 307–319.

5 **Потапов, В. А.** Контроль технического состояния компрессора газотурбинного двигателя ТВ3-117 по изменению запаса его газодинамической устойчивости / В. А. Потапов, А. А. Санько, А. А. Шейников // *Вестник УГАТУ*. – 2019. – Т. 23, № 3 (85). – С. 88–95.

6 **Потапов, В. А.** Диагностика технического состояния компрессора ГТД в процессе его эксплуатации по комплексному термогазодинамическому параметру / В. А. Потапов, А. А. Санько, Р. И. Хованский // *Авиационный вестник*. – 2020. – № 3. – С. 19–25.

7 **Гуревич, О. С.** Исследования способов управления, инвариантных к ухудшению характеристик узлов двигателя в процессе эксплуатации / О. С. Гуревич, С. А. Сметанин, М. Е. Трифионов // *International Conference on Aviation Motors – ICAM 2020*. – Moscow, May 18–21, 2021. – P. 88–92.

УДК 536.21

## ЭКРАННО-ВАКУУМНАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

*П. Ф. ПРОНИНА, А. В. БАБАЙЦЕВ, А. П. ВЯТЛЕВ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

С развитием ракетно-космической индустрии всё больше возрастают требования к защите космических аппаратов (КА) от избыточного тепла и различного рода излучений. За стабилизацию теплового режима КА отвечает система обеспечения теплового режима (СОТР), которую в свою очередь можно разделить на активную и пассивную [1]. Задачей пассивной системы терморегулирования является сохранение необходимого температурного диапазона благодаря применению материалов с необходимыми оптическими и термическими параметрами. К таким материалам относится экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ). Применение ЭВТИ обеспечивает возможность существенно снизить интенсивность теплообмена элементов конструкции и оборудования КА с



окружающей средой, то есть уменьшить тепловой поток, поступающий к элементам конструкции и оборудованию КА от Солнца, и наоборот, от КА с теневой стороны в открытый космос.

ЭВТИ обладает уникальными теплоизоляционными характеристиками. Ее термическое сопротивление, отнесенное к весу единицы площади поверхности, является наибольшим из всех известных типов теплоизоляции. ЭВТИ технологична, может наноситься на элементы КА различной формы. Обычно для поддержания необходимого теплового режима КА вся его поверхность покрывается ЭВТИ, за исключением определенных участков поверхности, через которые осуществляется регулируемый теплообмен с окружающей средой, а также тех внешних элементов КА, которые должны функционировать в открытом космосе [2].

ЭВТИ имеет многослойную структуру из тепловых экранов  $n = 10 \dots 100$ , изготовленных из пленочных металлизированных с одной или двух сторон методом напыления полимерных материалов с высоким коэффициентом отражения, разделенных прокладками из стекловолокнистых [3] материалов с низкой теплопроводностью. Наружную и внутреннюю поверхности ЭВТИ обшивают комбинированными материалами «НИИКАМ-КПМА» или «НИИКАМ-РАМ-2». В зависимости от места установки, рабочего температурного режима и целевых задач ЭВТИ определяется количество слоев и марка ЭВТИ. На данный момент марки ЭВТИ классифицируются следующим образом:

–  $\leq 150$  °С – в качестве экранов ЭВТИ применяют полиэтилентерефталатную (ПЭТ) пленку, металлизированную алюминием методом напыления;

–  $\leq 300$  °С – в качестве экранов ЭВТИ применяют полиимидную (ПИ) пленку, металлизированную алюминием методом напыления;

–  $\leq 500$  °С – в качестве экранов ЭВТИ применяют фольгу из алюминия;

– 500 °С – в качестве экранов ЭВТИ применяют фольгу из никеля [4].

В зависимости от требований к ЭВТИ напыление (металлизация) алюминия на тепловые экраны производится на одну сторону или на две. Данная технология применяется для придания пленки термооптических характеристик, которые определяются коэффициентом поглощения солнечного излучения покрытия  $A_s$  и коэффициентом излучения  $\epsilon$ .

*Работа выполнена с финансовой поддержкой гранта Президента Российской Федерации МК-398.2022.4.*

#### Список литературы

1 **Страповалова, В. Н.** Разработка терморегулирующего покрытия, содержащего наночастицы оксидов металлов : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 05.16.08 / В. Н. Страповалова ; РХТУ им. Д. И. Менделеева. – М., 2017. – 16 с.

2 Пат. 2344972 Российская Федерация, МПК В 32 В 5/08. Экранно-вакуумная теплоизоляция космического аппарата / Е. Д. Пожидаев [и др.] ; заявитель и обладатель Моск. гос. ин-т электроники и математики (техн. ун-т). – № 2007109345/11 ; заявл. 15.03.2007 ; опубл. 10.10.2008. – 2 с. : ил.

3 ОСТ 92-1380–83. Изоляция тепловая экранно-вакуумная. Марки и технические требования. – Введ. 1984-03-02. – М. : М-во общего машиностроения СССР, 1985. – 37 с. – (Отраслевой стандарт).

4 **Матвеев, Н. К.** Экранно-вакуумная теплоизоляция и определение ее характеристик : учеб. пособие / Н. К. Матвеев. – СПб., 2012. – 12 с.

УДК 539.3

## МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ О ПЕРЕХОДНЫХ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССАХ В ВЯЗКОУПРУГИХ ТЕЛАХ

*С. Г. ПШЕНИЧНОВ*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Вязкоупругие материалы широко используются в современном производстве. Одним из важных направлений в области изучения волновых процессов в таких материалах являются аналитические и численно-аналитические исследования. Изложение основных методов, используемых в таких исследованиях, можно найти, например, в публикациях [1]–[7]. Целью данной работы является обсуждение вопроса о связи между решением нестационарной динамической задачи линейной вязкоупругости в случае конечной области распространения возмущений и решением спектральной задачи о свободных колебаниях вязкоупругого тела. При определенных условиях, налагаемых на ис-

ходные данные, опираясь на результаты работы [8], предлагается свести построение решения нестационарной задачи линейной вязкоупругости к отысканию на комплексной плоскости собственных значений задачи о свободных колебаниях вязкоупругого тела. Целью также является демонстрация теоретических положений на примере построения решения конкретной задачи.

Рассмотрим нестационарную динамическую задачу линейной вязкоупругости, считая область изменения пространственных координат  $\Omega$  с границей  $\Sigma$  в рамках одномерной, двумерной, или трехмерной постановок ограниченной. Задача включает в себя уравнение динамики

$$(\hat{\lambda} + \hat{\mu})\text{grad div } \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + \hat{\mu}\Delta\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + \mathbf{f}(\mathbf{x}, t) = \rho\ddot{\mathbf{u}}(\mathbf{x}, t);, \quad \mathbf{x} \in \Omega; \quad (1)$$

определяющие соотношения

$$\tilde{\boldsymbol{\sigma}}(\mathbf{x}, t) = 2\hat{\mu}\text{def } \mathbf{u}(\mathbf{x}, t) + \hat{\lambda}\text{div } \mathbf{u}(\mathbf{x}, t)\tilde{\mathbf{I}}, \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (2)$$

обобщенные граничные условия

$$\tilde{\boldsymbol{\alpha}}(\mathbf{x})\tilde{\boldsymbol{\sigma}}(\mathbf{x}, t)\mathbf{n} + \tilde{\boldsymbol{\beta}}(\mathbf{x})\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{p}(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{x} \in \Sigma, \quad t > 0 \quad (3)$$

и начальные условия:

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, 0) = \mathbf{b}_1(\mathbf{x}), \quad \dot{\mathbf{u}}(\mathbf{x}, 0) = \mathbf{b}_2(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (4)$$

где  $\hat{\lambda}$  и  $\hat{\mu}$  – операторы вида

$$\hat{\lambda} = \frac{1}{3}[3K_0(1 - \hat{T}_v) - 2G_0(1 - \hat{T}_s)], \quad \hat{\mu} = G_0(1 - \hat{T}_s), \quad \hat{T}_j \xi(t) = \int_0^t T_j(t - \tau)\xi(\tau)d\tau, \quad j = v, s, \quad (5)$$

$\tilde{\boldsymbol{\sigma}}$  – тензор напряжений;  $\mathbf{u}$  – вектор перемещений;  $\mathbf{n}$  – единичная внешняя нормаль;  $\rho$  – плотность;  $\Delta$  – оператор Лапласа;  $\tilde{\mathbf{I}}$  – единичный тензор;  $G_0, K_0$  – мгновенные значения модулей сдвига и объемного сжатия;  $T_v(t), T_s(t)$  – ядра объемной и сдвиговой релаксации;  $\tilde{\boldsymbol{\alpha}}, \tilde{\boldsymbol{\beta}}$  – заданные тензоры второго ранга, определяющие тип граничных условий;  $\mathbf{p}, \mathbf{f}, \mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2$  – заданные векторы граничных воздействий, объемных сил, начальных перемещений и скоростей; точка над переменной обозначает производную по времени  $t$ .

После применения интегрального преобразования Лапласа по времени получим задачу в изображениях, где участвуют  $\mathbf{U}(\mathbf{x}, s), \tilde{\mathbf{S}}(\mathbf{x}, s), \mathbf{F}(\mathbf{x}, s), \mathbf{P}(\mathbf{x}, s), \Theta_v(s), \Theta_s(s)$  – соответствующие изображения величин  $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t), \tilde{\boldsymbol{\sigma}}(\mathbf{x}, t), \mathbf{f}(\mathbf{x}, t), \mathbf{p}(\mathbf{x}, t), T_v(t), T_s(t)$ .

Рассмотрим задачу о свободных колебаниях исследуемого вязкоупругого тела в отсутствие объемных сил и граничных воздействий. Считаем, что колебания происходят спустя такое время после их начала, когда характер колебаний уже не зависит от способа их возбуждения, поэтому нижний предел интегрирования в определяющих соотношениях вязкоупругости примем равным минус бесконечности (вместо нуля (5)). Представив нетривиальное решение такой задачи в форме  $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{V}(\mathbf{x}, s)e^{st}$ , получим спектральную задачу [8], собственные значения  $s \in \mathbb{C}$  которой составляют спектральное множество  $E_s$ . В работе [8] рассмотрена связь между спектральным множеством  $E_s$  и точками ветвления, а также полюсами изображений  $\mathbf{U}(\mathbf{x}, s), \tilde{\mathbf{S}}(\mathbf{x}, s)$ . Здесь же сформулируем дополнительные утверждения.

**Утверждение 1.** Любое собственное значение спектральной задачи является особой точкой изображений  $\mathbf{U}(\mathbf{x}, s), \tilde{\mathbf{S}}(\mathbf{x}, s)$ .

**Утверждение 2.** Пусть выполнены следующие условия:

- 1) множество  $E_s$  не больше, чем счетное;
- 2) изображения наследственных ядер  $\Theta_v(s), \Theta_s(s)$ , а также компонент векторов объемных сил и граничных воздействий  $\mathbf{F}(\mathbf{x}, s), \mathbf{P}(\mathbf{x}, s)$  не имеют точек ветвления на комплексной плоскости;
- 3) для решения задачи в изображениях  $\mathbf{U}(\mathbf{x}, s), \tilde{\mathbf{S}}(\mathbf{x}, s)$  выполнены известные в теории контурного интегрирования асимптотические условия в окрестности бесконечно удаленной точки и малых окрестностях конечных предельных точек множества полюсов.

Тогда решение нестационарной задачи (1)–(5) в оригиналах  $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t), \tilde{\boldsymbol{\sigma}}(\mathbf{x}, t)$  представляется в виде суммы вычетов в полюсах выражений  $\mathbf{U}(\mathbf{x}, s)e^{st}, \tilde{\mathbf{S}}(\mathbf{x}, s)e^{st}$ . При этом множество таких полюсов,

наряду с полюсами, определяемыми объемными силами и внешними воздействиями, включает в себя множество  $E_s$ . По сути, это и есть спектральное разложение решения задачи (1)–(5).

Пусть оба ядра  $T_v(t)$ ,  $T_s(t)$  принадлежат множеству функций класса:

$$\sum_{n=1}^N a_n \exp(-b_n t), \quad 0 \leq \sum_{n=1}^N a_n / b_n < 1, \quad b_n > 0 \quad (n=1, 2, \dots, N),$$

при этом константы  $a_n, b_n$  и  $N$  для каждого ядра свои. В этом случае нестационарная динамическая задача линейной вязкоупругости сводится к отысканию элементов спектрального множества  $E_s$ . Метод поиска этих элементов изложен в статье [9].

В данной работе для демонстрации вышеприведенных теоретических положений построено решение задачи о переходном волновом процессе в вязкоупругом полой шаре в случае, когда коэффициент Пуассона зависит от времени. Шар изначально покоится, но, начиная с некоторого момента, на его внешнюю поверхность, а также на поверхность полости начинают действовать равномерно распределенные и зависящие от времени нагрузки. Проведены расчеты параметров волнового процесса при конкретных исходных данных.

#### Список литературы

- 1 **Егорычев, О. А.** Нормальный удар по торцу цилиндрической оболочки / О. А. Егорычев, О. И. Поддаева // Строительная механика и расчет сооружений. – 2006. – № 1 – С. 34–36.
- 2 **Желтков, В. И.** Переходные функции в динамике вязкоупругих тел / В. И. Желтков, Л. А. Толоконников, Н. Г. Хромова // Докл. РАН. – 1993. – Т. 329, № 6. – С. 718–719.
- 3 **Ильясов, М. Х.** Нестационарные вязкоупругие волны : [монография] / М. Х. Ильясов. – Баку, 2011. – 330 с.
- 4 **Лычева, Т. Н.** Спектральные разложения в динамических задачах вязкоупругости / Т. Н. Лычева, С. А. Лычев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2016. – № 4. – С. 120–150. – DOI: 10.15593/perm.mech/2016.4.08.
- 5 **Филиппов, И. Г.** Математическая теория колебаний упругих и вязкоупругих пластин и стержней / И. Г. Филиппов, В. Г. Чебан. – Кишинев : Штиинца, 1988. – 190 с.
- 6 **Colombaro, I.** On the propagation of transient waves in a viscoelastic Bessel medium / I. Colombaro, A. Giusti, F. Mainardi // Z. Angew. Math. Phys. – 2017. – Vol. 68. – Article number: 62. – DOI: 10.1007/s00033-017-0808-6.
- 7 **Rossikhin, Yu. A.** Analysis of the Viscoelastic Sphere Impact Against a Viscoelastic Uflyand-Mindlin Plate Considering the Extension of its Middle Surface / Yu. A. Rossikhin, M. V. Shitikova, Phan Thanh Trung // Shock and Vibration. – 2017. – Article ID 5652023. – DOI: 10.1155/2017/5652023.
- 8 **Пшеничнов, С. Г.** Динамические задачи линейной вязкоупругости для кусочно-однородных тел / С. Г. Пшеничнов // Известия РАН. МТТ. – 2016. – № 1. – С. 79–89.
- 9 Dynamic problem for a viscoelastic hollow cylinder with coaxial elastic inclusion / S. G. Pshenichnov [et al.] // Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences. – 2022. – Vol. 75, no. 8. – P. 1184–1194. – DOI: 10.7546/CRABS.2022.08.11.

УДК 629.4

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОвого ПОТОКА ЧЕРЕЗ ТОРМОЗНОЙ ЭЛЕМЕНТ

*Ю. А. ПШЕНИЧНОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Процесс торможения подвижного состава характеризуется высокой тепловой нагрузкой фрикционных элементов, затрудняющей измерения [1].

Выделим в тормозном элементе область, в которой распределение температуры в любой момент времени при торможении состава допустимо считать одномерным, т. е. температура является функцией  $T(x)$ , где  $x$  – ось координат, перпендикулярная фрикционной поверхности элемента. Обозначим координату этой поверхности через  $x_f$ , которая может быть плоской или цилиндрической. Выделим  $m + 1$  изотермических поверхностей, расположенных на одинаковом расстоянии  $\Delta x$  друг от друга, с координатами  $x = x_i$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, m$ ,  $x_i \geq x_f$ . Пусть известны температуры  $T_i$  на  $m + 1$  поверхностях,  $x = x_i$ . Эти температуры могут быть измерены, например, с помощью проволочных термомпар, а разность температур – дифференциальными термомпарами.

Зададимся целью по измеренным температурам  $T_i, i = 0, 1, 2, \dots, m$ , оценить тепловой поток  $q_x$  на поверхности с координатой  $x \geq x_f$ . Для этого воспользуемся первой интерполяционной формулой Ньютона

$$T(x) = T_0 + z\Delta T_0 + \frac{z(z-1)}{2!}\Delta^2 T_0 + \frac{z(z-1)(z-2)}{3!}\Delta^3 T_0 + \frac{z(z-1)(z-2)(z-3)}{4!}\Delta^4 T_0 + \dots + R_m, \quad (1)$$

где  $z = \frac{x-x_0}{\Delta x}$ ;  $R_m$  – погрешность интерполирования;  $\Delta T_0, \Delta^k T_0, k = 2, 3, \dots, m$  – конечные разности, определяемые по рекуррентным формулам

$$\Delta T_0 = T_1 - T_0, \Delta T_1 = T_2 - T_1, \dots, \Delta T_{k-1} = T_k - T_{k-1};$$

$$\Delta^2 T_0 = \Delta T_1 - \Delta T_0, \Delta^2 T_1 = \Delta T_2 - \Delta T_1, \dots, \Delta^2 T_{k-1} = \Delta T_k - \Delta T_{k-1};$$

...

$$\Delta^{n-1} T_0 = \Delta^n T_1 - \Delta^{n-1} T_0, \Delta^{n-1} T_1 = \Delta^n T_2 - \Delta^{n-1} T_1, \dots, \Delta^{n-1} T_{k-1} = \Delta^n T_k - \Delta^{n-1} T_{k-1}.$$

Подставив выражение для  $T(x)$  в формулу закона Фурье

$$q(x) = -\lambda \frac{dT(x)}{dx}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала тормозного элемента, получим выражение для теплового потока в виде

$$q(x) \approx -\frac{\lambda}{\Delta x} \left[ \Delta T_0 + \frac{2z-1}{2} \Delta^2 T_0 + \frac{3z^2-6z+2}{6} \Delta^3 T_0 + \frac{4z^3-18z^2+22z-6}{24} \Delta^4 T_0 + \dots \right]. \quad (3)$$

Данная формула упрощается при  $x = x_0$ , т. к. в этом случае  $z = 0$ :

$$q(x_0) \approx -\frac{\lambda}{\Delta x} \left( \Delta T_0 - \frac{1}{2} \Delta^2 T_0 + \frac{1}{3} \Delta^3 T_0 - \frac{1}{4} \Delta^4 T_0 + \dots \right). \quad (4)$$

Найдем входящие в (4) конечные разности:

$$\Delta T_0 = T_1 - T_0;$$

$$\Delta^2 T_0 = T_2 - 2T_1 + T_0;$$

$$\Delta^3 T_0 = T_3 - 3T_2 + 3T_1 - T_0;$$

$$\Delta^4 T_0 = T_4 - 4T_3 + 6T_2 - 4T_1 + T_0.$$

Выразим данные соотношения через разности температур  $D_i = T_i - T_{i-1}, i = 1, 2, \dots, 4$ . Имеем

$$\Delta T_0 = D_1;$$

$$\Delta^2 T_0 = D_2 - D_1;$$

$$\Delta^3 T_0 = D_3 - 2D_2 + D_1;$$

$$\Delta^4 T_0 = D_4 - 3D_3 + 3D_2 - D_1.$$

Подставим выражения для конечных разностей в формулу (4).

При учете только первого слагаемого в (4) получаем оценку для теплового потока в виде

$$q(x_0) \approx -\lambda \frac{D_1}{\Delta x}. \quad (5)$$

При сохранении двух слагаемых в (4) оценка для  $q(x_0)$  имеет вид

$$q(x_0) \approx -\frac{\lambda}{2\Delta x} (3D_1 - D_2). \quad (6)$$

Учет третьего слагаемого в (4) приводит к формуле для  $q(x_0)$ :

$$q(x_0) \approx -\frac{\lambda}{6\Delta x} (11D_1 - 7D_2 + 2D_3). \quad (7)$$

Сохранив все четыре слагаемые в (4), получаем

$$q(x_0) \approx -\frac{\lambda}{12\Delta x} (25D_1 - 21D_2 + 13D_3 - 3D_4 + \dots). \quad (8)$$

С ростом числа учитываемых слагаемых в (4) точность оценки теплового потока увеличивается.

При построении измерительной схемы, предназначенной для определения теплового потока  $q(x_0)$  фрикционной поверхности, использованы свойства коэффициентов, выраженные формулами (6)–(8) в соответствии с принципами, разработанными в [2].

Предположим, что для измерения температуры используются термоэлектрические преобразователи (дифференциальные термопары), характеризующие одинаковой в пределах допустимой погрешности градуированной зависимостью  $T = g(E)$ , связывающей ЭДС дифференциальной термопары  $E$  и величину разности температур  $D$ .

Разместим на каждой из двух рядом расположенных изотермических поверхностях количество дифференциальных термопар, равное величине целочисленных коэффициентов в формулах (6)–(8), и соединим их последовательно в электрические цепи. При использовании, например, формулы (8) необходимо составить четыре электрические цепи. Далее каждую из данных электрических цепей включают в общую электрическую цепь с полярностью, знак которой совпадает со знаком слагаемых в скобках в формулах (6)–(8).

При данном способе размещения и соединения дифференциальных термопар суммарная ЭДС электрической цепи будет пропорциональна величине теплового потока  $q(x_0)$  [2].

Если выбрать значение  $x$  меньше, чем  $x_0$ , то величины коэффициентов в (3) выражаются вещественными числами. В этом случае на каждые две рядом расположенные изотермические поверхности устанавливается по одной дифференциальной термопаре, а в измерительную цепь добавляются DC/DC-преобразователи [3].

#### Список литературы

1 Галай, Э. И. Тормозные системы железнодорожного транспорта. Конструкция тормозного оборудования : учеб. пособие / Э. И. Галай, Е. Э. Галай. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 315 с.

2 А. с. № 1093914. Датчик теплового потока / Ю. А. Пшеничников. – Бюллетень изобретений, 1984. – № 19.

3 Русу, А. DC/DC-преобразователи: принципы работы и уникальные решения Maxim Integrated [Электронный ресурс] / А. Русу / Компания КОМПЭЛ. – Режим доступа : <https://www.compel.ru/lib/134297>. – Дата доступа : 19.09.2021.

УДК 532.536;536.21

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛОЙНОГО ЛАЗЕРНОГО СИНТЕЗА

Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Исследуется механическое поведение составных образцов, состоящих из сплошного материала и технологических поддержек в случае отсутствия дефектов на границе раздела этих материалов. На основе экспериментального и теоретического подходов определяются параметры развития дефектов и разрушения на границе раздела. Проводится уточненное моделирование и экспериментальное исследование процессов синтеза образцов с поддержками с учетом эффектов отрыва деталей от поддержек. Получены данные по параметрам разрушения составных образцов, состоящих из сплошного материала и технологических поддержек, в случае отсутствия/наличия дефектов на границе раздела этих материалов.

Приводятся результаты моделирования процессов развития дефектов в исследуемых структурах. Верифицируются результаты моделирования на основе экспериментальных данных. Идентифицируются косвенные параметры моделей, не поддающихся прямому измерению, по результатам моделирования. Исследуются результаты уточненного моделирования процессов синтеза типовых элементов конструкций с оценкой возникающих остаточных напряжений деформаций.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 20-01-00517.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

*Л. Н. РАБИНСКИЙ, П. С. ШЕСТЕРКИН*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Проводится численное моделирование демпфирующих покрытий, с целью сравнения экспериментального метода при исследовании динамических характеристик консольной балки без демпфирующего слоя и с ним, а также сравнение полученных результатов разными методами.

Исследуется влияние демпфирующей ленты на динамические характеристики консольной балки и моделирование этого процесса. Были рассмотрены образцы без демпфирующих слоев, которые представляли собой металлическую пластину с габаритами 220×20мм×0,8 мм, а также с демпфирующими слоями, в ситуации, когда с двух сторон пластины была приклеена демпфирующая лента толщиной 0,14 мм. Сама металлическая пластина выполнена из алюминиевого сплава 1441, а марка демпфирующей ленты – 434 фирмы 3М.

Численное моделирование проводилось в программной среде COMSOL Multiphysics, для моделей пластин всех исследуемых размеров с демпфирующей лентой, была применена симуляция колебательного процесса аналогично физическому испытанию. Построена конечно-элементная модель пластины с сеткой.

В работе представлены результаты численного моделирования свободных колебаний алюминиевой балки-пластины без демпфирующих слоев и с наклеенными на лицевые поверхности ленты с демпфирующими свойствами (трехслойные балки). Проведен сравнительный анализ результатов исследования с применением численного моделирования с экспериментальным и аналитическим методом. Определены динамические характеристики трехслойных балок. Установлена зависимость изменения коэффициента демпфирования от амплитуды для образцов с демпфирующими лентами и без них для разных амплитуд, получена амплитудно-частотная характеристика, логарифмический декремент затухания, коэффициент демпфирования и собственная частота образцов без демпфирующего слоя и с его участием.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 20-01-00517.*

### Список литературы

- 1 Соломатов, В. И. Полимерные композиционные материалы в строительстве / В. И. Соломатов, А. Н. Бобрышев, К. Г. Химмлер ; под ред. В. И. Соломатова. – М. : Стройиздат, 1988. – 312 с.
- 2 Solyaev, Y. Direct observation of plastic shear strain concentration in the thick GLARE laminates under bending loading / Y. Solyaev, A. Babaytsev // Composites Part B: Engineering. – 2021. – Vol. 224. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109145>.
- 3 A review: Fibre metal laminates, background, bonding types and applied test methods / T. Sinmazçelik [et al.] // Materials and Design. – 2011. – No. 32 (7). – P. 3671–3685. – DOI: 10.1016/j.matdes.2011.03.011.
- 4 Dynamic characteristics of three-layer beams with load-bearing layers made of alumino-glass plastic / O. A. Prokudin [et al.] // PNRPU Mechanics Bulletin. – 2020. – No. 4. – P. 260–270. – DOI: 10.15593/perm.mech/2020.4.22.
- 5 Оценка эффективных механических характеристик слоистого алюмокомпозитного материала в условиях одноосного растяжения / В. В. Антипов [и др.] // Вестник Московского авиационного института. – 2018. – Т. 25, № 2. – С. 221–229.
- 6 Рабинский, Л. Н. Определение демпфирующих свойств металлической ленты марки 3М на базе решения обратной задачи динамики трехслойного стержня и экспериментальных данных / Л. Н. Рабинский, А. В. Бабайцев, П. С. Шестеркин // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2022. – Т. 28, № 3. – С. 387–398.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ПРЯМОУГОЛЬНОГО ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА ЗА ПРЕДЕЛАМИ УПРУГОСТИ

*М. М. РАСУЛМУХАМЕДОВ, А. АБДУСАТТАРОВ, З. М. МИРЗАЕВА*

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

В статье на основе теории малых упругопластических деформаций [1] рассматривается применение разработанного алгоритма [2] для анализа НДС консольного прямоугольного параллелепипеда

да. В конце параллелепипеда приложена равномерно распределенная нагрузка. Расчет выполнен при следующих данных:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \quad \lambda = 0,95; \quad \mu = 0,3; \quad \sigma_s = 200 \text{ МПа}; \quad q_0 = 420; \quad q^{(k)} = (-1)^{k+1}; \quad k = \overline{1,9}.$$

Геометрические размеры параллелепипеда:  $a = 10$  см,  $b = 20$  см,  $c = 30$  см. Задача решается методом конечных элементов, расчленение области выполняется с использованием изопараметрических конечных элементов в форме шестигранника с восьмью узлами в вершинах. Характеристики параметров дискретизации и системы линейных алгебраических уравнений определяются следующими значениями: количество конечных элементов – 1000, количество узлов – 1331, порядок системы – 3993, половина ширины ленты – 402, количество делений по осям – 11,11,11.

На рисунке 1 представлены три вида упругопластической области: упругой, неполной и полной пластичности при числе циклов  $k = 1, 3, 5, 9$  для координатных точек  $x = 2,5; y = 10; z = 30$ . Отметим, что с ростом числа циклов нагружений зона пластичности уменьшается. Исследована кинематика изменения полей перемещений и напряжений параллелепипеда в зависимости от длины и числа циклов нагружений для различных конструкционных материалов [3].

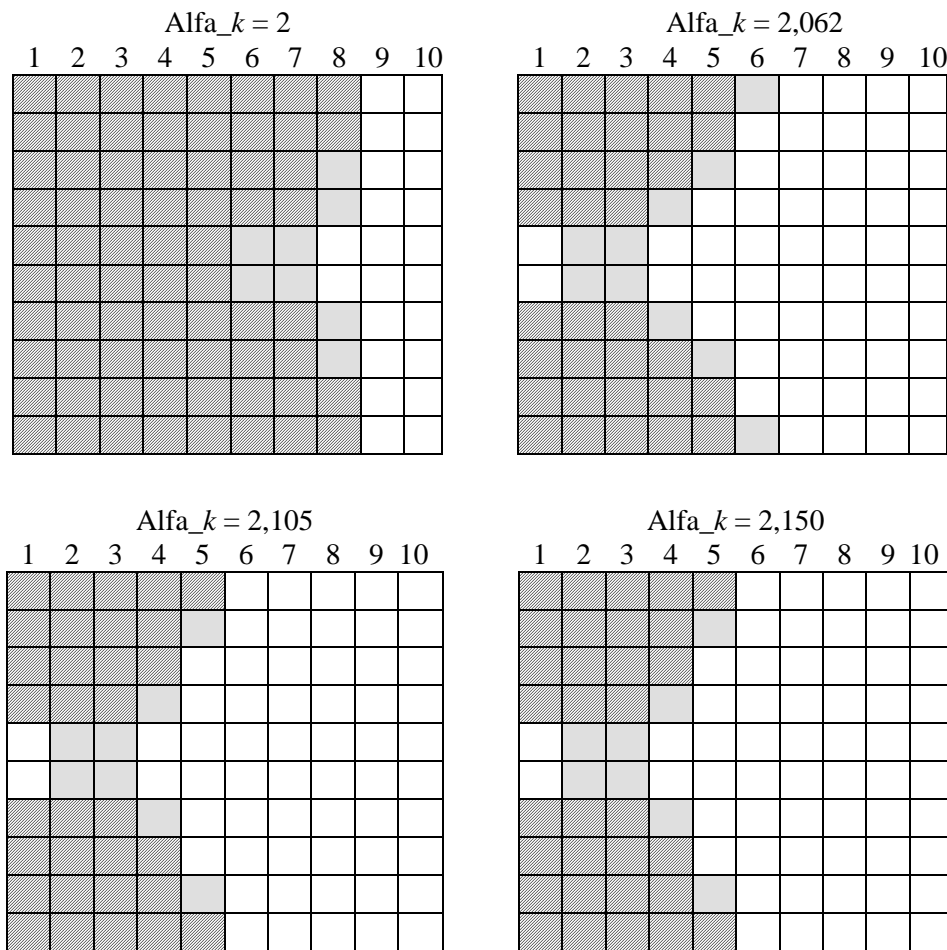


Рисунок 1 – Виды упругопластической области:

□ – упругая, ▤ – неполная, ▨ – полная пластичность

В таблице 1 для сравнения приведены максимальные значения расчетных величин для параллелепипеда соответственно по обобщенному принципу Мазинга и обобщенной диаграмме циклического деформирования Гусенкова – Шнейдеровича на основе теоремы о переменном нагружении [4].

Таблица 1 – Максимальные значения расчетных величин для параллелепипеда

$k$	$v^{(k)}$	$w^{(k)}$	$\sigma_x^{(k)}$	$\sigma_y^{(k)}$	$\sigma_z^{(k)}$
<i>По обобщенному принципу Мазинга – Москвитина</i>					
1	0,61749	-0,10211	-4518,0	-4524,8	-6618,9
2	-0,58752	0,09732	4342,7	4348,4	6464,4
3	0,55699	-0,09248	-4156,4	-4160,9	-6301,2
4	-0,55331	0,09191	4130,2	4134,6	6278,3
5	0,52489	-0,08742	-3964,0	-3967,4	-6124,4
6	-0,53542	0,08910	4014,5	4018,2	6177,9
7	0,50982	-0,08505	-3865,7	-3868,4	-6039,3
8	-0,52310	0,08717	3933,3	3936,5	6107,8
9	0,49896	-0,08335	-3793,3	-3795,7	-5977,1
<i>По обобщенной диаграмме Гусенкова – Шнейдеровича</i>					
$k$	$v^{(k)}$	$w^{(k)}$	$\sigma_x^{(k)}$	$\sigma_y^{(k)}$	$\sigma_z^{(k)}$
1	0,61749	-0,10211	-4518,0	-4524,8	-6618,9
2	-0,42184	0,07179	3297,7	3295,4	5588,6
3	0,52101	-0,08723	-3872,6	-3874,8	-6086,6
4	-0,37912	0,06525	2987,4	2982,8	5356,2
5	0,48632	-0,08189	-3627,8	-3628,2	-5894,1
6	-0,35978	0,06229	2841,6	2835,9	5253,9
7	0,46875	-0,07920	-3493,8	-3493,2	-5801,7
8	-0,34201	0,05955	2716,4	2709,6	5153,4
9	0,45861	-0,07765	-3414,2	-3412,9	-5750,0

Расчеты выполнены при следующих данных:  $\alpha_1 = 0,4$ ;  $A^* = 1,15$ ;  $G_T = 0,05$ ;  $Q = 2,02$ ;  $\varepsilon = 0,03$ . Материал конструкции – циклически упрочняющийся алюминиевый сплав Д-16Т. Условия появления вторичных, третичных и подобных пластических областей:  $\bar{\sigma}_u^{(k)} \geq \alpha_k \sigma_s$ , где  $\alpha_k$  – масштабный коэффициент. Сравнивая значения расчетных величин (с чертой): перемещений,  $\bar{w}^{(k)}$  и напряжений  $\bar{\sigma}_x^{(k)}$ ,  $\bar{\sigma}_y^{(k)}$ ,  $\bar{\sigma}_z^{(k)}$  при  $k = 2$  и  $k = 9$ , заметим, что они различаются соответственно на 12,23; 16,46 и 14,48; 14,55; 8,71 % соответственно. В этом случае значения расчетных величин по Мазингу при  $k = 1$  и  $k = 9$  различаются соответственно на 19,19; 18,36 и 16,04; 16,11; 9,69 %, а по Гусенкову – Шнейдеровичу – на 25,7; 23,94 и 24,43; 24,58; 13,11 %. При  $k = 9$  разница расчетных величин по двум теориям составляет 8,07; 6,95 и 9,98; 10,11; 3,7 %.

Таким образом, можно заключить, что разница между результатами, полученными по двум теориям, небольшая (порядка 10 %), что подтверждается экспериментально.

#### Список литературы

- 1 **Ильюшин, А. А.** Пластичность. Ч. 1. Упруго-пластические деформации. / А. А. Ильюшин. – М. : Логос, 2004. – 388 с.
- 2 **Буриев, Т.** Алгоритмическая система расчета трёхмерных упругих тел / Т. Буриев, М. М. Расулмухамедов. – Ташкент : Кибернетика АН РУз, 1994. – 147 с.
- 3 **Абдусаттаров, А.** К процедуре расчета пространственных конструкций при переменных нагрузениях с учетом упрочнения-разупрочнения / А. Абдусаттаров, М. М. Расулмухамедов // Проблемы механики. – 2015. – № 2. – С. 40–43.
- 4 **Гусенков, А. П.** Малоцикловая прочность оболочечных конструкций / А. П. Гусенков, Г. В. Москвитин, В. Н. Хошилов. – М. : Наука, 1989. – 254 с.

УДК 539.3

## ДЕФОРМИРОВАНИЕ КРУГОВОЙ ПЯТИСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ, СИММЕТРИЧНОЙ ПО ТОЛЩИНЕ

В. С. САЛИЦКИЙ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В последнее время значительно возрос спрос на использование слоистых тонкостенных элементов конструкций в авиа-, ракето-, машиностроении и строительстве. Это обуславливает необходи-



мость разработки математических моделей и методов их расчета на различные виды и типы нагрузок. Методы расчета и постановки краевых задач для слоистых элементов конструкций приведены в монографиях [1–5]. В статьях [6–11] рассмотрены некоторые задачи колебаний и нестационарных нагружений слоистых элементов конструкций. В работах [12–17] приведены результаты исследования статического деформирования слоистых круговых пластин. Публикация [18] посвящена выводу уравнений равновесия пятислойной пластины.

Рассмотрена упругая круговая пятислойная пластина с жесткими заполнителями. Постановка задачи и ее решение проведены в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ , связанной со срединной плоскостью центрального несущего слоя. Во всех тонких несущих слоях справедливы гипотезы Кирхгофа: нормаль остается несжимаемой, прямолинейной и перпендикулярной к деформированной срединной поверхности. В несжимаемых по толщине заполнителях, воспринимающих нагрузку в тангенциальном направлении, нормаль остается прямолинейной, не изменяет своей длины и поворачивается на некоторый дополнительный угол  $\psi(r)$ . На внешний слой пластины действует осесимметричная равномерно распределенная вертикальная нагрузка  $q = \text{const}$ . На контуре пластины предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев. Через  $w(r)$  обозначен прогиб срединной поверхности заполнителей;  $h_k$  – толщина  $k$ -го слоя.

Продольные и поперечные перемещения в слоях  $u^{(k)}(r, z)$  выражаются через две искомые функции  $w(r)$  и  $\psi(r)$ :

– в несущих слоях 1, 2, 4 –

$$u_r^{(4)} = -zw_{,r} + h_3\psi, \quad (0, 5h_1 + h_3 \leq z \leq 0, 5h_1 + h_3 + h_2),$$

$$u_r^{(1)} = -zw_{,r}, \quad (-0, 5h_1 \leq z \leq 0, 5h_1),$$

$$u_r^{(2)} = -zw_{,r} - h_3\psi, \quad (-0, 5h_1 - h_3 - h_2 \leq z \leq -0, 5h_1 - h_3),$$

– в заполнителе 3, 5 –

$$u_r^{(5)} = -zw_{,r} + (z - 0, 5h_1)\psi, \quad (0, 5h_1 \leq z \leq 0, 5h_1 + h_3),$$

$$u_r^{(3)} = -zw_{,r} + (z + 0, 5h_1)\psi, \quad (-0, 5h_1 - h_3 \leq z \leq -0, 5h_1),$$

где  $z$  – координата рассматриваемого волокна по вертикали; запятая в нижнем индексе обозначает операцию дифференцирования по следующей за ней координате.

Компоненты тензора деформаций в слоях получим из перемещений (1), применяя соотношения Коши. Напряжения связаны с деформациями законом Гука. Используя вариационный принцип Лагранжа, получим следующую систему обыкновенных дифференциальных уравнений для определения искомых функций  $w(r)$  и  $\psi(r)$ :

$$L_2(a_4\psi - a_5w_{,r}) - 2h_3G_3\psi = 0,$$

$$L_3(a_5\psi - a_6w_{,r}) = -q.$$

Здесь запятая в нижнем индексе обозначает дифференцирование по следующей за ней координате, коэффициенты  $a_i$  вычисляются через механические и геометрические характеристики слоев, дифференциальные операторы  $L_2$  (оператор Бесселя),  $L_3$  определяются соотношениями

$$L_2(g) \equiv \left( \frac{1}{r}(rg)_{,r} \right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2},$$

$$L_3(g) \equiv \frac{1}{r}(rL_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,rr}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3}.$$

После решения системы (2) для рассматриваемой пластины, защемленной по контуру, получим выражения для искомых функций:

$$\psi = \frac{q(a_5^2 - a_4a_6)}{4a_5a_6h_3G_3} \left( r_0 \frac{I_1(\beta r)}{I_1(\beta r_0)} - r \right),$$

$$w = \frac{q(a_5^2 - a_4a_6)}{4a_6^2h_3G_3} \left( r_0 \frac{I_0(\beta r) - I_0(\beta r_0)}{\beta I_1(\beta r_0)} - \frac{r^2 - r_0^2}{2} \right) + \frac{q}{64a_6} (r^2 - r_0^2)^2.$$

По полученному решению можно определить радиальные перемещения в слоях пластины, по ним – деформации, затем с помощью закона Гука – напряжения.

## Список литературы

- 1 **Горшков, А. Г.** Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : Физматлит, 2005. – 576 с.
- 2 **Горшков, А. Г.** Теория упругости и пластичности / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Тарлаковский. – М. : Физматлит, 2011. – 416 с.
- 3 **Старовойтов, Э. И.** Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : МАИ, 2016. – 184 с.
- 4 **Журавков, М. А.** Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 5 **Старовойтов, Э. И.** Механика материалов / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 380 с.
- 6 **Starovoitov, É. I.** Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A. V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no. 5. – P. 474–481.
- 7 **Gorshkov, A. G.** Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A. V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.
- 8 **Горшков, А. Г.** Колебания трехслойных стержней под действием локальных нагрузок различных форм / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – № 1. – С. 45–52.
- 9 **Fedotenkov, G. V.** Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, no. 4. – P. 439–447.
- 10 **Вестяк, В. А.** Распространение нестационарных объемных возмущений в упругой полуплоскости / В. А. Вестяк, А. С. Садков, Д. В. Тарлаковский // Изв. РАН МТТ. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 130–140.
- 11 **Tarlakovskii, D. V.** Nonstationary 3D motion of an elastic spherical shell / D. V. Tarlakovskii, G. V. Fedotenkov // Mechanics of Solids. – 2015. – Vol. 46, no. 5. – P. 779–787.
- 12 **Старовойтов, Э. И.** Термосиловое нагружение трехслойных пологих оболочек / Э. И. Старовойтов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1989. – № 5. – С. 114–119.
- 13 **Захарчук, Ю. В.** Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – № 10. – С. 55–66.
- 14 **Козел, А. Г.** Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.
- 15 **Нестерович, А. В.** Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13. – С. 116–121.
- 16 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no. 4. – P. 1023–1029.
- 17 **Kuznetsova, E. L.** Methods of diagnostic of pipe mechanical damage using functional analysis, neural networks and method of finite elements / E. L. Kuznetsova, G. V. Fedotenkov, E. I. Starovoitov // INCAS Bulletin. – 2020. – Vol. 12, Spec. is. – P. 79–90.
- 18 **Салицкий, В. С.** Уравнения равновесия круговой пятислойной пластины в усилиях / В. С. Салицкий // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. – 2021. – Т. 1. – С. 199–201.

УДК 626.193/.197:656.2

## СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОРРОЗИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Я. С. САМОСУДОВА*

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

Проблема коррозии на железнодорожном транспорте является чрезвычайно актуальной. По статистике, одной из наиболее частых причин возникновения аварий являются различного рода коррозионные повреждения (рисунок 1).

Коррозия не только наносит огромные убытки, но и может служить причиной капитальных и текущих ремонтов линий движения составов. Кроме того, она опасна еще и тем, что может создать угрозу для жизни пассажиров (электрички, пассажирские поезда). Если на отдельном участке сильно подверглись коррозии металлические рельсы или другие части линии, возможно, что этот отрезок пути просто перекроют на достаточно длительное время.

За счет высокой агрессивности атмосферы, грунтов и перевозимых грузов, а также воздействия блуждающих токов и повышенной влажности происходит интенсивная коррозия металлических тоннельных конструкций. Все вышеперечисленные факты приводят к разрушению металла, снижению надежности и срока службы металлоконструкций и большим затратам на их ремонт. Таким образом, для продления срока службы объектов железнодорожного транспорта чрезвычайно актуальной является их надежная антикоррозионная защита.



Рисунок 1 – Коррозия рельсов

Основные причины коррозии связаны со следующими факторами: высокая агрессивность окружающей среды, влажность, разнородность структуры металла и его состава, периодическое смачивание поверхности атмосферными осадками, загрязнение пылью и перевозимыми частицами (например, соль, уголь, минеральные удобрения).

Коррозии подвергаются не только элементы конструкций (рельсы, крепления, оборудование), но и локомотивы, вагоны, цистерны и т. д. Для железнодорожного транспорта можно выделить следующие виды коррозии:

1) атмосферная коррозия, встречающаяся практически везде, где поверхность металла может контактировать с атмосферой. Данному виду коррозии подвержены верхнее строение путей, наружная часть вагонов, внутренняя часть емкостей, периодически контактирующая с разными средами и др.;

2) коррозия, возникающая при трении и на соединительных частях железнодорожных составов, крышках люков;

3) коррозия при полном погружении (наблюдается в котлах цистерн, системах отопления и охлаждения);

4) коррозия блуждающими токами, которая встречается на подключенных к электричеству участках железных дорог, работающих на постоянном токе.

С целью решения и предотвращения вышеописанных проблем предлагается рассмотреть следующие направления:

1 Повышение коррозионной стойкости самого металла за счет введения в состав стали легирующих добавок (хрома, никеля, титана, марганца, меди). Легированные марки сталей, содержащие в своем составе до 2–2,5 % хрома весьма стойки к атмосферной и другим видам коррозии за счет создания на поверхности металла оксидной пленки.

Недостатком данного направления является удорожание металла за счет вводимых добавок. Поэтому данный способ экономически обоснованно применять для наиболее дорогих, ответственных стальных конструкций или в условиях резко континентального климата.

2 Применение защитных металлических покрытий (металлизация и горячие покрытия). Защитные пленки бывают катодными и анодными. В качестве анодных выступают пленки на основе цинка, алюминия. Катодная защита может быть выполнена из олова, свинца или никеля.

3 Обработка металлических изделий лакокрасочными материалами (ЛКМ) или окраска. Данный вид обработки проводится в несколько этапов, включающих подготовку поверхности к окраске, обезжиривание, нанесение слоя грунтовки и нанесение непосредственно покрытия. Необходимо также отметить, что в данном случае большое значение имеет качество получаемого покрытия, то есть его пористость, равномерность, толщина и прочность сцепления с поверхностью металла (адгезия).

4 Эффективным способом борьбы с коррозией является также применение различных ингибиторов и консервационных масел.

Для железнодорожного транспорта существенное значение имеют только ингибиторы, применяемые в жидких средах, например, для защиты систем охлаждения дизельных двигателей от коррозии.

Выбор того или иного способа защиты от коррозии индивидуален для каждого объекта и зависит от многих факторов и прежде всего, от условий, в которых функционируют технические средства и сооружения.

## СОПОСТАВЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АНИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН БОЛЬШОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ В РАМКАХ МОДЕЛЕЙ КИРХГОФА И ТИМОШЕНКО

А. О. СЕРДЮК, Д. О. СЕРДЮК

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

*Московский авиационный институт (НИИ);*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Пластины широко распространены в качестве элементов конструкций в аэрокосмической и атомной отрасли, а также в общем машиностроении. Неотъемлемым этапом проектирования новых и перспективных агрегатов является проведение стационарных и нестационарных расчетов подобных элементов конструкций. Развитие аддитивных технологий, технологий трехмерной печати полимерами, технологий производства полимерных композитных материалов с пространственным армированием требует разработки новых математических моделей и методов расчетов элементов конструкций из анизотропных материалов. Кроме того, известно, что заготовки листовой стали, полученные технологией листового проката, также обладают анизотропией свойств.

В настоящей работе объектом исследования является тонкая пластина большой протяженности и постоянной толщины  $h$ . Материал пластины с плотностью  $\rho$  упругий и анизотропный с одной

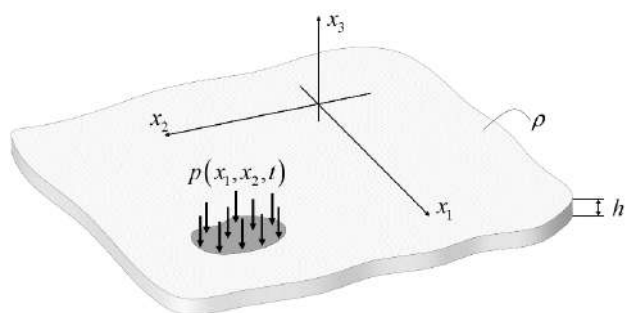


Рисунок 1 – Тонкая упругая анизотропная пластина большой протяженности

плоскостью симметрии, совпадающей со срединной плоскостью пластины. На пластину воздействует нестационарная нагрузка  $p$  с переменной во времени амплитудой. В начальный момент времени  $t$  пластина находится в невозмущенном состоянии. Движение пластины рассматривается в декартовой системе координат  $Ox_1x_2x_3$ , ось  $x_3$  ортогональна к срединной плоскости пластины (рисунок 1).

В качестве моделей пластин рассмотрены пластина по гипотезам Кирхгофа и пластина по теории Тимошенко, учитывающие соответ-

ственно шесть и девять независимых компонент тензора упругих постоянных для рассматриваемой симметрии упругой среды. Постановка задачи включает в себя уравнения движения в перемещениях и начальные условия.

Целью работы является сопоставление нестационарного нормального перемещения анизотропных пластин большой протяженности в рамках моделей Кирхгофа и Тимошенко в ответ на воздействие единичной сосредоточенной по координатам и времени нагрузки, математически описываемой дельта-функциями Дирака (сопоставление фундаментальных решений).

Фундаментальное решение для анизотропной пластины Кирхгофа [1] построено с применением интегральных преобразований Лапласа по времени и Фурье по пространственным координатам. Оригинал преобразования Лапласа найден аналитически, а оригинал по Фурье найден численно с применением метода интегрирования быстро осциллирующих функций.

Фундаментальное решение для анизотропной пластины Тимошенко [2] построено с применением прямых и обратных интегральных преобразований Лапласа и Фурье. Оригинал по Лапласу найден аналитически с помощью теоремы о вычетах. Для построения оригинала по Фурье использован метод, основанный на связи интеграла обращения преобразования Фурье с рядом Фурье на переменном интервале.

Для численного исследования рассмотрена анизотропная пластина толщиной  $h = 0,002$  м, плотностью  $\rho = 1500$  кг/м<sup>3</sup>, выполненная из углепластика, который имеет следующий тензор упругих постоянных (упругие постоянные в ГПа) [3]:

$$C = \begin{pmatrix} 95,5 & 28,9 & 4,03 & 0 & 0 & 44,7 \\ 28,9 & 25,9 & 4,65 & 0 & 0 & 15,6 \\ 4,03 & 4,65 & 16,3 & 0 & 0 & 0,54 \\ 0 & 0 & 0 & 4,4 & -1,78 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1,78 & 6,45 & 0 \\ 44,7 & 15,6 & 0,54 & 0 & 0 & 32,7 \end{pmatrix}.$$

На рисунке 2 представлены фундаментальные решения для нормального перемещения анизотропной пластины Тимошенко и анизотропной пластины Кирхгофа в моменты времени 1 мкс, 2 мкс и 1 мс, 2 мс соответственно (сплошная линия – решение для пластины Тимошенко, точки – решение для пластины Кирхгофа).

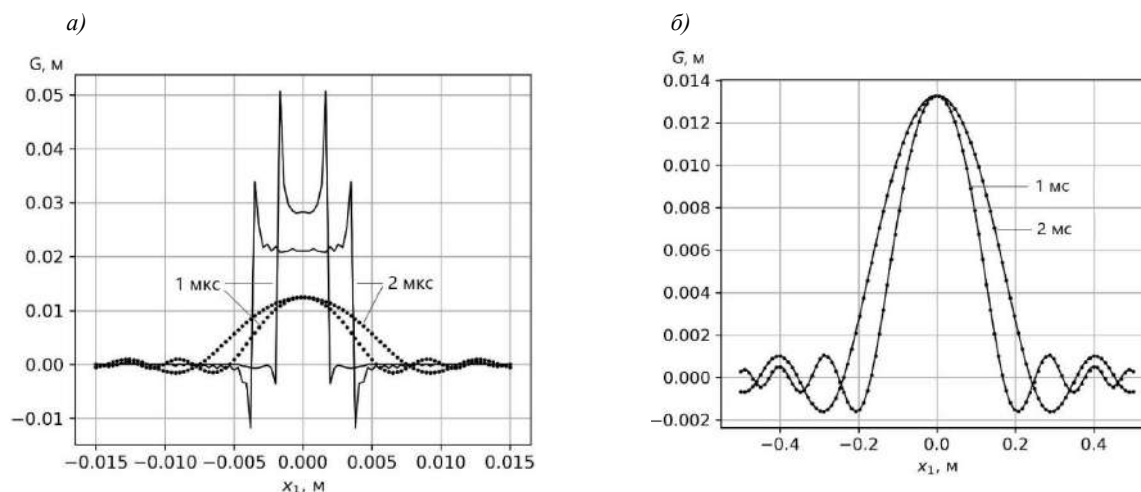


Рисунок 2 – Фундаментальные решения для нормального перемещения:  
а – в момент времени 1 мкс и 2 мкс; б – в момент времени 1 мс и 2 мс

Из результатов, представленных на рисунке 2, а, видно, что в моменты времени 1 мкс и 2 мкс, когда возмущения проходят расстояния, соизмеримые с несколькими толщинами пластины, фундаментальные решения для нормальных перемещений имеют существенные отличия. При этом функции имеют характерные виды для рассматриваемых моделей пластин [4]. Из рисунка 2, б видно, что с течением времени фундаментальное решение для нормального перемещения анизотропной пластины Тимошенко приобретает вид, характерный для анизотропной пластины Кирхгофа.

Из оценки фундаментальных решений очевидно, что функции нормальных перемещений в случае действия произвольных нестационарных нагрузок для модели пластин Тимошенко будут давать отличный от модели пластин Кирхгофа результат только в моменты времени, за которые волна проходит расстояние, соизмеримое с несколькими толщинами пластины.

Реализация алгоритмов и построение приведенных изображений выполнены при помощи языка программирования *Python*. Стоит отметить, что вычисления для модели пластины Кирхгофа по соотношениям [1] занимают гораздо больше машинного времени, чем для модели пластины Тимошенко [2].

*Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00217).*

#### Список литературы

- 1 Сердюк, А. О. Нестационарная функция прогиба для неограниченной анизотропной пластины / А. О. Сердюк, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Физико-математические науки. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 111–126. – DOI: <https://doi.org/10.14498/vsgtu1793>.
- 2 Функция влияния нормальных перемещений анизотропной пластины Тимошенко / А. Сердюк [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч.2. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 185–186.
- 3 Игумнов, Л. А. Гранично-элементное решение краевых задач трехмерной анизотропной теории упругости / Л. А. Игумнов, И. П. Марков, В. А. Пазин // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Сер. Механика. – 2013. – № 1 (3). – С. 115–129.
- 4 Вахтерова, Я. А. Нестационарная динамика балок и пластин : учеб. пособие / Я. А. Вахтерова, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков. – М. : МАИ, 2021. – 104 с.

## НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТРЁХСЛОЙНЫХ СТЕРЖНЯХ

*Е. В. СЕРПИЧЕВА*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

*Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт (НИИ),  
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

В связи с бурным развитием современных технологий и созданием новых материалов к настоящему времени сформировался достаточно широкий круг задач физики и механики сплошной среды, к которому классические методы решения задач механики деформируемого твёрдого тела в чистом виде неприменимы. Это связано с тем, что в основе классических методов лежит принцип локальности. Он позволяет построить математическую модель исследуемого физико-механического процесса в виде дифференциальных уравнений и дополнительных соотношений в частных производных. Адекватные оценки характеристик таких материалов можно получить при помощи математических моделей сплошной среды с нелокальностью. Создание математических моделей и методов, позволяющих адекватно описывать динамические процессы деформирования неоднородных элементов конструкций, является в настоящее время одной из наиболее актуальных задач механики деформируемого твёрдого тела. Практически все имеющиеся к настоящему времени работы в этой области ограничиваются рассмотрением той или иной части задачи без должного анализа всей физической картины, что в итоге приводит к искажённому описанию процесса, особенно при нагружении элементов конструкций в температурном поле. Аналитический обзор научных работ отечественных и зарубежных учёных показывает, что в настоящее время отсутствуют обобщённые модели термоупругости для трёхслойных стержней, балок и пластин. Практически не исследованы динамические и нестационарные задачи обобщённой термоупругости для трёхслойных стержней.

В настоящей статье разрабатываются новые нелокальные теории термоупругости для трёхслойных стержней с учётом конечной скорости распространения тепла, релаксации тепловых потоков, а также эффектов временной и пространственной нелокальности с целью проведения теоретических исследований параметров колебаний и переходных процессов в неоднородных трёхслойных стержнях с усложнёнными свойствами при термосиловых нагрузках. Для получения решения нового класса динамических и нестационарных задач термоупругости для трёхслойных стержней с усложнёнными свойствами разрабатываются методы и оригинальные алгоритмы решения задач обобщённой термоупругости трёхслойных элементов конструкций.

Для достижения поставленных целей использован подход Эрингена к описанию нелокальной среды, а также последние достижения в области теплопроводности, базирующиеся на обобщённых теориях Лорда – Шульмана, Грина – Линдси, Грина – Нагди и Мура – Гибсона – Томпсона [1–6]. Вывод уравнений движения элементов конструкций в температурном поле проводится вариационными методами, при этом для трёхслойных стержней принимаются кинематические гипотезы прямой нормали с гипотезами Кирхгофа и Тимошенко для несущих слоев и заполнителя соответственно. Аналитические решения начально-краевых задач предлагается получать методом разложения в ряды по собственным функциям. Для исследования волновых процессов в тонкостенных элементах конструкций с усложнёнными свойствами предполагается использовать общий подход, основанный на принципе суперпозиции и методе функций влияния [7]. Для построения функций влияния решаются отдельные важные в теоретическом и прикладном отношении задачи. При решении практических задач предлагается использование интегральных преобразований Лапласа по времени, Фурье по пространственным координатам, а также разложений в ряды по системам собственных функций. Для построения оригиналов используются как известные аналитические методы обращения интегральных преобразований, так и новые оригинальные методы аналитического обращения. Также предлагается использование эффективных численных методов обращения интегральных преобразований в случаях, когда нет возможности построить оригиналы с помощью аналитических подходов. Для этого предлагается создать оригинальный программный продукт, основанный на исполь-

зовании как известных методов численного обращения преобразования Лапласа (метод Дурбина, Гавера – Стехвеста, Закиана, ускоренный метод Виддера, разложение в ряд Фурье применительно обращению преобразования Лапласа и др.), так и их модификаций. Предполагается, что созданная программа будет, исходя из структуры изображения, автоматически подбирать метод, позволяющий построить оригинал с наилучшей степенью точности. Кроме того, построенный алгоритм будет осуществлять проверку полученного результата путём применения альтернативного метода обращения, а также путём осуществления автоматического контроля практической сходимости результата. При вычислении интегралов типа свёрток предлагается создание и реализация высокоэффективных алгоритмов с применением быстрого преобразования Фурье. Ожидается, что предложенные алгоритмы позволят существенно расширить круг динамических и нестационарных задач обобщённой теории термоупругости, для которых станет возможным получить достоверные результаты расчётов. Для построения решений задач о нестационарных термосиловых воздействиях на тонкостенные элементы конструкций с усложнёнными свойствами разрабатываются оригинальные численно-аналитические методы и алгоритмы. С целью выработки конкретных рекомендаций для практического использования полученных результатов научной работы проводятся параметрические исследования в области динамики трёхслойных стержней с усложнёнными свойствами.

#### Список литературы

- 1 Lord, H. Generalized dynamical theory of thermoelasticity / H. Lord, Y. Shulman // J. Mech. Phys. Solids. – 1967. – Vol. 15. – P. 299–309.
- 2 Green, A. Thermoelasticity / A. Green, K. Lindsay // J. Elast. – 1972. – Vol. 2. – P. 1–7.
- 3 Green, A. A re-examination of the basic postulates of thermomechanics / A. Green, P. Naghdi // Proc. R. Soc. Lond. A. – 1991. – Vol. 432. – P. 171–194.
- 4 Green, A. Thermoelasticity without energy dissipation / A. Green, P. Naghdi // J. Elast. – 1993. – Vol. 31. – P. 189–208.
- 5 Quintanilla, R. Moore – Gibson – Thompson Thermoelasticity / R. Quintanilla // Math. Mech. Solids. – 2019. – Vol. 24. – P. 4020–4031. – DOI: <https://doi.org/10.3233/ASY-191576>.
- 6 Quintanilla, R. Moore – Gibson – Thompson Thermoelasticity with two temperatures / R. Quintanilla // Appl. Eng. Sci. – 2020. – Vol. 1. – 100006. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apples.2020.100006>.
- 7 Серпичева, Е. В. Математические модели нестационарных термодинамических процессов в тонкостенных элементах конструкций / Е. В. Серпичева, Г. В. Федотенков // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVIII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. – М. : ТРИ, 2021. – Т. 2. – С. 122–124.

УДК 62-192:624.1

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ МЕТОДОВ К РАСЧЕТУ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ И ОЦЕНКЕ ИХ НАДЕЖНОСТИ

З. СИРОЖИДДИНОВ

*Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт, Республика Узбекистан*

В статье проанализированы существующие вероятностные методы оценки несущей способности одиночных свай и свайных фундаментов (с учетом взаимного влияния).

Следует отметить, что из-за сложности проблемы имеется лишь ограниченное число работ, посвященных вероятностному расчету свайных фундаментов. Существует два подхода. В первом изучаются отдельные параметры изменчивости несущей способности (грунтовых условий) для определения проектной нагрузки на сваи при различных доверительных вероятностях [1, 2]. Второй, являясь более общим, исследует надежность (работоспособность) свайных фундаментов [4].

В работе [1] предложена методика вероятностно-статистической обработки результатов статических испытаний при определении проектной нагрузки на сваи. В [1] обсуждаются вопросы о критерии несущей способности сваи, необходимом числе испытаний и нормировании доверительной вероятности с учетом класса капитальности объекта и стадии проектирования.

Определению рационального объема статических испытаний при проектировании свайных фундаментов посвящена работа [2], где на основании статистической обработки результатов

статических испытаний свай в песчаных и пылевато-глинистых грунтах получены данные, не противоречащие гипотезе о нормальном законе распределения несущей способности свай.

Ко второму направлению относятся работы [3]. Используя теорию случайных процессов применительно к расчету несущей способности свай в грунтах, авторы установили значения коэффициента надежности, обеспечивающие заданные уровни надежности с учетом времени эксплуатации зданий и сооружений.

Также вероятностному расчету свайных фундаментов на произвольную комбинацию нагрузок посвящены труды других ученых. При оценке напряженно-деформированного состояния основания свайный куст рассматривался как плоская рама с абсолютно жестким ригелем – ростверком в упругопластической среде. Статистическая неоднородность основания характеризовалась коэффициентом постели, который определялся по результатам статического зондирования грунтов и описывался с использованием теории случайных функций.

Надежность свайных фундаментов (вероятность безотказной работы), принимая во внимание нормальный закон распределения внешней нагрузки и несущей способности свай, определяется с использованием известной в теории надежности структурной схемы надежности системы.

Более общий подход к прогнозированию надежности свайных фундаментов, с учетом всех возможных случайных величин, предлагается в работе [4].

Изучая имеющиеся предложения по вероятностному расчету свай и свайных фундаментов, можно отметить, что большинство работ посвящено отдельным частным вопросам. В ряде случаев в них имеются весьма условные допущения, а математический аппарат отличается большой сложностью, что затрудняет его практическое использование. В некоторых случаях отмечаются результаты, противоречащие логике и физической природе взаимодействия свайных фундаментов с грунтами основания.

Кроме того, в ряде работ не освещены такие важные вопросы, как достоверность входных параметров, от которых непосредственно зависит надежность свайных фундаментов: несущая способность одиночных свай и несущая способность свайного куста с учетом взаимного влияния свай, особенно при неоднородном основании, изменчивость и характер передачи нагрузок на фундамент. Эти вопросы являются ключевыми с позиции вероятностного подхода и требуют специального изучения для разработки метода количественной оценки надежности свайных фундаментов.

В статье [5] детально анализируются распространенные методики определения несущей способности забивных свай. Указывается, что таковыми являются практический (табличный) метод расчета и метод испытаний пробной статической нагрузкой. Отмечается, что табличные значения сопротивления грунтов под острием и по боковой поверхности свай в практическом методе расчета нуждаются в дальнейшем уточнении, поскольку при составлении их табличных значений не были учтены характеристики изменчивости и даже некоторые основные физические показатели грунтов (например, коэффициенты пористости). Метод оценки несущей способности свай по результатам испытаний пробной статической нагрузкой, хотя и является более точным, по-разному интерпретируется разными специалистами, и нет единого мнения по этому поводу. Подчеркивается, что понятие «несущая способность свай» не должно основываться на величинах, постоянных для всех случаев деформаций, или определяться в зависимости от конструктивных особенностей фундаментных конструкций (зданий или сооружений).

#### Список литературы

- 1 Бахолдин, Б. В. О вероятностно-статистическом подходе при определении проектной нагрузки на свай / Б. В. Бахолдин, И. З. Гольдфельд, Б. Л. Фаянс // Тр. НИИОСП. – М. : Стройиздат, 1975. – Вып. 65. – С. 153–157.
- 2 О рациональном объеме статических испытаний при проектировании свайных фундаментов / В. Е. Коваль [и др.] // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала : межвуз. сб. науч. тр. – Пермь : ППИ, 1983. – С. 35–39.
- 3 Хрусталеv, Л. Н. Назначение коэффициента надежности при расчете вечномерзлых оснований сооружений с чисто экономической ответственностью / Л. Н. Хрусталеv, Г. П. Пустовойт // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1985. – № 2. – С. 20–22.
- 4 Мазо, Б. М. Многокритериальная оценка надежности свайного фундамента / Б. М. Мазо, В. Б. Швец // Проблемы свайного фундаментастроения : тр. III Междунар. конф. Ч. I. – Пермь, 1992. – С. 143–146.
- 5 Сирожидинов, З. Особенности определения несущей способности забивных свай / З. Сирожидинов // Проблемы механики. – 2022. – № 1. – С. 16–24.



## ИЗГИБ ТРЕХСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЙ ПЛАСТИНЫ КОЛЬЦЕВОЙ НАГРУЗКОЙ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

Э. И. СТАРОВОЙТОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация*

Современные требования машиностроения к оценке прочностных характеристик композитных конструкций обуславливают необходимость создания расчетных моделей, описывающих их деформирование в физически нелинейной области при различного вида нагрузках, в том числе погонных. Этой проблеме посвящен ряд публикаций. В монографиях [1–2] предложены общие подходы к постановке и решению соответствующих краевых задач. Колебания неоднородных пластин и оболочек исследовались в статьях [3–11]. Отдельные задачи квазистатического деформирования упругопластических трехслойных элементов конструкций, в том числе связанных с упругим основанием, при однократных и циклических нагрузках решены в работах [12–17].

Здесь для трехслойного пакета пластины приняты гипотезы ломаной линии. Учтена работа заполнителя в тангенциальном направлении. Постановка задачи и ее решение проводится в цилиндрической системе координат. Срединная плоскость заполнителя принимается за координатную, ось  $z$  направлена перпендикулярно вверх, к первому слою.

К наружной поверхности первого слоя ( $z = c + h_1$ ) приложена нагрузка

$$q = q_0(H_0(b-r) - H_0(a-r)),$$

где  $H_0(x)$  функция Хевисайда нулевого порядка.

Прогиб пластины  $w$ , относительный сдвиг в заполнителе  $\psi$  и радиальное перемещение координатной поверхности  $u$  не зависят от координаты  $\varphi$ . В дальнейшем функции  $w(r)$ ,  $u(r)$ ,  $\psi(r)$  считаются искомыми. На контуре предполагается жесткая диафрагма ( $\psi = 0$  при  $r = 1$ ).

Для связи девиаторов и шаровых частей тензоров напряжений и деформаций в слоях используются нелинейные физические уравнения состояния:

$$s_{\alpha}^{(k)} = 2G_k(1 - \omega_k(\varepsilon_u^{(k)}))\varepsilon_{\alpha}^{(k)}, \quad \sigma^{(k)} = 3K_k\varepsilon^{(k)},$$

$$s_{rz}^{(3)} = 2G_3(1 - \omega_k(\varepsilon_u^{(3)}))\varepsilon_{rz}^{(3)} \quad (k = 1, 2, 3; \alpha = r, \varphi),$$

где  $\omega_k(\varepsilon_u^{(k)})$  – функции физической нелинейности материалов слоев.

Система уравнений равновесия рассматриваемой трехслойной пластины в случае равномерно распределенной поверхностной нагрузки  $q(r)$  известна. Ее решение при погонной поперечной силе  $Q(r)$  получено методом упругих решений, например прогиб

$$w^{(n)} = \frac{1}{b_3} \left[ b_2 \left( \frac{C_2^{(n)}}{\beta} I_0(\beta r) + \int \psi_r^{(n)} dr \right) + \int \left( \frac{a_3}{a_1} L_2^{-1}(P_{\omega}^{(n-1)}) + L_3^{-1}(q - q_{\omega}^{(n-1)}) \right) dr + \right. \\ \left. + \frac{1}{4} C_1 r^2 (\ln r - 1) + \frac{C_5^{(n)} r^2}{4} + C_6 \ln r + C_4^{(n)} \right],$$

где  $n$  – номер приближения;  $a_i$ ,  $b_i$  – постоянные коэффициенты;  $C_1^{(n)}$ , ...,  $C_8^{(n)}$  – константы интегрирования;  $L_2^{-1}$ ,  $L_3^{-1}$  – интегральные операторы.

Явная зависимость решения от температуры при шарнирном опирании контура пластины определяется константой интегрирования

$$C_5^{(n)} = 2 \frac{a_7 a_1 + a_3^2}{a_1 (a_6 + a_7)} L_3^{-1}(q_\omega^{(n-1)}) \Big|_{r=1} - \frac{2a_3}{a_1} L_2^{-1}(p_\omega^{(n-1)}) \Big|_{r=1} +$$

$$+ \frac{b_3}{a_6 + a_7} \frac{1}{2} (L_3^{-1}(q_\omega^{(n-1)})) \Big|_{r=1} - \frac{2b_3}{a_6 + a_7} \left( 3 \sum_{k=1}^3 a_{0k} \int_{h_k} K_k T_k z dz + M_r^{(n-1)} \right) +$$

$$+ \left( b_3 - a_7 - \frac{a_3^2}{a_1} \right) \frac{b_3}{a_6 + a_7} \left( \frac{C^{(n)}}{2b_3} + 2C_+^{(n)} \right).$$

Величины  $p_\omega^{(n-1)}$ ,  $q_\omega^{(n-1)}$  называют «дополнительными» внешними нагрузками, они вычисляются по результатам предыдущего приближения.

Полученные решения позволяют исследовать НДС трехслойных круговых пластин при локальных кольцевых нагрузках. Численные результаты показали существенное влияние физической нелинейности материалов слоев и температуры на перемещения в пластине.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Конвергенция».*

#### Список литературы

- 1 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021 – 535 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : МАИ, 2016. – 184 с.
- 3 Kuznetsova, E. L. Methods of diagnostic of pipe mechanical damage using functional analysis, neural networks and method of finite elements / E. L. Kuznetsova, G. V. Fedotenkov, E. I. Starovoitov // INCAS Bulletin. – Vol. 12, Spec. is. – 2020. – P. 79–90.
- 4 Starovoitov, É. I. Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A. V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no. 5. – P. 474–481.
- 5 Gorshkov, A. G. Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A. V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.
- 6 Горшков, А. Г. Колебания трехслойных стержней под действием локальных нагрузок различных форм / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – № 1. – С. 45–52.
- 7 Fedotenkov, G. V. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, no. 4. – P. 439–447.
- 8 Вестяк, В. А. Распространение нестационарных объемных возмущений в упругой полуплоскости / В. А. Вестяк, А. С. Садков, Д. В. Тарлаковский // Изв. РАН. МТТ. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 130–140.
- 9 Tarlakovskii, D. V. Nonstationary 3D motion of an elastic spherical shell / D. V. Tarlakovskii, G. V. Fedotenkov // Mechanics of Solids. – 2015. – Vol. 46, no. 5. – P. 779–787.
- 10 Старовойтов, Э. И. Термосиловое нагружение трехслойных пологих оболочек / Э. И. Старовойтов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1989. – № 5. – С. 114–119.
- 11 Захарчук, Ю. В. Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – № 10. – С. 55–66.
- 12 Захарчук, Ю. В. Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – № 11. – С. 80–87.
- 13 Козел, А. Г. Деформирование круговой трехслойной пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – № 32. – С. 235–240.
- 14 Козел, А. Г. Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.
- 15 Нестерович, А. В. Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13. – С. 116–121.
- 16 Нестерович, А. В. Неосесимметричное нагружение трехслойной круговой пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. – 2020. – № 35. – С. 246–252.
- 17 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no. 4. – P. 1023–1029.

## ЦИКЛИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

Э. И. СТАРОВОЙТОВ. А. В. ЯРОВАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. АБДУСАТТАРОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В монографиях [1–3] разработаны модели деформирования трехслойных элементов конструкций при квазистатических и динамических нагрузках. Свободные, вынужденные и резонансные колебания трехслойных пластин и оболочек, в том числе связанных с упругим основанием Винклера, исследовались в публикациях [4–9]. Нестационарное нагружение трехслойных цилиндрических оболочек изучалось в работах [10, 11]. Статьи [12–16] посвящены исследованию квазистатического деформирования трехслойных пластин и пологих оболочек. Перемещения в круговой трехслойной пластине под действием неосесимметричных нагрузок рассмотрены в работах [17, 18].

Здесь исследовано циклическое деформирование несимметричных по толщине упругопластических трехслойных пластин с жестким наполнителем в температурном поле. Кинематические допущения основаны на гипотезе «ломаной» нормали. Деформации малые. Перпендикулярно внешнему слою пластины действуют распределенная силовая нагрузка  $q'(r)$  и тепловой поток плотностью  $q_t$ . Через  $w(r)$  обозначен прогиб,  $\psi(r)$  – дополнительный угол поворота нормали в наполнителе. На торце предполагаем наличие жесткой диафрагмы. Температурное поле в стержне считаем известным [1]. В слоях пластины используются физические уравнения состояния теории малых упругопластических деформаций Ильюшина:

$$s_{ij}^{(k)} = 2G_k(T_k) f^{(k)}(\varepsilon_u^{(k)}, T_k) \varepsilon_{ij}^{(k)},$$

$$\sigma^{(k)} = 3K_k(T_k)(\varepsilon^{(k)} - \alpha_k T_k) \quad (k=1, 2; \quad i, j = x, y, z).$$

Нелинейная система дифференциальных уравнений равновесия выведена вариационным методом. Ее решение получено методом упругих решений Ильюшина [1]. С учетом ограниченности в центре пластины прогиб имеет следующий итерационный вид:

$$w^{(n)} = \frac{1}{b_3} \left[ b_2 \left( \frac{C_2^{(n)}}{\beta} I_0(\beta r) + \int \psi_r^{(n)} dr \right) + \int \left( \frac{a_3}{a_1} L_2^{-1}(p_\omega^{(n-1)}) + L_3^{-1}(q' - q_\omega^{(n-1)}) \right) dr + \frac{C_5^{(n)} r^2}{4} + C_4^{(n)} \right],$$

где  $n$  – номер приближения;  $\psi_r^{(n)}$  – частное решение; величины  $p_\omega^{(n-1)}$ ,  $h_\omega^{(n-1)}$ ,  $q_\omega^{(n-1)}$  – «дополнительные» внешние нагрузки, учитывающие физическую нелинейность материалов, на первом шаге полагаются равными нулю, а в дальнейшем вычисляются по результатам предыдущего приближения.

Пусть, начиная со времени  $t = t_1$ , воздействие температурного поля прекращается, а внешние силы изменяются так, что во всех точках пластически деформируемых областей тела происходит разгрузка и последующее знакопеременное нагружение силами  $q''(r)$ . Температура пластины  $T_1(z)$  остается постоянной и равной ее значению перед разгрузкой. Обозначим соответствующие напряжения, деформации и перемещения через  $\sigma_{ij}''$ ,  $\varepsilon_{ij}''$ ,  $u_i''$ . Для них физические уравнения состояния

$$s_{ij}'' = 2G \varepsilon_{ij}'' f''(\varepsilon_u'', \varepsilon_1', T_1, a_k''), \quad \sigma'' = 3K \varepsilon''.$$

Здесь  $f''(\varepsilon_u'', \varepsilon_1', T_1, a_k'')$  – функция пластичности при повторном знакопеременном нагружении.

Сложность краевой задачи для величин с двумя штрихами заключается в зависимости искомого решения от точки разгрузки  $(\varepsilon_1', \sigma_1')$ . Рассмотрим одну возможность уйти от этих трудностей. Для величин перед началом разгрузки используем обозначения с одним штрихом  $\sigma_{ij}'$ ,  $\varepsilon_{ij}'$ ,  $u_i'$ . Следуя Москвитину, введем следующие разности для момента времени  $t > t_1$ :

$$s_{ij}^* = s_{ij}' - s_{ij}'', \quad \varepsilon_{ij}^* = \varepsilon_{ij}' - \varepsilon_{ij}''.$$

Для величин со звездочками примем уравнения состояния

$$s_{ij}^* = 2G \varepsilon_{ij}^* f^*(\varepsilon_u^*, \varepsilon_1', I_1, a_k^*), \quad \sigma^* = 3K \varepsilon^*.$$

где  $f^*(\varepsilon_u^*, \varepsilon_1', T_1, a_k^*)$  – новая универсальная функция, описывающая нелинейность диаграммы деформирования в осях  $\sigma^* \sim \varepsilon^*$ , причем согласно гипотезе Москвитина  $f^* = f'(\varepsilon_u^*, T_1, a_k^*)$ .

Сравнивая соотношения для пластины при нагружении из естественного состояния и для величин со звездочками, отмечаем, что они совпадают с точностью до обозначений. Поэтому решение задачи для величин со звездочками можно получить из приведенного решения путем некоторых замен. Например, если известно  $w' = w'(x, \varepsilon_u', \varepsilon_y', T, a_k')$ , то соответствующее перемещение со звездочкой будет  $w^* = w'(x, \varepsilon_u^*, \varepsilon_y^*, T_1, a_k^*)$ , а искомое перемещение  $w'' = w' - w^*$ . Численные результаты показывают существенное влияние физической нелинейности материалов и температуры на перемещения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке БР ФФИ (проект № T22UZB-015).*

#### Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : Физматлит, 2005. – 576 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : МАИ, 2016. – 184 с.
- 3 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 4 Kuznetsova, E. L. Methods of diagnostic of pipe mechanical damage using functional analysis, neural networks and method of finite elements / E. L. Kuznetsova, G. V. Fedotenkov, E. I. Starovoitov // INCAS Bulletin. – Vol. 12, Spec. is. – 2020. – P. 79–90.
- 5 Starovoitov, É. I. Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A. V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no. 5. – P. 474–481.
- 6 Gorshkov, A. G. Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A. V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.
- 7 Горшков, А. Г. Колебания трехслойных стержней под действием локальных нагрузок различных форм / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – № 1. – С. 45–52.
- 8 Могилевич, Л. И. Гидроупругость виброопоры с трехслойной круглой упругой пластиной с несжимаемым наполнителем / Л. И. Могилевич, В. С. Попов, Э. И. Старовойтов // Наука и техника транспорта. – 2006. – № 2. – С. 56–63.
- 9 Fedotenkov, G. V. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, № 4. – P. 439–447.
- 10 Вестяк, В. А. Распространение нестационарных объемных возмущений в упругой полуплоскости / В. А. Вестяк, А. С. Садков, Д. В. Тарлаковский // Изв. РАН. МТТ. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 130–140.
- 11 Старовойтов, Э. И. Термосиловое нагружение трехслойных пологих оболочек / Э. И. Старовойтов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1989. – № 5. – С. 114–119.
- 12 Захарчук, Ю. В. Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – № 10. – С. 55–66.
- 13 Захарчук, Ю. В. Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – № 11. – С. 80–87.
- 14 Козел, А. Г. Деформирование круговой трехслойной пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – № 32. – С. 235–240.
- 15 Козел, А. Г. Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.
- 16 Нестерович, А. В. Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13. – С. 116–121.
- 17 Нестерович, А. В. Неосесимметричное нагружение трехслойной круговой пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович. – 2020. – № 35. – С. 246–252.
- 18 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no. 4. – P. 1023–1029.

УДК 666.762

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ УККМ В СКОРОСТНОМ ПОТОКЕ ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЫ

*И. В. СУКМАНОВ, В. А. ПОГОДИН, А. Н. АСТАПОВ, А. А. ДИДЕНКО, А. И. МАТУЛЯК  
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Исследование посвящено разработке сверхвысокотемпературного углерод-керамического композиционного материала (УККМ), перспективного для применения в теплонапряженных конструкциях скоростных маневрирующих летательных аппаратов и возвращаемых космических аппаратов [1–3].

Предложена и апробирована технология получения опытных образцов УККМ. Основные ее этапы включали [1]:

- подготовку препрега, состоящего из 10–12 слоев углеродной ткани, пропитанной связующим, содержащим суспендированный полидисперсный порошок наполнитель;
- формование заготовок и отверждение смолы при температуре 220–230 °С, удельном давлении 60 МПа и времени прессования и 45 мин соответственно;
- карбонизацию в среде инертного газа при атмосферном давлении и температуре 850–900 °С;
- высокотемпературную термическую обработку заготовок при  $1755 \pm 5$  °С и давлении разрежения аргона 10 Па для реакционного синтеза и формирования керамической составляющей матрицы. Продолжительность изотермы – 30 мин;
- пироуплотнение заготовок в среде метана при температуре 900–1000 °С и давлении 4–5 кПа.

Армирующей составляющей выступала углеродная ткань на основе гидратцеллюлозы (вискозы). В качестве связующего применяли разработанный кремнийорганический полимер на основе полиорганосилазановой смолы 143–115 (раствор полидиметилфенилсилазана в толуоле). В качестве наполнителя использовали полидисперсную порошковую композицию (реакционную смесь) в системе Hf–Nb–V<sub>4</sub>C–TiC–TiB<sub>2</sub>. Нанесение связующего с суспендированным наполнителем на ткань осуществляли напылением из краскораспылителя с последующей обработкой шпателем. При высокотемпературной термической обработке происходит *in situ* синтез боридов HfB<sub>2</sub>, NbB<sub>2</sub> и карбидов HfC, NbC в результате реакционного взаимодействия в системе Hf–Nb–V<sub>4</sub>C [2, 3]. Полученная матрица УККМ является комбинированной – состоит из частично спеченной керамики в системе HfB<sub>2</sub>–NbB<sub>2</sub>–TiB<sub>2</sub>–HfC–NbC–TiC–V<sub>4</sub>C, пиролизического углерода и пиролизного остатка кремнийорганического связующего, представленного SiC и аморфизированным углеродом. Доля фазы SiC в составе УККМ низкая и оценивается ~ 8,5–9 мас. %.

Проведены газодинамические огневые испытания образцов УККМ на аэродинамическом стенде ФАУ «ЦАГИ» (г. Жуковский), оснащенном индукционным плазмотроном. Моделировали процессы термохимического взаимодействия образцов со скоростным потоком воздушной плазмы для условий полета перспективных возвращаемых летательных аппаратов в атмосфере Земли на высоте 80–100 км. Температура на лицевой поверхности образцов ступенчато изменялась в диапазоне от  $T_w = 1400$  до  $2700$  °С. Вместе с тем тыльная поверхность образцов не нагревалась выше  $T_w = 1750...1800$  °С, что свидетельствует о высоких теплоизоляционных (термобарьерных) свойствах созданного УККМ. Общее время каждого огневого эксперимента составило 300 с. Средняя скорость линейного уноса и средняя скорость потери массы образцами за всё время каждого огневого эксперимента по данному режиму составили 0,0063 мм/с и 0,00622 г/с соответственно.

Установлено, что при взаимодействии УККМ с потоком на его поверхности образуется гетерогенная оксидная пленка, представленная смесью сложных оксидов, близких по химическому составу к фазам Hf<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>O<sub>2</sub>, TiNbO<sub>4</sub> / (Ti<sub>1-x</sub>Hf<sub>x</sub>)NbO<sub>4</sub> и Nb<sub>2</sub>O<sub>5-x</sub>, а также незначительной долей отдельных частиц фазы HfO<sub>2</sub> в кубической модификации. Толщина оксидного слоя варьируется от 0,8–1,5 мм (в эпицентре воздействия потока) до 0,2–0,3 мм (вдали от эпицентра) в зависимости от рельефа подложки. Показано, что окисление композита протекает преимущественно в диффузионном режиме благодаря образованию на его поверхности оксидной пленки, газоплотность которой возрастает в результате перехода в жидкотекучее состояние по мере увеличения рабочей температуры. Отмечено, что наряду с окислением углерода атомами кислорода, непосредственно диффундировавшими через оксидный слой, имеет место его окисление путем взаимодействия с оксидными фазами пленки. Отмечено, что взаимодействие углерода с оксидами, содержащими гафний (HfO<sub>2</sub>, Hf<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>O<sub>2</sub>), является предпочтительным.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10258-П, <https://rscf.ru/project/22-79-41035/>.*

#### Список литературы

- 1 Технологические аспекты получения УККМ / А. С. Горохов [и др.] // Аэрокосмическая декада : сб. тр. XIV Всерос. науч.-техн. студенческой школы-семинара, Алушта, 26 сентября – 02 октября 2021 г. – Симферополь : АРИАЛ, 2021. – С. 33–36.
- 2 Синтез *in situ* матриц жаропрочных композиционных материалов и жаростойких защитных покрытий / А. Н. Астапов // Авиация и космонавтика : тез. докл. XX Междунар. конф., Москва, 22–26 ноября 2021 г. – М. : Перо, 2021. – С. 475–476.
- 3 Сукманов, И. В. Реакционное взаимодействие в системах V<sub>4</sub>C–Hf–Nb и V<sub>4</sub>C–C–Hf–Nb / И. В. Сукманов // Гагаринские чтения – 2022 : сб. тезис. работ XLVIII Междунар. молодежной науч. конф., Москва, 12–15 апреля 2022 г. – М. : Перо, 2022. – С. 547–548.

## ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПЕРЕВОЗОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

*А. В. СУПРУНОВСКИЙ, Р. С. БОЛЬШАКОВ, А. К. МОЗАЛЕВСКАЯ*

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Обеспечение безопасности железнодорожного транспорта связано с необходимостью минимизации влияния отказов, неисправностей и нестандартных ситуаций, в том числе связанных с задержкой поездов и несвоевременной доставкой грузов [1–3]. Организация перевозочного процесса железнодорожного транспорта характеризуется совокупностью большого числа технических объектов, взаимно влияющих друг на друга. Их совокупное функционирование связано с необходимостью учёта множества факторов, в том числе обрабатываемых вагонопотоков и наличия тягового подвижного состава, что напрямую влияет на провозную способность железнодорожных линий [4]. Совокупность этих факторов непосредственно влияет на пропускную способность участка сети железных дорог. Для выработки оптимальных решений по использованию ресурсов пропускной способности отдельных пунктов и железнодорожных линий необходимо создание подходов по формированию адекватных имитационных моделей работы выбранного участка железнодорожной линии.

В предлагаемом докладе рассматривается построение имитационных моделей железнодорожно-го участка при помощи пакета прикладных программ Anylogic.

Рассматриваемый железнодорожный участок сети, модель перевозочного процесса которого формируется, состоит из четырех железнодорожных станций различных классов (участковая, промежуточная, сортировочная, грузовая), выполняющих различные комплексы операций. Перегоны между станциями являются двухпутными, оснащенными автоматической блокировкой. Также на участке предполагается наличие дополнительной ветки, необходимой для увеличения пропускной способности (рисунок 1).

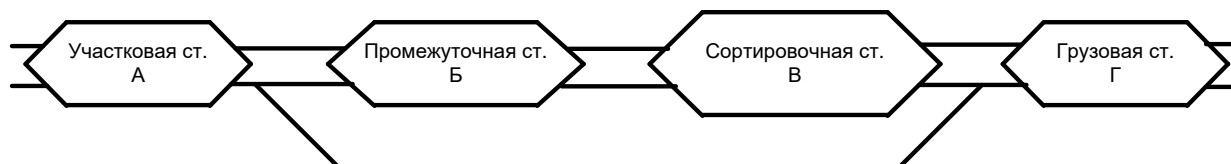


Рисунок 1 – Схема рассматриваемого участка

Имитационная модель железнодорожного участка предназначена для выполнения следующих задач: отражение структурных зависимостей, отображение технологических процессов, возможность поведения экспериментов с различными входными параметрами.

Моделирование структурных зависимостей предполагает детальное отражение свойств составных частей участка сети и функциональные характеристики. В рассматриваемом случае это подробное описание свойств перегонов как частей участка железнодорожной сети. Также необходимо отметить детальное отображение элементов станций: количество путей, стрелочные горловины, наличие путей необщего пользования.

Технологические процессы представляют собой последовательность операций, выполняемых с поездами или вагонами на станциях. Такие операции, как время занятия различных устройств, этапы обработки при имитационном моделировании должны иметь возможность настройки для изменения входных параметров.

Модель представляет собой линейно организованную структуру из элементов системы Anylogic. Исходя из технического описания железнодорожного участка были определены ключевые объекты (перегоны, станции), для них были запрограммированы функции, отражающие реальные технические процессы.

Объект «перегон»: количество путей, деление на блок-участки, логическая зависимость работы блок-участков, время прохождения блок-участка, направления.

Объект «станция»: количество путей, предназначение путей, занятость путей и горловин станции, операции проводимые с поездами, временные нормы операций, логическое взаимодействие выполняемых операций.

В процессе моделирования была выявлена необходимость, представления отдельных парков как самостоятельных агентов с целью более корректного отображения технологии работы станции (рисунок 2). Для станции характерны следующие параметры: четный и нечетный парк;  $X$  – количество приемо-отправочных путей;  $Y$  – количество бригад осмотрщиков;  $T$  – время обработки состава (зависит от типа). С целью проведения эксперимента на основе статистических данных работы участковых станций принимаются средние значения для первоначальных настроек модели. К ним относятся транзитные поезда со сменой локомотива –  $z_1$ ; транзитные поезда без смены локомотива –  $z_2$ ; транзитные поезда с изменением веса и длины –  $z_3$ ; поезда с переработкой –  $p$ ; поезда своего формирования –  $f$ ; время между поездами –  $t$ ; период времени эксперимента –  $i$ .

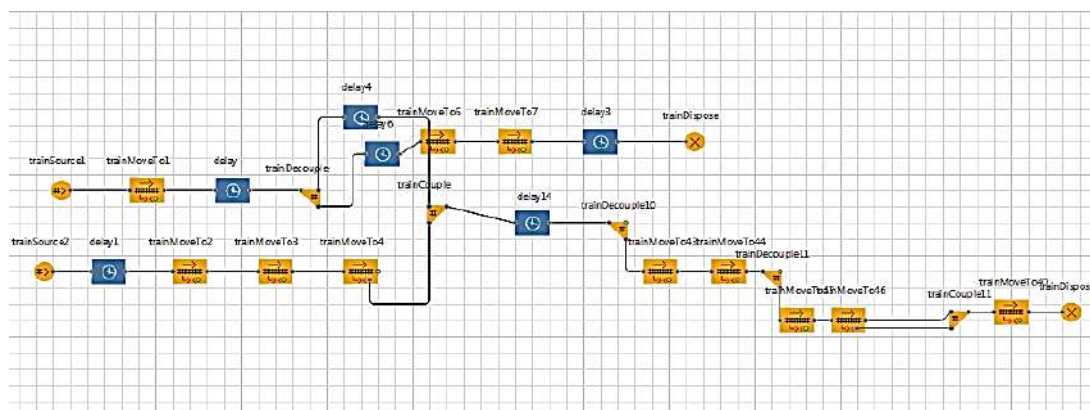


Рисунок 2 – Схема модели станции участка

Элементы схемы отображают действия, выполняемые с составами на станции: прибытие поезда (движение и занятость горловины), проследование на пути (номер пути, проверка на занятость), проведение операция с составом (данные параметры могут быть гибко настроены в зависимости от типа поезда и операций), отправление поезда (проверка свободности перегона).

Выбранный набор параметров наиболее точно отражает особенности технологических процессов как выбранных структурных элементов (станций), так и всего рассматриваемого железнодорожного участка в целом.

Выбранное в качестве основного инструмента для исследования имитационное моделирование позволяет с достаточной степенью детализации учета учесть основные особенности работы протяжённого железнодорожного участка, состоящего из отдельных пунктов различного технологического назначения. Предлагаемый подход к построению имитационной модели позволяет на основании проведённых исследований оценить пропускную способность протяжённого участка железнодорожной линии при использовании специализированного пакета прикладных программ Anylogic.

#### Список литературы

- 1 Изменение работы тягового подвижного состава на участках железных дорог Восточного полигона / А. А. Власенский [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 154–161. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).154-161.
- 2 Козловский, А. П. Влияние изменения технологии управления тяговыми ресурсами Восточного полигона на эксплуатационную работу / А. П. Козловский, Г. И. Суханов, А. В. Супруновский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 2 (62). – С. 234–241. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).234-241.
- 3 Моделирование крупнейшей в мире железнодорожной сортировочной станции с использованием теории массового обслуживания / М. Л. Жарков [и др.] // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (51). – С. 4–14. – DOI: 10.20291/2079-0392-2021-3-4-14.
- 4 Супруновский, А. В. К вопросу о построении имитационных моделей перевозочных процессов в программной среде ANYLOGIC / А. В. Супруновский, Р. С. Большаков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 31–35. – DOI: 10.36724/2072-8735-2022-16-3-31-35.

## НАЧАЛЬНО-КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ МОМЕНТНЫХ УПРУГИХ ПЛАСТИН

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

Московский авиационный институт (НИИ); МГУ им. М. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация

МАЙ КВУОК ЧИЕН

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Как частный случай полученных в [1] начально-краевых задач для однородных моментных упругих анизотропных оболочек при равенстве нулю тензора кривизны срединной плоскости  $\Pi$  построены соответствующие соотношения для пластин в криволинейной системе координат  $\xi^1, \xi^2$ . Они включают уравнения движения

$$\begin{aligned} \rho h \ddot{u}^i &= \nabla_j T^{ji} + q^i, \rho h \ddot{w} = \nabla_j T^{j3} + q, \rho I \ddot{\psi}^i = \nabla_j M^{ji} - T^{3i} + m^i, \rho I \ddot{\psi}_3 = \nabla_j M^{j3} - N + m, \\ h J \ddot{\omega}_i &= g_{ik} \nabla_j R^{jk} - \pi_{ik} (T^{3k} - T^{k3}) + \tilde{m}_{Mi}, h J \ddot{\omega} = \nabla_j R^{j3} + \pi_{ik} T^{ik} + \tilde{m}_M, I = h^3/12, \\ I J \ddot{\phi}_i &= g_{ik} (\nabla_j S^{jk} - R^{3k}) - \pi_{ik} (M^{3k} - M^{k3}) + \tilde{m}_{2Mi}, I J \ddot{\phi}_3 = \nabla_j S^{j3} - N_\omega + \pi_{ij} M^{ij} + \tilde{m}_{2M}; \end{aligned} \quad (1)$$

физические соотношения

$$\begin{aligned} T^{ij} &= h (C^{ijkl} \xi_{kl} + C^{ij33} \psi_3 + D^{ijkl} \eta_{kl} + D^{ij33} \phi_3), M^{ij} = I (C^{ijkl} \zeta_{kl} + D^{ijkl} \lambda_{kl}), \\ T^{i3} &= h (C^{i33l} \xi_{3l} + C^{i3k3} \xi_{k3} + D^{i33k} \phi_k + D^{i3k3} \eta_{k3}), T^{3i} = h (C^{3i3l} \xi_{3l} + C^{3ik3} \xi_{k3} + D^{3i3k} \phi_k + D^{3ik3} \eta_{k3}), \\ M^{i3} &= I (C^{i33l} \zeta_{3l} + C^{i3k3} \zeta_{k3} + D^{i3k3} \lambda_{k3}), M^{3i} = I (C^{3i3l} \zeta_{3l} + C^{3ik3} \zeta_{k3} + D^{3ik3} \lambda_{k3}), \\ N &= h (C^{33kl} \xi_{kl} + C^{3333} \psi_3 + D^{33kl} \eta_{kl} + D^{3333} \phi_3); \\ R^{ij} &= h (D^{ijkl} \xi_{kl} + D^{ij33} \psi_3 + B^{ijkl} \eta_{kl} + B^{ij33} \phi_3), S^{ij} = I (D^{ijkl} \zeta_{kl} + B^{ijkl} \lambda_{kl}), \\ R^{i3} &= h (D^{i33l} \xi_{3l} + D^{i3k3} \xi_{k3} + B^{i33k} \phi_k + B^{i3k3} \eta_{k3}), S^{i3} = I (D^{i33l} \zeta_{3l} + D^{i3k3} \zeta_{k3} + B^{i3k3} \lambda_{k3}), \\ R^{3i} &= h (D^{3i3l} \xi_{3l} + D^{3ik3} \xi_{k3} + B^{3i3l} \phi_l + B^{3ik3} \eta_{kl}), N_\omega = h (D^{33kl} \xi_{kl} + D^{3333} \psi_3 + B^{33kl} \eta_{kl} + B^{3333} \phi_3); \end{aligned} \quad (2)$$

кинематические соотношения

$$\begin{aligned} \xi_{ij} &= \nabla_i u_j - \pi_{ij} \omega, \xi_{i3} = \nabla_i w - \pi_{ki} \omega^k, \xi_{3i} = \psi_i + \pi_{ki} \omega^k, \zeta_{ij} = \nabla_i \psi_j - \pi_{ij} \phi_3, \zeta_{i3} = \nabla_i \psi_3 - \pi_{ki} \phi^k, \zeta_{3i} = \pi_{ki} \phi^k, \\ \eta_{ij} &= \nabla_i \omega_j, \eta_{i3} = \nabla_i \omega, \lambda_{i3} = \nabla_i \phi_3, \lambda_{ij} = \nabla_i \phi_j; \end{aligned} \quad (4)$$

естественные граничные условия

$$\begin{aligned} u_i|_{\Gamma_u} &= u_{i0}, \psi_3|_{\Gamma_u} = \psi_{30}, \omega|_{\Gamma_\omega} = \omega_0, \phi_i|_{\Gamma_\omega} = \phi_{i0}, w|_{\Gamma_u} = w_0, \psi_i|_{\Gamma_u} = \psi_{i0}, \omega_i|_{\Gamma_\omega} = \omega_{i0}, \phi_3|_{\Gamma_\omega} = \phi_{30}, \\ T^{ji} \nu_j|_{\Gamma_p} &= T_{(0)}^i, M^{j3} \nu_j|_{\Gamma_p} = M_{(0)}, R^{j3} \nu_j|_{\Gamma_m} = R_{(0)}, S^{ji} \nu_j|_{\Gamma_m} = S_{(0)}^i, T^{j3} \nu_j|_{\Gamma_p} = T_{(0)}, M^{ji} \nu_j|_{\Gamma_p} = M_{(0)}^i, \\ R^{ji} \nu_j|_{\Gamma_m} &= R_{(0)}^i, S^{j3} \nu_j|_{\Gamma_m} = S_{(0)}. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь по повторяющимся латинским индексам, которые принимают значения 1 и 2, проводится суммирование; точки означают дифференцирование по времени  $t$ ;  $\mathbf{u} = u_i \mathbf{e}^i, \boldsymbol{\psi} = \psi_i \mathbf{e}^i, \boldsymbol{\omega} = \omega_i \mathbf{e}^i, \boldsymbol{\phi} = \phi_i \mathbf{e}^i, w, \psi_3, \omega, \phi_3$  – кинематические параметры пластины;  $\mathbf{e}^1, \mathbf{e}^2$  – базис системы координат;  $g_{ik}$  и  $\pi_{ik}$  – метрический и дискриминантный тензоры;  $\nabla_i$  – оператор ковариантного дифференцирования;  $h$  – толщина пластины;  $\rho$  и  $J$  – плотность и массовая мера инерции при вращении материала пластины;  $T^{ij}, M^{ij}, T^{i3}, T^{3i}, M^{i3}, M^{3i}, N$  и  $R^{ij}, S^{ij}, R^{i3}, S^{i3}, R^3, N_\omega$  – внутренние силовые факторы;  $\mathbf{q} = q^i \mathbf{e}_i, \mathbf{m} = m^i \mathbf{e}_i, \mathbf{m}_M = \tilde{m}_M^i \mathbf{e}_i$  и  $\mathbf{m}_{2M} = \tilde{m}_{2M}^i \mathbf{e}_i, q, m, \tilde{m}_M, \tilde{m}_{2M}$  – внешние нагрузки;  $C^{\alpha\beta\gamma\delta}, D^{\alpha\beta\gamma\delta}, B^{\alpha\beta\gamma\delta}$  ( $\alpha, \beta, \gamma, \delta = 1, 2, 3$ ) – компоненты тензоров физических характеристик материала;  $\mathbf{v} = \nu_i \mathbf{e}^i$  – единичный нормальный к боковой поверхности пластины вектор;  $\Gamma = \partial\Pi = \Gamma_u \cup \Gamma_p = \Gamma_\omega \cup \Gamma_m$  (пары кривых  $\Gamma_u, \Gamma_p$  и  $\Gamma_\omega, \Gamma_m$  могут иметь общими только точки);  $u_{i0}, w_0, \psi_{i0}, \psi_{30}, \omega_{i0}, \omega_0, \phi_{i0}, \phi_{30}$  и  $T_{(0)}^i, T_{(0)}, M_{(0)}^i, M_{(0)}, R_{(0)}^i, R_{(0)}, S_{(0)}^i, S_{(0)}$  – заданные функции.



Для замыкания начально-краевой задачи к (1), (5) добавляются соответствующие гиперболическому типу системы уравнений начальные условия.

В случае изотропного материала физические соотношения (2), (3) с использованием (4) существенно упрощаются и приобретают вид

$$\begin{aligned}
 T_{ij}/h &= (\mu + \alpha) \nabla_i u_j + (\mu - \alpha) \nabla_j u_i - 2\alpha \pi_{ij} \omega + \lambda g_{ij} (\operatorname{div} \mathbf{u} + \psi_3); \\
 M_{ij}/I &= (\mu + \alpha) \nabla_i \psi_j + (\mu - \alpha) \nabla_j \psi_i - 2\alpha \pi_{ij} \varphi_3 + \lambda g_{ij} \operatorname{div} \boldsymbol{\psi}; \\
 T_{i3}/h &= (\mu - \alpha) \psi_i + (\mu + \alpha) \nabla_i w - 2\alpha \pi_{ki} \omega^k, M_{i3}/I = (\mu + \alpha) \nabla_i \psi_3 - 2\alpha \pi_{ki} \varphi^k; \\
 T_{3i}/h &= (\mu + \alpha) \psi_i + (\mu - \alpha) \nabla_i w + 2\alpha \pi_{ki} \omega^k; \\
 M_{3i}/I &= (\mu - \alpha) \nabla_i \psi_3 + 2\alpha \pi_{ki} \varphi^k, N/h = \lambda \operatorname{div} \mathbf{u} + (\lambda + 2\mu) \psi_3; \\
 R_{ij}/h &= (\gamma + \varepsilon) \nabla_i \omega_j + (\gamma - \varepsilon) \nabla_j \omega_i + \beta g_{ij} (\operatorname{div} \boldsymbol{\omega} + \varphi_3); \\
 S_{ij}/I &= (\gamma + \varepsilon) \nabla_i \varphi_j + (\gamma - \varepsilon) \nabla_j \varphi_i + \beta g_{ij} \operatorname{div} \boldsymbol{\varphi}, R_{i3}/h = (\gamma + \varepsilon) \nabla_i \omega + (\gamma - \varepsilon) \varphi_i, S_{i3}/I = (\gamma + \varepsilon) \nabla_i \varphi_3; \\
 R_{3i}/h &= g_{ik} R^{3k}/h = (\gamma - \varepsilon) \nabla_i \omega + (\gamma + \varepsilon) \varphi_i, N_\omega/h = \beta \operatorname{div} \boldsymbol{\omega} + (\beta + 2\gamma) \varphi_3,
 \end{aligned} \tag{6}$$

где  $\lambda, \mu$  – упругие постоянные Ламе;  $\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$  – дополнительные физические параметры среды при наличии моментных эффектов [2].

При этом уравнения движения с помощью (6), (7) преобразуются в две независимых системы уравнений в «перемещениях» (кинематических параметрах):

$$\begin{aligned}
 \rho \ddot{\mathbf{u}} &= (\lambda + \mu - \alpha) \operatorname{grad} \operatorname{div} \mathbf{u} + (\mu + \alpha) \Delta \mathbf{u} - 2\alpha [\mathbf{n}, \operatorname{grad} \boldsymbol{\omega}] + \mathbf{q}/h, \\
 J \ddot{\boldsymbol{\omega}} &= (\gamma + \varepsilon) \Delta \boldsymbol{\omega} + (\gamma - \varepsilon) \operatorname{div} \boldsymbol{\varphi} + 2\alpha (\operatorname{rot}_n \mathbf{u} - 2\boldsymbol{\omega}) + \tilde{\mathbf{m}}_M/h, r^2 = I/h, \\
 J \ddot{\boldsymbol{\varphi}} &= (\gamma + \varepsilon) \Delta \boldsymbol{\varphi} + (\beta + \gamma - \varepsilon) \operatorname{grad} \operatorname{div} \boldsymbol{\varphi} - [r^{-2} (\gamma + \varepsilon) + 4\alpha] \boldsymbol{\varphi} - r^{-2} (\gamma - \varepsilon) \operatorname{grad} \boldsymbol{\omega} + \tilde{\mathbf{m}}_{2M}/I; \\
 \rho \ddot{\mathbf{w}} &= (\mu - \alpha) \operatorname{div} \boldsymbol{\psi} + (\mu + \alpha) \Delta w + 2\alpha \operatorname{rot}_n \boldsymbol{\omega} + q/h, \\
 \rho \ddot{\boldsymbol{\psi}} &= (\lambda + \mu - \alpha) \operatorname{grad} \operatorname{div} \boldsymbol{\psi} + (\mu + \alpha) \Delta \boldsymbol{\psi} - r^{-2} \{ (\mu + \alpha) \boldsymbol{\psi} + (\mu - \alpha) \operatorname{grad} w + 2\alpha [\mathbf{n}, \boldsymbol{\omega}] \} + \mathbf{m}/I, \\
 J \ddot{\boldsymbol{\omega}} &= (\gamma + \varepsilon) \Delta \boldsymbol{\omega} + (\beta + \gamma - \varepsilon) \operatorname{grad} \operatorname{div} \boldsymbol{\omega} - 4\alpha \boldsymbol{\omega} + 2\alpha [\mathbf{n}, \boldsymbol{\psi} - \operatorname{grad} w] + \tilde{\mathbf{m}}_M/h.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Первая из них описывает движение в срединной плоскости, а вторая – изгиб.

Отметим, что при  $\alpha = 0$  (8) и (9) переходят в построенные в [3, 4] уравнения движения упругих пластин с учетом независимого поворота нормального волокна и его обжатия.

#### Список литературы

- 1 Май, Куок Чиен. Начально-краевые задачи для моментных упругих оболочек / Куок Чиен Май, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 1. – М. : ТРП, 2021. – С. 150–151.
- 2 Новацкий, В. Теория упругости / В. Новацкий. – М. : Мир, 1975. – 872 с.
- 3 Михайлова, Е. Ю. Обобщенная линейная модель динамики тонких упругих оболочек / Е. Ю. Михайлова, Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков // Ученые записки Казанского университета. Сер. Физико-математические науки. – 2018. – Т. 160, No. 3. – С. 561–577.
- 4 Михайлова, Е. Ю. Общая теория упругих оболочек : учеб. пособие / Е. Ю. Михайлова, Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков. – М. : Изд-во МАИ, 2018. – 112 с.

УДК 539.3: 624.131

## ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ В РЕЗОНАНСНОЙ ЗОНЕ

Е. Ю. ТРАЦЕВСКАЯ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

При расчете устойчивости сооружений, передающих динамические нагрузки на основания, нужно учитывать, что свободные колебания системы «фундамент – грунт» при возмущающей нагрузке постоянной интенсивности могут изменяться в большом диапазоне частот в связи как с

увеличением жесткости грунта при уплотнении, так и с возрастанием его сжимаемости при увеличении влажности. Чаще всего резонансное усиление разупрочнения для разных глинистых грунтов регистрируется в диапазоне 1522 Гц [1]. По нашим данным, для рассматриваемых грунтов частоты собственных колебаний образцов грунтов изменяются в интервале 28166 Гц. Учитывая то обстоятельство, что частотный спектр динамических техногенных нагрузок разного происхождения (рельсовый транспорт, строительная техника, колесный транспорт, технологическое оборудование) находится в диапазоне 2100 Гц, следует ожидать, что при эксплуатации различных инженерных сооружений резонансная область может достигаться неоднократно и обусловить возобновляющиеся осадки грунта.

Ранее проводились теоретические исследования физико-механических свойств дисперсных грунтов [1–6]. Экспериментальное определение характеристик устойчивости и пластичности различного вида грунтов отражено в публикациях [7–10].

Для прогноза возможности появления резонанса необходимо знать частоту собственных колебаний системы «фундамент – грунт». Наиболее просто ее определяют по резонансным кривым колебаний.

Нами в лабораторных условиях получены резонансные кривые. Явление резонанса моделировалось на границе «источник колебания – грунт» и по резонансным кривым были получены частоты собственных колебаний образцов грунтов.

В условиях резонанса отношение частот  $\alpha/\omega$  возмущающих и свободных колебаний стремится к 1, соответственно, амплитуда вынужденных колебаний  $A_p$  – к бесконечности. Но в силу наличия сопротивления среды амплитуда вынужденных колебаний  $A_p$  и соответственно динамический коэффициент вынужденных колебаний  $k_d$  имеют ограниченное значение. В рассматриваемых условиях постоянные параметры (амплитуда и частота) вынуждающих колебаний и первоначальная плотность сложения супеси коэффициент нарастания амплитуды  $k_d$  существенно зависят от влажности. Вне резонансной зоны он увеличивается от 0,5 до 1,8 при уменьшении влажности  $W$  – от 0,135 до 0,080. В зоне резонанса зависимость носит обратный характер – при изменении влажности в указанных пределах коэффициент  $k_d$  уменьшается от 8,1 до 4,0. Явление резонанса с увеличением влажности проявляется более четко, и резонансные пики смещаются в сторону уменьшения частот вынужденных колебаний. Полученные зависимости можно объяснить следующим образом. При ослаблении структурных связей за счет изменения влажности амплитуда вынужденных колебаний  $A_p$  растет, и соответственно увеличиваются значения коэффициента  $k_d$ .

В резонансной зоне динамический коэффициент  $k_d$  принимает свое максимальное значение и в этом случае можно рассчитать логарифмический декремент затухания  $D$ :

$$k_d = \frac{1}{2\pi D} \sqrt{4 - \frac{D^2}{\pi^2}}.$$

По полученным данным декремент затухания  $D$  для супеси при увеличении влажности  $W$  от 0,080 до 0,135 уменьшился от 0,62 до 0,57, т. е. при увеличении влажности показатели демпфирующих свойств образцов грунтов уменьшаются.

**Выводы.** 1. При приложении вибродинамической нагрузки грунт уплотняется, процесс уплотнения имеет затухающий характер. При этом изменение значений модулей общей и упругой деформаций носит также затухающий характер, модули общей деформации приближаются к значениям модулей упругости, а жесткость  $\alpha$  и соответственно собственная частота образцов грунта  $\omega$  увеличивается.

2 При прочих равных условиях при увеличении влажности от максимальной гигроскопической влажности  $W_r$  до влажности нижнего предела пластичности  $W_p$  увеличивается сжимаемость грунта; жесткость  $\alpha$ , частоты собственных колебаний образцов  $\omega$ , логарифмические декременты затухания  $D$  и коэффициенты нарастания амплитуды вне резонансной зоны уменьшаются. Явление резонанса с увеличением влажности проявляется более четко.

3 Свободные колебания системы «фундамент – грунт» при возмущающей нагрузке постоянной интенсивности могут изменяться в большом диапазоне частот в связи как с увеличением жесткости грунта  $\alpha$  при уплотнении, так и возрастанием его сжимаемости (уменьшением жесткости  $\alpha$ ) при увеличении влажности  $W$ .

Следует отметить, что полученные механические характеристики грунтов использовались при расчетах композитных элементов конструкций, связанных с упругим основанием [11–14].

#### Список литературы

- 1 Трацевская, Е. Ю. Особенности тектоники территории г. Гомеля в связи с оценкой устойчивости геологической среды / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин, И. А. Красовская // Литосфера. – 2003. – № 1 (18). – С. 78–85.
- 2 Трацевская, Е. Ю. Закономерности развития суффозионно-просадочных явлений на территории Белоруссии / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин // Инженерная геология массивов лессовых пород : тр. Междунар. науч. конф. / под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева (Москва, 25–26 мая 2004 г.). – М., 2004. – С. 108–109.
- 3 Трацевская, Е. Ю. Особенности формирования техногенного подтопления дисперсных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 106–112.
- 4 Трацевская, Е. Ю. Современное динамическое состояние геологической среды г. Гомеля и его влияние на инженерно-геологические условия / Е. Ю. Трацевская, О. К. Абрамович // Литосфера. – 2008. – № 2 (29). – С. 129–137.
- 5 Трацевская, Е. Ю. Геологическая опасность развития подтопления грунтов и оценка экономических рисков при ее реализации / Е. Ю. Трацевская // Природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 102–109.
- 6 Трацевская, Е. Ю. Влияние развития техногенного подтопления в дисперсных грунтах на надежность системы «основание – фундамент – здание» / Е. Ю. Трацевская // Экология урбанизированных территорий. – 2011. – № 2. – С. 71–76.
- 7 Трацевская, Е. Ю. Динамическая неустойчивость квазитиксотропных моренных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2017. – № 1 (46). – С. 107–111.
- 8 Трацевская, Е. Ю. Характеристики пластичности супесчаных неводонасыщенных грунтов юго-востока Беларуси / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 12–17.
- 9 Трацевская, Е. Ю. Демпфирующие свойства слабосвязных трехфазных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2019. – № 2(51). – С. 115–121.
- 10 Трацевская, Е. Ю. Экспериментальное исследование параметров автотранспортного вибродинамического воздействия на массивы грунтов / Е. Ю. Трацевская // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2020. – № 1 (40). – С. 58–61.
- 11 Starovoitov, E. I. Vibrations of Circular Composite Plates on an Elastic Foundation under the Action of Local Loads / E. I. Starovoitov, D. V. Leonenko // Mechanics of Composite Materials. – 2016. – Vol. 52, no. 5. – P. 665–672.
- 12 Starovoitov, E. I. Resonance vibrations of circular composite plates on an elastic foundation / E. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, D. V. Tarlakovsky // Mechanics of Composite Materials. – 2015. – Vol. 51, no. 5. – P. 561–570.
- 13 Gorshkov, A. G. Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A.V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.
- 14 Starovoitov, É. I. Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A.V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no. 5. – P. 474–481.

УДК 532.536; 536.21

## СОПРЯЖЕННЫЙ ТЕПЛОМАССОБЕН ПРИ ЕГО ОБТЕКАНИИ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ДИССОЦИИРУЮЩИМ ПОТОКОМ ГАЗА

*О. В. ТУШАВИНА*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Рассматривается тепломассоперенос в окрестности передней критической точки затупленного конуса при обтекании его высокоскоростным диссоциирующим потоком воздуха на основе приближенно-аналитического решения полных уравнений пограничного слоя в переменных Дородницына – Лиза. Определяются конвективные и диффузионные потоки теплоты, подводимые к поверхности затупления, а также температура поверхности из баланса конвективно-диффузионных, лучистых и тепловых потоков, отводимых теплопроводностью внутрь тепловой защиты летательного аппарата (ЛА).

Проектирование высокоскоростных летательных аппаратов (ЛА) предполагает, прежде всего, определение уровня тепловых потоков и температур в условиях аэрогазодинамического нагрева и выбора на основе этого теплостойких теплозащитных материалов, выдерживающих огромные динамические и тепловые нагрузки.

Для решения сопряженных задач теплогазодинамики и теплопроводности в теле вводится неизвестный параметр, в качестве которого принимается температура поверхности тела. Этот параметр определяется из граничных условий IV рода в виде непрерывности на границе «газ – твердое тело» температур и проекций тепловых потоков на направление нормали к поверхности. После определения температуры поверхности последние подставляются в решения уравнений пограничного слоя и в решения задач теплопроводности.

Особенностью решения задач аэродинамического нагрева высокоскоростных ЛА является высокий уровень температур в ударном слое между ударной волной и затуплением, вследствие чего молекулы кислорода и азота воздуха диссоциируют на атомы с поглощением огромной энергии, а на более холодной стенке атомы рекомбинируют в молекулы с выделением того же количества теплоты. Поэтому для упрощения решения рассматривается бинарным, состоящим из легкого компонента – атомов и тяжелого – молекул.

При этом, если стенка является каталитичной к процессу рекомбинации атомов, выделение теплоты при рекомбинации ускоряется.

Получены результаты численных расчетов тепловых потоков к телу и температур поверхности тела в широком диапазоне чисел Маха набегающего потока и константы скорости рекомбинации атомарной компоненты на каталитически активной стенке. Приводятся результаты расчетов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 20-08-00880*

УДК 539.3

## НЕСТАЦИОНАРНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЛАСТИН ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

*ФАН ТУНГ ШОН*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

*Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*Московский авиационный институт (НИИ);*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Рассматриваются нестационарные колебания пластин, ограниченных произвольным замкнутым контуром. Для описания колебаний пластин используются модели Кирхгофа и Тимошенко. Полагается, что в начальный момент времени пластина находится в недеформированном состоянии. Затем она нагружается произвольно распределённой нагрузкой, зависящей от времени. По контуру пластина закреплена произвольным образом. Материал пластин полагается однородным изотропным и линейно упругим. Толщина пластин постоянная.

Математическая модель пластины включает известные уравнения движения, геометрические и физические соотношения [1]. До разрешающей системы уравнений они дополняются начальными и граничными условиями.

Для построения разрешающих уравнений используем подход, основанный на методе функций влияния [2–7]. Для этого первоначально аналитическими методами строятся функции влияния (перемещения и усилия) для пластины. Они представляют собой решение задач о воздействии на неограниченную пластину сосредоточенных нагрузок специального вида. Для математического описания этих нагрузок используются обобщённые функции. Решения этих задач строятся с применением интегральных преобразований Лапласа по времени и Фурье по пространственным переменным. Для построения оригиналов применяется техника последовательного обращения интегральных преобразований, а также разложения в ряды на переменном интервале.

Разрешающая система уравнений для ограниченных пластин строится с использованием интегральных соотношений связи перемещений и усилий с функциями влияния. При этом в срединной плоскости неограниченной пластины проводится фиктивный контур, задающий геометрию конечной пластины. На этом контуре ставятся соответствующие исходной задаче граничные условия. Для обеспечения эквивалентности задачи для бесконечной пластины с фиктивным контуром исходной задаче для ограниченной пластины на контуре задаётся система фиктивных нагрузок, подлежащих определению в процессе решения задачи. Эти нагрузки (усилия и моменты) сосредото-

ны вдоль контура, а их распределение и зависимость от времени должны быть таковы, чтобы выполнялись заданные в исходной задаче граничные условия.

С использованием интегральных соотношений для перемещений и усилий, ядрами которых являются найденные функции влияния, задача сводится к решению системы интегральных уравнений относительно фиктивных нагрузок, распределённых вдоль контура. Для её решения предлагается использовать два подхода. Первый из них предполагает применение интегрального преобразования Лапласа по времени, в результате чего задача сводится к граничным интегральным уравнениям с интегрированием вдоль контура пластины относительно изображений по Лапласу искомым фиктивных нагрузок. Второй метод предполагает конечно-разностную аппроксимацию по времени, и на каждом временном шаге задача опять сводится к решению граничных интегральных уравнений вдоль контура пластины. Затем проводится аппроксимация контура пластины примыкающими друг к другу прямолинейными элементами. В пределах каждого элемента фиктивные нагрузки распределены постоянно и зависят только во времени. В результате задача сводится к системе алгебраических уравнений относительно либо изображений по Лапласу компенсирующих нагрузок, либо их значений в узлах временной сетки на каждом элементе контура. Решив её, получаем приближённые функции компенсирующих нагрузок на каждом граничном элементе. В случае применения интегрального преобразования Лапласа дополнительно проводятся процедуры построения оригиналов. При этом при невозможности аналитического обращения применяются высокоэффективные техники численного обращения интегрального преобразования Лапласа. Затем из исходных интегральных соотношений с использованием найденных фиктивных нагрузок находится приближённое решение задачи о нестационарных колебаниях пластины, ограниченной произвольным контуром.

#### Список литературы

- 1 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : Физматлит, 2004. – 472 с.
- 2 Сердюк, А. О. Нестационарное напряженно-деформированное состояние анизотропной пластины / А. О. Сердюк, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков // Упругость и неупругость : материалы Междунар. науч. симпозиума по проблемам механики деформируемых тел, посвященного 110-летию со дня рождения А. А. Ильюшина (Москва, 20–21 января 2021 г.). – М. : Гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2021. – С. 438–444.
- 3 Функция влияния нормальных перемещений анизотропной пластины Тимошенко / А. О. Сердюк [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 25–26 ноября 2021 г.) / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 185–186.
- 4 Сердюк, А. О. Нестационарная функция прогиба для неограниченной анизотропной пластины / А. О. Сердюк, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Физико-математические науки. – 2021. – Т. 25, № 1. – С. 111–126. – DOI: 10.14498/vsgtu1793.
- 5 Green's function for an unbounded anisotropic kirchhoff-love plate / A. O. Serdyuk [et al.] // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2021. – Vol. 27, no. 5. – P. 747–761.
- 6 Timoshenko beam and plate non-stationary vibrations / G. V. Fedotenko // INCAS Bulletin. – 2021. – Vol. 13, Spec. is. – P. 41–56. – DOI: 10.13111/2066-8201.2021.13.S.5.
- 7 Фан Тунг Шон. Нестационарное деформирование пластины, ограниченной произвольным гладким контуром / Фан Тунг Шон, К. А. Кулаженкова, Г. В. Федотенков // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVIII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 2. – М. : ТРИП, 2021. – С. 135–136.

УДК 620.178

### АСИМПТОТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ КАТЯЩЕГОСЯ КОЛЕСА С ТОНКИМ УПРУГИМ ОБОДОМ

*Д. А. ЧЕРНОУС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Е. В. КОДНЯНКО*

*Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством, Республика Беларусь*

В настоящее время в конструкциях различных машин и механизмов широко используются полимерные покрытия, обеспечивающие повышение износостойкости детали, а также защиту от коррозии и других негативных воздействий. Прогнозирование механических параметров пар трения, содержащих полимерные покрытия, требует решения соответствующих контактных задач. В част-

ности, при описании движения автомобильных колес и опор качения, имеющий полимерное покрытие, широко используется модель тела качения в виде жесткого цилиндра с тонким деформируемым ободом. В общем случае для покрытия произвольной толщины точное решение контактной задачи подразумевает использование интегральных преобразований и систем интегральных уравнений. Сложность математического аппарата ограничивает применимость точного решения для практических расчетов узлов трения. В связи с этим при анализе контактного взаимодействия для тонких покрытий используют различные асимптотические приближения [1] и упрощенные модели [2]. Так, в работе [2] предложена методика описания установившегося качения жесткого цилиндра с деформируемым ободом, основанная на использовании модели Винклера основания. Однако применимость модели Винклера основания ограничена малыми толщинами покрытий. Более точные оценки параметров контактного взаимодействия обеспечивает асимптотический подход к решению контактной задачи [2]. В известных работах, посвященных использованию асимптотических приближений для тонкого слоя, не учитывается наличие в области контакта зон сцепления и проскальзывания. Подобная ограниченность существующих решений не позволяет, в частности, описать в рамках асимптотического подхода процесс качения колеса, имеющего тонкое покрытие.

В связи с вышесказанным, целью настоящего исследования является разработка методики решения контактной задачи для колеса с тонким упругим ободом, основанной на асимптотическом приближении точного решения задачи теории упругости для полосы и позволяющей подробно описать распределение нормального давления и сдвигового контактного напряжения.

*Краевая задача для полосы.* Первоначально решается вспомогательная краевая задача теории упругости для тонкой полосы, жестко связанной с условно недеформируемым горизонтальным основанием. Полоса образована изотропным линейно упругим материалом и находится в условиях плоской деформации. Точки свободной от закрепления грани полосы имеют некоторые заранее неизвестные вертикальные и горизонтальные смещения, которые выступают в качестве граничных условий при решении задачи теории упругости в перемещениях. При решении задачи используется асимптотическое приближение второго порядка по малому параметру, равному отношению толщины полосы к некоторому произвольно выбранному характерному размеру области контакта. В результате решения краевой задачи получены выражения для граничных напряжений, действующих на свободной от закрепления грани полосы. Данные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, связывающие между собой нормальное давление, сдвиговое граничное напряжение, вертикальное и горизонтальное смещения точек границы полосы. Полученные уравнения используются при решении контактной задачи для колеса с тонким упругим ободом.

*Контактная задача для колеса.* В качестве упрощенной модели колеса рассматривается жесткий цилиндр, имеющий тонкий упругий обод, жестко соединенный с поверхностью цилиндра. Цилиндр находится в контакте с недеформируемой горизонтальной шероховатой поверхностью. Известен коэффициент трения между опорной поверхностью и упругим ободом. Коэффициент трения сцепления и скольжения принимаются равными. К центру цилиндра приложены известные вертикальная (направленная к опорной поверхности) и горизонтальная (параллельная поверхности) силы. Вертикальные смещения точек внешней поверхности обода в области контакта будут определяться вертикальным смещением (осадкой) центра жесткого цилиндра. В области контакта выделяются зона сцепления и зоны проскальзывания. В зоне сцепления выполняется условие постоянства (независимости от продольной координаты) продольной компоненты тензора деформаций. Следовательно, в данной зоне относительное (относительно точек внутренней поверхности обода) горизонтальное смещение прямо пропорционально продольной координате и определяется двумя подлежащими определению константами. Используя выведенные при решении краевой задачи соотношения, при известных зависимостях от горизонтальной координаты смещений точек в области контакта, можно получить соответствующие зависимости для контактного давления и сдвигового контактного напряжения. В зоне проскальзывания для сдвигового контактного напряжения выполняется закон трения Кулона. Полученные при решении краевой задачи для полосы соотношения позволяют в этом случае составить дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами для горизонтального смещения в зоне проскальзывания. Постоянные интегрирования в решении данного уравнения также подлежат определению. Таким образом, использование асимптотического подхода позволяет вывести аналитические выражения для контактных напряжений и смещений в области контакта. Входящие в данные выражения константы, координаты границ

области контакта и границ раздела зон сцепления и проскальзывания определяются из граничных условий и условий равновесия колеса.

*Результаты расчета.* В качестве тестового примера рассматривается вертикальное смещение (осадка) центра составного цилиндра под действием только вертикальной силы. При этом в области контакта выделяются центральная зона сцепления и две симметрично расположенные зоны проскальзывания. В зоне сцепления горизонтальные смещения отсутствуют. Результаты использования разработанной методики сопоставлены с расчетными оценками, полученными на основе модели Винклера основания и конечно-элементной модели контактного взаимодействия. Конечно-элементная модель реализована в программном продукте ANSYS. Показано, что использование асимптотического приближения второго порядка обеспечивает приемлемое (менее десяти процентов погрешности) соответствие результатам конечноэлементного моделирования в диапазоне значений относительной толщины покрытия до 0,5. При этом относительная толщина определяется как отношение толщины к полуширине области контакта. При использовании модели Винклера основания соответствующий диапазон значений относительной толщины составляет до 0,15. Погрешность предложенного варианта решения контактной задачи зависит от значения коэффициента Пуассона материала обода. Наибольшее отклонение аналитических прогнозов от оценок, полученных методом конечных элементов, соответствует диапазону значений коэффициента Пуассона больше 0,45.

Также решена задача о стационарном качении моделируемого колеса под действием заданной горизонтальной силы. При этом зона сцепления распространяется до границы области контакта, соответствующей направлению движения колеса. В этой зоне относительные горизонтальные смещения точек поверхности обода линейно зависят от продольной координаты. Получены расчетные распределения контактного давления, сдвигового контактного напряжения и относительного горизонтального смещения точек в области контакта. Показано, что применимость ранее использованной методики, базирующейся на модели Винклера основания, ограничена значениями относительной толщины обода менее 0,1.

Разработана новая аналитическая методика решения контактных задач для тел качения, имеющих тонкий упругий обод, которая основана на использовании асимптотического приближения второго порядка для тонкой полосы. Сопоставление аналитических расчетных оценок с данными конечно-элементного анализа позволило установить диапазоны значений параметров контактной пары, в которых правомерно использование разработанной методики.

#### Список литературы

1 **Jaffar, M. J.** Asymptotic behaviour of thin elastic layer bonded and unbonded to a rigid foundation / M. J. Jaffar // Int. J. Mech. Sci. – 1989. – Vol. 31. – P. 229–235.

2 **Черноус, Д. А.** Расчет контактного сдвигового напряжения для колеса с деформируемой периферией / Д. А. Черноус, Е. В. Коднянко // Механика. Исследования и инновации. – Гомель : БелГУТ, 2021. – Вып. 14. – С. 83–89.

УДК 539.3

## УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ С ПЕРЕМЕННЫМИ ТОЛЩИНАМИ НЕСУЩИХ СЛОЕВ

*А. В. ЧЕРНЯК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При работе трехслойных конструкций, содержащих жесткие и прочные внешние несущие слои и менее жесткий срединный наполнитель, отмечаются хорошие прочностные и жесткостные показатели при минимуме их весовых характеристик. Поэтому становится очевидной потребность в разработке эффективных методов расчета напряженно-деформированного состояния данного типа конструкций.

Деформирование и колебания трехслойных элементов конструкций уже были исследованы в работах многочисленных авторов. Так, динамическое деформирование трехслойных пластин рассматривалось в работах [1–7], деформирование трехслойных стержней и оболочек при квазистатических нагрузках – в работах [8–14].

Здесь приведен вывод уравнений равновесия для трехслойной круговой пластины с переменной толщиной несущих слоев  $h_1 = h_1(r)$ ,  $h_2 = h_2(r)$ . Задача решается в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ . Для тонких несущих слоев толщиной  $h_1 \neq h_2$  принимаются гипотезы Кирхгофа, для толстого жесткого заполнителя  $h_3 = 2c$ , воспринимающего нагрузку в тангенциальном направлении, справедлива гипотеза о прямолинейности и несжимаемости деформированной нормали. На внешний слой стержня действует осесимметричная распределенная нагрузка с вертикальной  $q = q(r)$  и горизонтальной  $p = p(r)$  составляющими. На контуре пластинки предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев. Через  $h_k$  обозначена толщина  $k$ -го слоя ( $k = 1, 2, 3$  – номер слоя).

Уравнения равновесия в усилиях останутся такими же, как и для пластины со слоями постоянной толщины [4]. Однако выражения внутренних обобщенных усилий через искомые перемещения будут содержать переменные толщины  $h_1(r), h_2(r)$ :

$$\begin{aligned} T_r &= a_1^+ u_{,r} + a_1^- \frac{u}{r} + a_2^+ \psi_{,r} + a_2^- \frac{\psi}{r} - a_3^+ w_{,rr} - a_3^- \frac{w_{,r}}{r}; \\ H_r &= a_2^+ u_{,r} + a_2^- \frac{u}{r} + a_4^+ \psi_{,r} + a_4^- \frac{\psi}{r} - a_5^+ w_{,rr} - a_5^- \frac{w_{,r}}{r}; \\ M_r &= a_3^+ u_{,r} + a_3^- \frac{u}{r} + a_5^+ \psi_{,r} + a_5^- \frac{\psi}{r} - a_6^+ w_{,rr} - a_6^- \frac{w_{,r}}{r}. \end{aligned}$$

где коэффициенты  $a_i$  зависят от радиальной координаты  $r$  и определяются соотношениями

$$\begin{aligned} a_1^\pm &= \sum_{k=1}^3 K_k^\pm h_k, \quad a_2^\pm = c(K_1^\pm h_1 - K_2^\pm h_2), \quad a_3^\pm = K_1^\pm h_1 \left( c + \frac{h_1}{2} \right) - K_2^\pm h_2 \left( c + \frac{h_2}{2} \right); \\ a_4^\pm &= c^2 \left( K_1^\pm h_1 + K_2^\pm h_2 + \frac{2}{3} K_3^\pm c \right), \quad a_5^\pm = c \left( K_1^\pm h_1 \left( c + \frac{h_1}{2} \right) + K_2^\pm h_2 \left( c + \frac{h_2}{2} \right) + \frac{2}{3} K_3^\pm c^2 \right); \\ a_6^\pm &= K_1^\pm h_1 \left( c^2 + ch_1 + \frac{h_1^2}{3} \right) + K_2^\pm h_2 \left( c^2 + ch_2 + \frac{h_2^2}{3} \right) + \frac{2}{3} K_3^\pm c^3, \quad K_k + \frac{4}{3} G_k \equiv K_k^+, \quad K_k - \frac{2}{3} G_k \equiv K_k^-. \end{aligned}$$

Соотношения для  $T_\varphi, H_\varphi, M_\varphi$  следуют из  $T_r, H_r$  и  $M_r$ , если поменять местами  $K_k^+$  и  $K_k^-$ .

Подставив выражения внутренних усилий через перемещения в уравнения равновесия, получим систему линейных дифференциальных уравнений в перемещениях для определения искоемых функций  $u(r), \psi(r), w(r)$ :

$$\begin{aligned} a_1^+ L_2(u) + a_2^+ L_2(\psi) - a_3^+ L_2(w_{,r}) + a_1^+{}_{,r} u_{,r} + a_2^+{}_{,r} \psi_{,r} - a_3^+{}_{,r} w_{,rr} + a_1^- \frac{u}{r} + a_2^- \frac{\psi}{r} - a_3^- \frac{w_{,r}}{r} &= -p, \\ a_2^+ L_2(u) + a_4^+ L_2(\psi) - a_5^+ L_2(w_{,r}) + a_2^+{}_{,r} u_{,r} + a_4^+{}_{,r} \psi_{,r} - a_5^+{}_{,r} w_{,rr} + a_2^- \frac{u}{r} + a_4^- \frac{\psi}{r} - a_5^- \frac{w_{,r}}{r} - 2cG_3\psi &= 0, \\ a_3^+ L_3(u) + a_5^+ L_3(\psi) - a_6^+ L_3(w_{,r}) + 2a_3^+{}_{,r} L_2(u) + 2a_5^+{}_{,r} L_2(\psi) - 2a_6^+{}_{,r} L_2(w_{,r}) + (a_3^+{}_{,rr} + \frac{a_3^-{}_{,r}}{r})u_{,r} + \\ + (a_5^+{}_{,rr} + \frac{a_5^-{}_{,r}}{r})\psi_{,r} - (a_6^+{}_{,rr} + \frac{a_6^-{}_{,r}}{r})w_{,rr} + (a_3^-{}_{,rr} - \frac{a_3^+{}_{,r}}{r})\frac{u}{r} + (a_5^-{}_{,rr} - \frac{a_5^+{}_{,r}}{r})\frac{\psi}{r} - (a_6^-{}_{,rr} - \frac{a_6^+{}_{,r}}{r})\frac{w_{,r}}{r} &= -q, \end{aligned}$$

где запятая в нижнем индексе обозначает операцию дифференцирования по следующей за ней координате;  $L_2, L_3$  – дифференциальные операторы,

$$L_2(g) \equiv \left( \frac{1}{r}(rg)_{,r} \right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2}; \quad L_3(g) \equiv \frac{1}{r}(rL_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,rr}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3}.$$

Отметим, что если во втором уравнении равновесия пренебречь работой касательных напряжений в заполнителе ( $2cG_3\psi$ ) и в третье уравнение добавить силы инерции, то получим систему уравнений колебаний пластины с легким заполнителем, совпадающих с приведенными в [5–7].

Автор благодарен преподавателям кафедры «Строительная механика» за помощь в проведении исследований.



## Список литературы

- 1 **Старовойтов, Э. И.** Основы теории упругости, пластичности и вязкоупругости : учеб. для студентов строительных спец. вузов / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 344 с.
- 2 **Gorshkov, A. G.** Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoitov, A. V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.
- 3 **Kuznetsova, E. L.** Methods of diagnostic of pipe mechanical damage using functional analysis, neural networks and method of finite elements / E. L. Kuznetsova, G. V. Fedotenkov, E. I. Starovoitov // INCAS Bulletin. – Vol. 12, Spec. is. – 2020. – P. 79–90.
- 4 **Starovoitov, É. I.** Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A. V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no. 5. – P. 474–481.
- 5 **Маркова, М. В.** Инерционная математическая модель динамического деформирования круговой трёхслойной ступенчатой пластины / М. В. Маркова // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естественные науки. – 2021. – № 6 (129). – С. 164–170.
- 6 **Маркова, М. В.** Собственные колебания круговой трёхслойной ступенчатой пластины / М. В. Маркова // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14 (14). – С. 147–158.
- 7 **Маркова, М. В.** Постановка начально-краевой задачи об осесимметричных колебаниях круговой трёхслойной пластины переменной толщины / М. В. Маркова, Д. В. Леоненко // Теоретическая и прикладная механика. – 2022. – № 36. – С. 3–10.
- 8 Деформирование трёхслойной круговой пластины на упругом основании / А. Г. Горшков [и др.] // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2005. – Т. 2, № 1. – С. 16–22.
- 9 **Козел, А. Г.** Деформирование круговой трёхслойной пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – № 32. – С. 235–240.
- 10 **Захарчук, Ю. В.** Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – Вып. 11. – С. 80–87.
- 11 **Старовойтов, Э. И.** Деформирование упругопластической круговой трёхслойной пластины на основании Винклера при термосиловом нагружении / Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая, Д. В. Леоненко // Проблемы прочности. – 2007. – № 5. – С. 68–80.
- 12 **Старовойтов, Э. И.** Термосиловое нагружение трёхслойных пологих оболочек / Э. И. Старовойтов // Изв. АН СССР. Механика твёрдого тела. – 1989. – Вып. 5. – С. 114–119.
- 13 **Нестерович, А. В.** Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трёхслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – Вып. 13. – С. 116–121.
- 14 **Трацевская, Е. Ю.** Демпфирующие свойства слабосвязных трехфазных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2019. – № 2 (51). – С. 115–121.

УДК 539.3

## ТРЕХСЛОЙНАЯ КРУГОВАЯ ПЛАСТИНА СО СЖИМАЕМЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

*Ю. В. ШАФИЕВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Постановки и методики решения краевых задач о деформировании слоистых элементов конструкций приведены в монографиях [1–5]. Термосиловое нагружение цилиндрических упругих и вязкоупругих оболочек исследовано в работах [6, 7]. Упругопластические пластины, связанные с основанием Пастернака, а также при неосесимметричном нагружении, рассмотрены в статьях [8, 9]. Публикации [10–18] посвящены исследованию деформирования упругих и упругопластических круглых трёхслойных пластин со сжимаемым наполнителем при изотермических нагружениях.

Здесь приводится постановка и решение краевой задачи о деформировании круглой трёхслойной пластины в температурном поле. Используется цилиндрическая система координат. В тонких несущих слоях справедливы гипотезы Кирхгофа. В жестком наполнителе, воспринимающем нагрузку в тангенциальном и вертикальном направлениях, нормаль остается прямолинейной, поворачивается на некоторый дополнительный угол  $\psi(r)$ , обжатие по толщине принимается линейным. Деформации малые.

На внешний слой стержня действует осесимметричная распределенная нагрузка  $q = q(r)$  и падает тепловой поток  $q_t$ . На контуре пластинки предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев и обжатию наполнителя. Через  $w(r)$  и  $u(r)$  обозначены прогиб и продольное перемещение срединной плоскости наполнителя,  $v(r)$  – функция, характеризующая сжимаемость наполнителя.

Продольные и поперечные перемещения в слоях  $u^{(k)}(r, z)$  и  $w^{(k)}(r, z)$  выражаются через четыре искомые функции  $w(r)$ ,  $u(r)$ ,  $\psi(r)$  и  $v(r)$ . Используя вариационный принцип Лагранжа, получим систему дифференциальных уравнений равновесия, служащую для определения искомых функций:

$$\begin{aligned} L_2(a_1u + a_2\psi - a_3w_{,r} - a_4v_{,r}) + K_3^- v_{,r} &= 0, \\ L_2(a_2u + a_5\psi - a_6w_{,r} - a_7v_{,r}) - 2cG_3\psi &= 0; \\ L_3(a_3u + a_6\psi - a_8w_{,r} - a_9v_{,r}) &= -q, \\ L_3(a_4u + a_7\psi - a_9w_{,r} - a_{10}v_{,r}) + \frac{c}{6} \left( 2K_3 - \frac{1}{3}G_3 \right) \left( v_{,rr} + \frac{v_{,r}}{r} \right) - K_3^- \left( u_{,r} + \frac{u}{r} \right) - \frac{1}{2c} K_3^+ v &= -q, \end{aligned}$$

где  $a_i$  – коэффициенты, определяемые термоупругими и геометрическими параметрами слоев;  $L_2, L_3$  – дифференциальные операторы [10, 11].

Следует отметить, что если в полученной системе положить функцию сжимаемости  $v(r) \equiv 0$ , то первые три уравнения совпадут с известной системой уравнений равновесия для круговой пластины с жестким несжимаемым наполнителем [1, 2].

Краевая задача замыкается добавлением к уравнениям равновесия кинематических граничных условий. При жесткой заделке контура пластины должны выполняться требования

$$u = \psi = w = v = w_{,r} = 0 \text{ при } r = r_0.$$

При шарнирном опирании контура пластины

$$u = \psi = w = 0, \quad M_r = \sum_{k=1}^3 \int_{h_k} \sigma_r^{(k)} z dz = 0,$$

где  $\sigma_r^{(k)}$  – радиальное напряжение;  $M_r$  – изгибающий момент.

Аналитическое решение системы дифференциальных уравнений равновесия несимметричной по толщине трехслойной пластины со сжимаемым жестким наполнителем получено в виде

$$\begin{aligned} v &= -\frac{C_7}{\beta} J_0(\beta r) + \frac{q_0 r}{2\beta^2} (p_1 + p_2) + C_9, \\ \psi &= -\frac{q_0 r^3}{16a_6} - \frac{1}{a_6} (a_3u - a_8w_{,r} - a_9v_{,r}) + C_3 \frac{r}{2}; \\ u &= b_1 v_{,r} + (b_2 + b_3) \frac{q_0 r^3}{16} + C_5 \frac{r}{2}; \\ w &= \frac{a_2 a_6 - a_3 a_5}{a_6^2 - a_5 a_8} \int u dr - \frac{a_6 a_7 - a_5 a_9}{a_6^2 - a_5 a_8} v - \frac{a_5 q_0}{64(a_6^2 - a_5 a_8)} r^4 + C_{10} \frac{r^2}{4} + C_{12}, \end{aligned}$$

где  $C_i$  – константы интегрирования, определяемые из граничных условий.

Это решение отличается от полученных ранее учетом зависимости упругих параметров материалов слоев от температуры, которая рассчитывается по формуле Белла [1, 2].

*Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Конвергенция».*

#### Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : Физматлит, 2005. – 576 с.
- 2 Горшков, А. Г. Теория упругости и пластичности / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Тарлаковский. – М. : Физматлит, 2011. – 416 с.
- 3 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : МАИ, 2016. – 184 с.
- 4 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 5 Старовойтов, Э. И. Механика материалов / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 380 с.
- 6 Gorshkov, A. G. Harmonic Vibrations of a Viscoelastoplastic Sandwich Cylindrical Shell / A. G. Gorshkov, É. I. Starovoi-tov, A. V. Yarovaya // International applied mechanics. – 2001. – Vol. 37, no. 9. – P. 1196–1203.
- 7 Старовойтов, Э. И. Термосиловое нагружение трехслойных пологих оболочек / Э. И. Старовойтов // Изв. АН СССР. Мех. твердого тела. – 1989. – № 5. – С. 114–119.
- 8 Козел, А. Г. Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.

9 Нестерович, А. В. Осесимметричное нагружение круглой физически нелинейной трехслойной пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Проблемы физики, математики и техники. – 2021. – Т. 48. – № 3. – С. 24–29.

10 Горшков, А. Г. Колебания трехслойных стержней под действием локальных нагрузок различных форм / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – № 1. – С. 45–52.

11 Захарчук, Ю. В. Трехслойная круговая упругопластическая пластина со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Проблемы физики, математики и техники. – 2018. – № 4 (37). – С. 72–79.

12 Старовойтов, Э. И. Нелинейное деформирование трехслойной пластины со сжимаемым наполнителем / Э. И. Старовойтов, Ю. В. Захарчук // Механика машин, механизмов и материалов. – 2019. – № 3 (48). – С. 26–33.

13 Старовойтов, Э. И. Изгиб упругопластической круговой трехслойной пластины со сжимаемым наполнителем / Э. И. Старовойтов, Ю. В. Захарчук // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 58–73.

14 Starovoitov, E. I. Elastic circular sandwich plate with compressible filler under axially symmetrical thermal force load / E. I. Starovoitov, Y. V. Zakharchuk, E. L. Kuznetsova // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2021. – Vol. 27, no. 2. – P. 175–188.

15 Захарчук, Ю. В. Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – Вып. 11. – С. 80–87.

16 Захарчук, Ю. В. Напряженно-деформированное состояние круговой трехслойной пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2019. – Вып. 12. – С. 66–75.

17 Захарчук, Ю. В. Перемещения в упругой круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Теоретическая и прикладная механика. – 2020. – С. 61–69.

18 Захарчук, Ю. В. Упругое деформирование круговых трехслойных пластин со сжимаемым наполнителем осесимметричными нагрузками / Ю. В. Захарчук // Теоретическая и прикладная механика. – 2022. – С. 34–41.

УДК 536.413:678.01

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ АБС- И АБС/ПММА-ПЛАСТИКОВ ПОСЛЕ УСКОРЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

*С. В. ШИЛЬКО, Т. В. ДРОБЫШ, А. П. САЗАНКОВ*

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого  
Национальной академии наук Беларуси, г. Гомель*

В последние годы в транспортном и сельскохозяйственном машиностроении активно применяются крупногабаритные детали кузова (крыши, капоты, оболочечные элементы) из АБС-пластиков, а также их сплавов с полиметметакрилатом (ПММА). Коэффициент термического линейного расширения (КТЛР) этих материалов на порядок выше, чем у металлов, что приводит к заметным изменениям размеров вышеуказанных изделий в эксплуатационном интервале температур  $-40...+35$  °С, причем КТЛР зависит от направления, что обусловлено технологической анизотропией при изготовлении. Стесненная деформация изделий при нагреве в условиях жесткого закрепления на несущей раме машины может привести к нежелательному короблению и внутренним напряжениям. В этой связи при проектировании подобных конструкций востребованы экспериментальные данные, характеризующие КТЛР АБС- и АБС/ПММА-пластиков. Также представляет интерес прогнозирование изменений КТЛР этих материалов в процессе эксплуатации при воздействии влаги, температуры и солнечного излучения.

Цель работы – определение коэффициента термического линейного расширения АБС- и АБС/ПММА-пластиков и получение экспресс-оценки его эксплуатационных изменений в результате климатического воздействия.

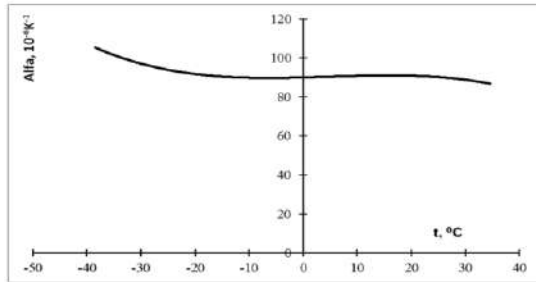
Исследовались АБС- и АБС/ПММА-пластики трех производителей на образцах, вырезанных из листовых заготовок в двух ортогональных направлениях. Ускоренные (800 часов) лабораторные климатические испытания (КИ) с использованием везерометра Q-SUN XENON Xe-3-NS путем интенсификации температурно-влажностного воздействия и ультрафиолетового излучения были эквивалентны 10 годам эксплуатации. Коэффициент линейного термического расширения в температурном диапазоне  $-40...+35$  °С определяли на dilatометре DIL801 (TA Instruments).

На рисунке 1 показаны характерные температурные зависимости коэффициента линейного термического расширения  $\alpha(t)$ , обозначенного параметром Alfa в соответствии с программным обеспечением dilatометра, полученные до и после климатических испытаний. На температурных зависимостях КТЛР изучаемых АБС- и АБС/ПММА-пластиков, можно выделить 3 участка: 1) падающая

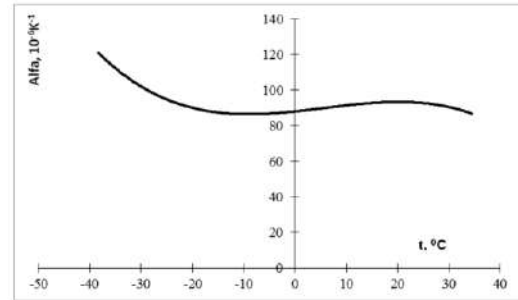
ветвь в области низких температур (от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-10\dots-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 2) горизонтальный участок с относительно стабильным значением КТЛР (плато) в диапазоне от  $-10\dots 15$  до  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; 3) падающая ветвь в диапазоне  $25\text{--}35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

К примеру, из рисунка 1, *а*, *б* следует увеличение КТЛР АБС-пластика производства John Deere (США) примерно на 15 % при низких температурах  $-40\dots 35\text{ }^{\circ}\text{C}$  и изменение характера зависимости  $\alpha(t)$  в виде более выраженных температурных вариаций КТЛР. Аналогичные закономерности наблюдаются для АБС/ПММА (рисунок 1, *в*, *г*).

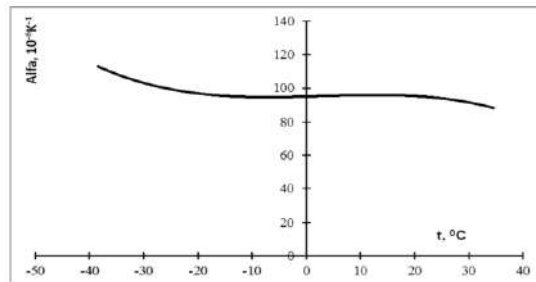
*а)*



*б)*



*в)*



*г)*

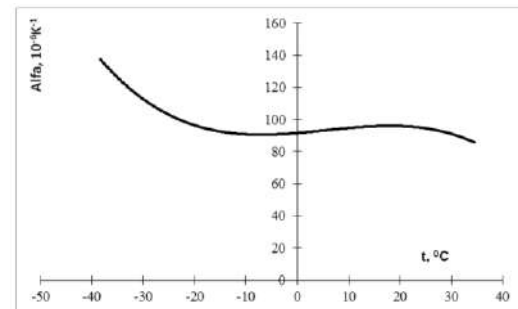
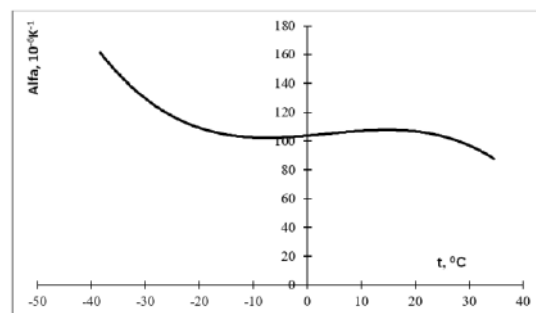


Рисунок 1 – Зависимости «КТЛР/температура» АБС-пластика John Deere до (*а*) и после (*б*) КИ, АБС/ПММА-пластика John Deere до (*в*) и после (*г*) КИ

Практически важным является выделение материалов, обладающих стабильностью значений КТЛР во всём температурном интервале. Так, если до КИ пластики производства John Deere демонстрировали достаточно стабильные значения КТЛР (в пределах  $105\dots 90\cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$  для АБС- и  $110\dots 90\cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$  для АБС/ПММА соответственно), то после КИ температурная вариация КТЛР этих материалов заметно увеличилась:  $120\dots 85\cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$  для АБС и  $135\dots 80\cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$  для АБС/ПММА соответственно. Климатическое воздействие на АБС/ПММА-пластик производства САПТ (РФ), наоборот, привело к уменьшению КТЛР примерно на 20 % при самых низких температурах ( $-40\dots -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и уменьшению температурных вариаций КТЛР.

*а)*



*б)*

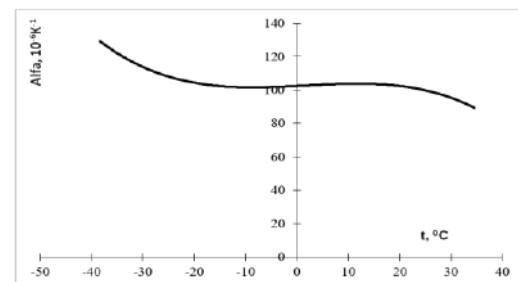


Рисунок 2 – Зависимости «КТЛР/температура» АБС/ПММА-пластика производства САПТ (РФ) до (*а*) и после (*б*) климатических испытаний

В работе определены температурные зависимости коэффициента термического линейного расширения АБС- и АБС/ПММА-пластиков трех производителей после ускоренных лабораторных климатических испытаний, эквивалентных 10 годам эксплуатации. Выполнено сопоставление полученных характеристик с аналогичными показателями до климатических испытаний. Дана оценка стабильности КТЛР изучаемых пластиков при воздействии температуры, влаги и ультрафиолета. Практическая значимость результатов состоит в оптимальном выборе конструкционных пластиков для деталей кузова транспортных и сельскохозяйственных машин по критерию стабильности свойств в условиях климатического воздействия.

#### Список литературы

- 1 Гуль, В. Е. Структура и механические свойства полимеров / В. Е. Гуль, В. Н. Кулезнев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Лабиринт, 1994. – 367 с.
- 2 Шах, В. Справочное руководство по испытаниям пластмасс и анализу причин их разрушения / В. Шах ; пер. с англ. под ред. А. Я. Малкина. – СПб. : Научные основы и технологии, 2009. – 732 с.

УДК 669.018.472:678.5

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ МЕТАЛЛ-АЛМАЗНЫХ КОМПОЗИТОВ КАК ФАКТОРА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

*С. В. ШИЛЬКО*

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого  
Национальной академии наук Беларуси, г. Гомель*

*А. И. СТОЛЯРОВ*

*Гомельский государственный университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

В последние годы важным фактором безопасности во многих сферах жизнедеятельности стала надежность силовой электроники, средств мобильной радиосвязи, микропроцессоров и т. д., что обусловлено широким распространением и миниатюризацией электронных приборов, повышением их удельной мощности и, соответственно, тепловыделения. Применение материалов с повышенной теплопроводностью часто остается единственным способом эффективного охлаждения перечисленных устройств. Теплопроводность обычно используемых металлов (меди, алюминия и их сплавов) уже недостаточна; к тому же они имеют довольно высокий коэффициент теплового расширения. Инновационным решением считается создание металл-алмазных композитов (МАК) благодаря их высокой теплопроводности и возможности регулирования КТР. Сочетание свойств металлической матрицы (хорошая теплопроводность, пластичность) и мелкодисперсного наполнителя в виде алмаза (максимальная теплопроводность и твердость, химическая стабильность) в принципе позволяет достичь желаемого результата. Однако из-за несовершенного контакта частиц наполнителя и металлической матрицы, обусловленного низкой смачиваемостью поверхности алмаза медью и алюминием, фактическая теплопроводность и термочность МАК может оказаться ниже, чем у матричного металла. Это преодолевается плакированием алмазов карбидами металлов при условии оптимального выбора объемного содержания частиц, толщины межфазного слоя и т. д. Однако необходимая для оптимизации диагностика температур, напряжений и локальных термомеханических повреждений МАК затрудняется микроскопическими размерами частиц наполнителя и наноразмерностью межфазного слоя.

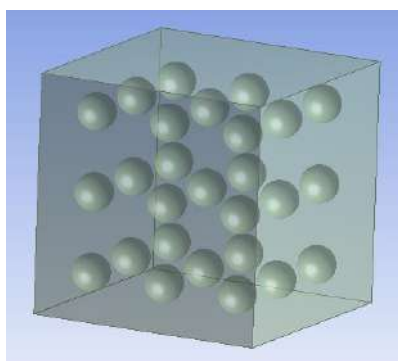
Обзор проведенных исследований показывает, что численное моделирование позволяет дать полезные рекомендации в части дизайна структуры МАК, направленного на повышение теплопроводности и термочности. Так, авторы статьи [1], изучавшие влияние формы частиц алмаза на теплопроводность МАК экспериментально и методом конечных элементов, сделали вывод, что при прочих равных условиях большее количество граней может способствовать повышению теплопроводности.

*Цель работы* – расчет коэффициента теплопроводности металл-алмазных композитов и распределения температуры в представительном объеме МАК исходя из теплофизических характеристик всех компонентов с представлением частиц наполнителя в виде многогранников.

Для численного моделирования процесса теплопередачи в композите «алмаз – алюминий» использовался конечноэлементный программный продукт ANSYS версии 19.0. Параметрический анализ заключался в определении величины теплового потока, коэффициента теплопроводности и распределения температуры с учетом термосопротивления границы раздела для различной толщины модифицирующего покрытия из карбида вольфрама.

На рисунке 1, *а* показана трехмерная модель представительного объема МАК регулярной структуры, содержащего матрицу в виде куба с длиной ребра 0,422 мкм и 27 сферических включений диаметром 200 нм (три ряда по девять частиц в каждом ряду) с модифицирующим покрытием, толщина которого варьировалась от 0 до 1 мкм. На двух противоположных гранях куба задавались значения температуры, остальные грани считались теплоизолированными. Коэффициенты теплопроводности материала матрицы, наполнителя и межфазного слоя задавались равными 1800, 237 и 178 Вт/(м·К) соответственно.

*а)*



*б)*

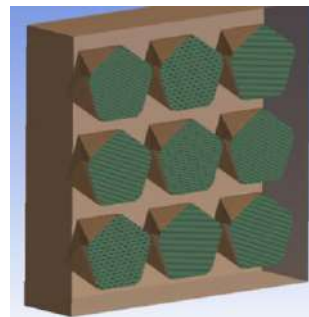


Рисунок 1 – Модельная структура МАК с частицами алмаза в виде сфер (*а*) и многогранников (*б*)

В таблице 1 сопоставлены расчеты методом конечных элементов и по зависимостям, полученным в рамках модели Такаянаги, гипотез составного включения и эквивалентной матрицы [2].

Таблица 1 – Сопоставление расчетов различными методами

Толщина слоя, нм	100	250	500	1000
Тепловой поток, МВт/м <sup>2</sup>	Нет сходимости	12,40	12,46	12,82
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	–	313,94	315,53	324,70
Аналитическое решение	313,82	313,44	312,82	311,57

Можно отметить достаточно хорошее совпадение аналитических и конечно-элементных оценок, однако для очень тонких покрытий (толщиной 0,1 мкм и менее) решение методом конечных элементов получить не удалось, а с увеличением толщины покрытия расхождение увеличивается.

При достаточных вычислительных ресурсах конечно-элементная дискретизация позволяет получить детальное трехмерное описание теплопередачи и термонапряженного состояния представительного объема МАК, содержащего группу частиц наполнителя (алмаза) в виде многогранников произвольной формы. В этом случае возможно использование микротомограмм металл-алмазных композитов в качестве исходных данных для конечно-элементного расчета. На рисунке 1, *б* показан представительный объем МАК в виде куба размером 1×1×1 мм, содержащего 27 включений в виде правильных многогранников (икосаэдров) размером 250–260 мкм, которые имеют 20 треугольных граней каждый. В предположении идеального контакта «алюминий – алмаз» расчетная теплопроводность композита составила 555,42 Вт/(м·К).

Построена трехмерная конечно-элементная модель процесса теплопередачи в представительном объеме металл-алмазного композита при наличии модифицирующего покрытия на частицах алмаза. На примере композита «алмаз/алюминий» с покрытием из вольфрама определены значения

теплого потока и коэффициента теплопроводности композита с включениями в виде сфер и многогранников с учетом термосопротивления границы раздела для различной толщины покрытия из вольфрама. Сделано сопоставление указанных параметров с расчетом по формулам, полученным в рамках микромеханической модели Такаянаги, гипотезы составного включения и эквивалентной матрицы, показавшее достаточно хорошее совпадение аналитических и конечноэлементных оценок.

*Исследование поддержано БРФФИ (T22KI-032 «Эволюция микроструктуры и стабильность термических свойств композитов алмаз/алюминий при термоциклировании»).*

#### Список литературы

1 Finite Element Analysis of the Effect of Particle Shape on the Thermal Conductivity in Diamond/Cu Composites / H. Guo [et al.] // Materials Science Forum. – 2014. – Vol. 788. – P. 689–692. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/msf.788.689.

2 Шилько, С. В. Математическое моделирование процесса теплопередачи и термонапряженного состояния в металл-алмазных композитах / С. В. Шилько, Д. А. Черноус // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете : тез. докл. XVI Всерос. школы (Дивноморское, 26 – 31 мая 2022 г.). – Ростов-н/Д ; Таганрог : ЮФУ, 2022. – С. 102.

УДК 51+004

## РЕАЛИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИЯ В WOLFRAM MATHEMATICA

О. В. ЮХНОВСКАЯ, М. А. ГУНДИНА

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Проблема сохранности данных не утрачивает своей актуальности. Методы криптографической защиты находят свое применение в системах управления на транспорте. Суть шифрования заключается в следующем. Вначале происходит переход данных через серию математических операций, которые генерируют альтернативную форму этих данных, затем получатель преобразует эту форму в исходную.

Безопасность шифрования заключается в способности алгоритма генерировать зашифрованный текст, который нелегко преобразовать в исходный. Криптографическая функция в основном зависит от значения ключа, необходимого как для шифрования, так и для дешифрования.

Двумя широко используемыми методами шифрования являются шифрование с симметричным ключом и шифрование с открытым ключом. При шифровании с симметричным ключом и отправитель, и получатель используют один и тот же ключ, необходимый для шифрования данных [1]. На сегодняшний день разработаны различные алгоритмы для описания криптографии с симметричным ключом, такие как AES, DES, 3DES, Blowfish и др. Недостатком таких методов является низкий уровень безопасности, поскольку отправитель и получатель используют один и тот же ключ (закрытый) через незащищенные каналы [2]. Это может привести к легкому обнаружению ключей шифрования и дешифрования.

Криптография с асимметричным ключом известна как криптография с открытым ключом. В шифровании с открытым ключом используются два разных, но математически связанных ключа. Существуют различные алгоритмы для реализации этого механизма шифрования: RSA, Diffie-Hellman, ECC (криптография на эллиптических кривых) и алгоритм цифровой подписи [3].

Шифрование на основе RSA с большим модулем и, соответственно, большим ключом, позволяет также надежно сохранять данные.

Рассмотрим реализацию алгоритма шифрования в системе Wolfram Mathematica.

Вначале подключаем кодировщик данных с помощью следующей команды:

```
enc=NetEncoder["UTF8"].
```

Вывод набора первых последовательных простых чисел может быть получен с помощью следующей команды:

```
Table[Prime[n],{n,20}].
```

Выбираем два простых числа из списка:  $p = 59$ ,  $q = 61$ . Находим их произведение  $m = pq$ . Вычисляем функцию Эйлера  $\phi = (p - 1)(q - 1)$ . В этом случае ее значение для данных чисел равно 3480.

Выбираем простое число, его не превосходящее:  $pub = 1223$ .

Находим обратное ему число по модулю:  $priv = \text{ModularInverse}[1223, 3480]$ .

Зашифруем следующее сообщение:

```
t=enc["The square on the hypotenuse is equal to the sum of the squares on the other two sides"]
```

Числовая запись его выглядит следующим образом:

```
{85,105,102,33,116,114,118,98,115,102,33,112,111,33,117,105,102,33,105,122,113,112,117,102,111,118,116,102,33,106,116,33,102,114,118,98,109,33,117,112,33,117,105,102,33,116,118,110,33,112,103,33,117,105,102,33,116,114,118,98,115,102,116,33,112,111,33,117,105,102,33,112,117,105,102,115,33,117,120,112,33,116,106,101,102,116}
```

Шифруем следующим образом согласно алгоритму RSA:

```
For[i=1,i<=Length[t2],i++,t2[[i]]=Nest[Mod[# t[[i]],max]&,t[[i]],pub-1]]
```

Функция Nest позволяет применить одну и ту же функцию конечное число раз.

Получатель может расшифровать данные следующим образом:

```
For[i=1,i<=Length[t2],i++,t3[[i]]=Nest[Mod[# t2[[i]],max]&,t2[[i]],priv-1]].
```

Шифр Цезаря входит в класс шифров, называемых «подстановка» или «простая замена». Это такой шифр, в котором каждой букве алфавита соответствует буква, цифра, символ или какая-нибудь их комбинация. Пример реализации шифрования в Wolfram Mathematica выглядит следующим образом: `StringReplace["Квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов",{"a"-">"г","б"-">"д",...,"э"-">"а","ю"-">"б","я"-">"в"}]`

Процесс шифрования является очень важным вопросом в задачах прикладной информатики. Он позволяет обеспечить сохранность данных и упростить процесс ее дешифровки.

#### Список литературы

- 1 A new hybrid technique for data encryption / M. A. Khan [et al.] // Global Conference on Communication Technologies, 23–24 April 2015. – P. 925–929.
- 2 Alese, B. K. Comparative analysis of public-key encryption schemes / B. K. Alese, E. D. Philemon, S. O. Falaki // International Journal of Engineering and Technology. – 2012. – Vol. 2, no. 9. – P. 1552–1568.
- 3 Multimedia asymmetric watermarking and encryption / G. Boato [et al.] // Institute of Electrical and Electronics Engineers University. – 2008. – Vol. 44, no. 9. – P. 601–603.



## 9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

---

УДК 625.8

### БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРА

*Я. И. АРСЕНТЬЕВА*

*Сибирский государственный университет водного транспорта,  
г. Новосибирск, Российская Федерация*

Транспортно-логистическое обеспечение является ключевым фактором успеха при освоении и последующей эксплуатации месторождений в труднодоступных районах Севера. Между тем решение логистических задач в суровых условиях Крайнего Севера – это высший пилотаж логистики. Сложностей много: суровый климат, отсутствие транспортной инфраструктуры, ограниченный период навигации и работы зимников и прочее. В ситуации высокого риска цена ошибки очень велика.

Важным аспектом функционирования любой логистической системы является обеспечение ее безопасности. Это означает приведение логистической системы в такое состояние, при котором она будет защищена от неблагоприятного воздействия внешних и внутренних угроз. В практическом плане это находит отражение в обеспечении сохранности товарно-материальных ценностей в процессе организации их движения.

Безопасность в логистических системах обеспечивается в результате реализации целого комплекса организационных мероприятий и технических решений, суть которых состоит в выявлении, предупреждении и пресечении действия подрывающих факторов. Кроме того, предполагается максимальное устранение неблагоприятных последствий воздействия подрывающих факторов, в результате чего должна быть обеспечена эффективная работа предприятия.

Вопрос обеспечения безопасности в логистических системах рассматривается системно. Отсюда следует, что система безопасности состоит из нескольких элементов: физическая, информационная, транспортная, экологическая и т. п.

Как известно, проведение транспортно-логистических работ на Севере ведётся в суровых климатических условиях и отдалённых труднодоступных местах. Немаловажной проблемой является обеспечение транспортно-логистической безопасности на месторождениях.

В транспортно-логистическое обеспечение входит непосредственно доставка грузов, оборудования и техники для дальнейшей обработки. Доставка производится как воздушным, водным, так и автомобильным транспортом по автозимникам.

Безопасность процесса транспортировки на автозимниках имеет очень важное значение, так как в суровых условиях Севера ошибки несут огромный урон. Для защиты дорог от снежных заносов используют снегозадерживающие средства. Они работают по принципу задержания и недопущения снега к дороге. В России в основном применяют способ защиты дорог от заносов путем снегозадержания с помощью искусственных устройств или насаждений. Это могут быть деревянные щитовые ограждения. Сущность этого способа заключается в том, что чем выше щит, тем большее количество снега он может задержать. Рекомендуется устанавливать щиты в несколько рядов, чтобы справиться с большим объёмом снегопереноса. Ещё один способ защиты – это снежные траншеи, но наиболее эффективным и надёжным способом являются снегозащитные насаждения. Они имеют значительно больший срок службы, чем переносные щиты.

Безусловно, содержание автозимников требует значительных затрат: проведение работ по трассировке и замерам льда, перебазировка дорожной техники с привлечением вертолетов, расстановка дорожных знаков, выполнение работ по срезке колеи и засыпке провалов, подсыпки противогололедно-

го материала на подъемах и спусках и т. д. По данным Министерства транспорта и дорожного хозяйства, в среднем содержание одного километра автозимника составляло в 2019 г. 57 тыс. руб. [1].

Что касается речного и морского транспорта, как известно, продолжительность навигации на Севере невелика и помимо этого главным препятствием для прохода судов остаётся лёд. Но современное ледокольное обеспечение позволяет организовать круглогодичную навигацию, тем самым обеспечивая бесперебойную работу флота [2].

На сегодняшний день на Севере работают самые большие и мощные ледокольные суда в мире. Без современного транспортного флота невозможно обеспечить перспективные объемы перевозок грузов [3]. Два атомохода: ледокол «Арктика» и серийный ледокол «Сибирь» уже подтвердили свою эффективность и универсальность зимой 2021–2022 гг.: они смогли справиться и с мощными арктическими льдами, и с тяжелейшими погодными условиями, и со сложной работой на мелководье [4]. Также используются ледоколы «Ямал», «50 лет Победы», «Таймыр», «Вайгач» и многие другие мощностью более 50 тыс. л. с. [5]. Стоит отметить, что активно идёт инвестирование в ледокольный флот. В строительство нового арктического ледокольного флота до 2024 года инвестируют примерно 163,8 млрд руб., всё финансирование будет произведено из внебюджетных средств [6].

Морские порты являются неотъемлемой частью транспортной системы Севера. Именно на них лежит вся нагрузка по погрузке и отправке самых разных грузов, доставляемых по Северному морскому пути. Сейчас в основном задействованы такие порты: Мурманск, Сабетта, Варандей, Архангельск и другие. Все они отличаются друг от друга по самым разным показателям: площади, количеству причалов, пропускной способности, возможности работать в определенные периоды навигации и многому другому. Стоит отметить, что некоторые порты не способны отвечать современным требованиям, обрабатывать постоянно возрастающий грузопоток, а также не имеют портовой инфраструктуры. Многие арктические морские порты являются сегодня самым слабым звеном. Из-за отсутствия должного финансирования в портах не проводились модернизация технического оборудования, не осуществлялись дноуглубительные работы на подходах к ним и на устьевых участках рек [7].

Но несмотря на такие значительные проблемы, в настоящее время активно ведётся строительство порта у поселка Индига, который находится в Ненецком автономном округе. Глубина бухты у берега в Индиге до 18 м позволит порту принимать суда дедвейтом 100 тыс. тонн и более. Если порт будет построен, к 2030 году его грузооборот должен будет достичь 40,4 млн тонн в год. Пропускная способность порта может составить до 80 млн тонн. Стоимость проекта насчитывает примерно 350 млрд рублей. К нему собираются подвести железную дорогу от «Белкомура» – строящейся железнодорожной магистрали Архангельск – Сыктывкар – Соликамск. Есть большая вероятность, что порт даст серьёзный экономический эффект.

Но несмотря на все описанные способы доставки, цены на северный завоз всё же достаточно велики. Перспективными предложениями по снижению стоимости является активное использование недорогих речных путей, но для этого необходимо заниматься дноуглубительными работами и обновлять флот. Также среди перспективных предложений специалисты рассматривают использование для доставки грузов новых видов транспорта, например, аэроботы, экранопланы и беспилотники [8].

Подводя итог, можно сказать, что обеспечение транспортной безопасности при разработке месторождений Севера достаточно значимо, объёмы перевозок растут, а следовательно, безопасная транспортировка имеет первостепенное значение. В 2021 году план завоза грузов в навигацию был перевыполнен, при плане завоза 1,143 млн тонн доставили 1,156 млн тонн грузов. Более 320 тыс. тонн жизнеобеспечивающих грузов было доставлено в арктические районы республики по рекам Яне, Индигирке, Колыме, Анабар, морю Лаптевых [9].

Обеспечение безопасности перевозок – это важнейшая составляющая транспортного процесса, а в условиях Крайнего Севера является основным фактором успеха при освоении и дальнейшей эксплуатации месторождений.

#### Список литературы

- 1 Егорова, Т. П. Проблемы транспортного обеспечения арктической зоны Якутии / Т. П. Егорова, К. И. Алексеева, Н. Н. Константинов // Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов. – 2014. – С. 301–304.
- 2 Neftegaz.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://neftgaz.ru/tech-library/suda-neftgazovye-i-morskoe-oborudovanie-dlya-bureniya/141838-severnoy-morskoj-puti/>. – Дата доступа : 10.09.2022.

3 Загородников, М. А. Развитие транспортной инфраструктуры Северного морского пути (СМП) / М. А. Загородников // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2017. – № 2. – С. 68–73.

4 Инвестиционный портал Арктической зоны России [Электронный ресурс] : [офф. сайт]. – Режим доступа : <https://arctic-russia.ru/article/arktika-i-sibir-kak-pokazali-sebya-novyie-ledokoly-v-zimu-2021-2022-godov/>. – Дата доступа : 10.09.2022.

5 Росатом [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.rosatom.ru/production/fleet/>. – Дата доступа : 10.09.2022.

6 Российское государственное федеральное информационное агентство ТАСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://tass.ru/ekonomika/5480845?utm\\_source=google.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.com&utm\\_referrer=google.com](https://tass.ru/ekonomika/5480845?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com). – Дата доступа : 10.09.2022.

7 GoArctic.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://goarctic.ru/work/arkticheskie-porty-nachinayut-novuyu-zhizn/>. – Дата доступа : 10.09.2022.

8 Российская газета [Электронный ресурс] : [офф. сайт]. – Режим доступа : <https://rg.ru/2021/07/01/reg-szfo/kakim-dolzhen-byt-severnoy-j-zavoz.html>. – Дата доступа : 10.09.2022.

УДК: 625.8

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ТРАССЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

*Н. С. БЕРЁЗА*

*Сибирский государственный университет водного транспорта,  
г. Новосибирск, Российская Федерация*

С началом нового витка активного развития Арктики Российской Федерацией стремительно стала возрастать потребность в качественном развитии инфраструктуры для обеспечения безопасности перевозок в арктической зоне нашей страны. Так, одним из этапов выполнения плана по развитию Северного морского пути на период до 2035 года стала прокладка высокоскоростного оптоволоконного кабеля длиной 12650 километров на глубине 1,5 метров под океаническим дном, который соединит Мурманск с Владивостоком с 10 точками выхода на суше по всей длине кабеля, в том числе в нескольких арктических портовых городах. Новую линию связи планируется использовать как альтернативу спутниковой, которая не только с большей вероятностью покроет основную часть обитаемой зоны Крайнего Севера, но и обеспечит этот регион страны высококачественным и бесперебойным интернетом.

Основные портовые сооружения, имеющие стратегически важное значение для Российской Федерации, были построены ещё в 60–80-х годах XX века. Из них значительная часть по степени оснащённости, из-за нехватки финансирования в период развала СССР и становления Российской Федерации, так и осталась на том уровне. Портовое хозяйство вдоль Северного морского пути с годами постепенно подверглось значительному физическому и моральному устареванию. Во всех северных портах и поселках, расположенных на побережье, весьма проблематичным стало инженерное обеспечение населения теплом, электроэнергией и пресной водой. В связи с этим с начала 1990-х до начала 2000-х годов движение по Северному морскому пути почти прекратилось, а многие портовые поселения были заброшены. С укреплением экономики Российской Федерации к 2016 году объёмы перевозок по Северному морскому пути стали вновь расти. Это связано с началом активной разведки и началом добычи полезных природных ресурсов, таких как нефть, газ, уголь, драгоценные углероды и металлы, а также многое другое. Российская Федерация стала активно развивать и внедрять новые технологии для быстрого возведения нужной инфраструктуры на трассе Северного морского пути. Так, компания «Росатом» начала строительство плавучих атомных электростанций для первичного обеспечения электроэнергией нужных районов Крайнего Севера. Компания «Новатэк» в 2016 году по проекту «Ямал СПГ» закончила строительство арктического порта «Сабетта», расположенного на западном берегу Обской губы Карского моря. Порт выполняет перевалку сжиженного природного газа и генерального груза, предназначенного для обеспечения жизнедеятельности посёлка, его портовая инфраструктура соответствует всем необходимым правилам и критериям безопасности.

Позже стали появляться проекты модернизации уже существующих портов, таких как Мурманск и Архангельск. В 2019 году началось проектирование порта «Индига», а на Ямале началось

строительство нового СПГ-терминала «Утренний», который является участком № 2 морского порта «Сабетта» и строится в рамках проекта «Арктик СПГ – 2» компании «Новатэк». На Таймыре в порту Диксон строится новый угольный терминал «Чайка». Мощность терминала на первом этапе оценивается в 5 млн тонн, на втором – свыше 10 млн тонн в год. Это будет первый глубоководный угольный порт в Арктике. Всё это говорит о том, что началась активная модернизация портовой инфраструктуры, которая позволит в ближайшем будущем превратить Северный морской путь в главную транспортную артерию мира.

К сожалению, все арктические моря, омывающие Российскую Федерацию, являются шельфовыми, а многие перевалочные порты ещё и находятся в устьях рек и зачастую магистральным транспортным судам не хватает глубин, чтобы войти в прибрежные порты. Для обеспечения бесперебойной работы таких портов есть несколько решений.

Для портов, находящихся на побережье, выходом из ситуации будет поддержание гарантированных глубин и габаритов подходных каналов, а также глубин у причальных стенок, как это делается в порту «Сабетта». Также немаловажным плюсом будет наличие собственного ледокольного флота, который сможет обеспечивать беспрепятственный заход транспортных судов в порт в зимний период времени.

Для портов, находящихся в устьях рек, можно предложить способ внепортовой обработки судов. В летний период навигации, например, магистральные суда могут оставаться на рейде в прибрежной морской зоне и осуществлять перевалку собственными судовыми кранами по схеме судно-судно. Для транспортировки груза в порт можно использовать малые судоходные баржи проекта DCV-47 «Сосновка» или суда смешанного (река – море) плавания. Данный способ позволит в период реконструкции портов и портовых сооружений, не теряя объёмов грузооборота и не нарушая графиков поставок груза потребителю, выполнить план перевозок на текущий сезон. В зимний период времени, когда русла рек замерзают, а работа ледокола не всегда может быть осуществлена, внепортовую обработку судов можно выполнить на рейде по схемам «судно – лёд» или «судно – автомобиль» и обратно.

Данная схема может быть использована в случае разгрузки судна на ледовый припай или любой однолетний лёд, толщина которого начинается от 80 сантиметров, такая толщина позволяет безопасно двигаться большегрузным транспортным средствам с максимальной массой более 40 тонн. Но если толщина ледяного покрова не достаточна для безопасной эксплуатации автозимника, могут быть использованы традиционные способы повышения несущей способности льда, например, намораживание льда снизу, сверху, усиление ледяного покрова деревянными настилами или армирование стальной арматурой. Однако существует ряд ограничений. Увеличение толщины слоя с помощью искусственного намораживания не должна превышать 30 % от толщины естественного слоя, поэтому данный метод можно использовать не всегда. К тому же искусственная наморозка способствует риску образования серьезных трещин в ледяном покрове, что приводит к полному разрушению полотна. Существующий ледяной слой можно укрепить деревянным брусом с настилом. Это более надежный, но при этом более дорогой и трудозатратный метод, поскольку расстояние может превышать 30 километров. К тому же деревянный настил придется убирать с наступлением весны и началом ледохода. Самый лучший метод – армирование стальной арматурой. Этот метод является ещё более дорогим и трудозатратным, но при этом позволяет добиться высоких показателей прочности.

Однако можно применить технологию, созданную Российскими учеными, которая позволяет уменьшить толщину льда минимум в 1,5–2 раза.

В 2020 году Российские учёные закончили испытания по укреплению ледяного покрова Арктики специальными армирующими сетками из высокопрочного базальта и стекловолокна. Данное решение не только в разы увеличивает прочность льда, но и снижает разрушение покрова после образования на нем трещин. Этот метод имеет комплексный подход, так как одновременно решает задачу повышения несущей способности ледяного покрова и предотвращения растрескивания льда.

Конструкция армированного ледового полотна представлена следующим образом. На естественный лёд укладывается по нужным размерам сетка из стекловолокна или базальта, далее создаются бортики для контроля толщины слоя намораживания искусственного льда. В зависимости от нужной прочности количество армирующих слоёв может варьироваться. Ученые выяснили, что время намораживания льдокомпозиционного слоя необходимой толщины при среднесуточной температуре  $-15^{\circ}\text{C}$  в безветренную погоду составит 58 часов, а обычного ледяного слоя – 84 часа. Таким

образом, ледовая переправа, усиленная послойным намораживанием смеси воды и базальтовой фибры, может быть разрешена, например, для 40-тонных колесных автомобилей на 44 дня раньше, чем ледовая переправа, сформированная при естественном ледоставе, и на одни сутки сократит формирование такой переправы послойным намораживанием традиционным методом, что означает получение значительного экономического эффекта при строительстве ледовых переправ, так как примерная стоимость такого зимника будет составлять 400 тысяч рублей за 1 километр дороги.

Данный способ более лёгкий, быстрый и дешёвый, армирующие сетки выпускаются на нескольких заводах Российской Федерации и Украины, ширина рулона составляет 4 метра, а длина может достигать 50 метров. К тому же с началом весны армирующие слои можно обратно сматывать в рулон и оставить на хранение до следующего сезона.

Таким образом, можно сделать вывод, что, внедряя новые технологии и совершенствуя уже имеющиеся, Российская Федерация не только восстанавливает и подгоняет качество портовой инфраструктуры Северного морского пути до принятого общемирового, но и некоторых случаях перегоняет его, в скором времени мировая транспортная отрасль получит мощный коридор. Его неоспоримыми плюсами будут являться не только кратчайшее расстояние из Китая в Европу, но и новейшая информационная инфраструктура, обеспечивающая безопасность в любой точке, на всём протяжении следования. Морские порты станут крупными логистическими базами, способными ускорить развитие регионов Крайнего Севера.

#### Список литературы

1 Сыромятникова, А. С. Перспективы применения ледяных композиционных материалов для строительства ледовых переправ / А. С. Сыромятникова, Л. К. Федорова // Арктика: экология и экономика. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 281–287. – DOI : 10.25283/2223-4594-2022-2-281-287.

2 Берёза, Н. С. Проекты арктических портов / Н. С. Берёза, С. Н. Масленников, Е. С. Жендарева // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 2, ч. 7. – ISSN 2313-5581 No2 ч.7 2022 г.

УДК 338.24

## ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА БИЗНЕС-АНАЛИТИКА НА БАЗЕ МНОГОАГЕНТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

*О. В. БЫЧЕНКО, О. Г. БЫЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время стали популярными исследования, связанные с созданием систем поддержки принимаемых решений (СППР) в организационных структурах. Основой для выработки таких решений является анализ, в частности, бизнес-анализ. В этом случае бизнес-аналитику необходимо иметь эффективный инструмент в виде автоматизированной информационной системы (АИС) для анализа процессов, происходящих как внутри предприятия, так и во внешней среде.

Большинство существующих систем поддержки решений основывается на средствах, архитектура которых состоит из комплекса взаимосвязанных подсистем, функционирующих на единой базе данных (БД). Каждая конкретная подсистема решает свои задачи.

Такой подход к АИС не соответствует современным требованиям. И дело даже не в том, какие задачи решаются, а в том, что перечень вопросов, на которые бизнес-аналитик ищет ответ, заранее не известен. К тому же задачи, которые решает бизнес-аналитик, очень ресурсоемкие и развернуты на множестве разнородных программно-аппаратных средствах.

В этом случае необходимо построить систему, в структуре которой будет интеллектуальный посредник. Роль такого посредника – это координация взаимодействия пользователя с системой. Таким посредником в структуре АИС является интеллектуальный пользовательский *интерфейс*. Главная особенность такого интерфейса состоит в том, что он персонифицированный и способен к обучению.

На сегодняшний день существует много различных архитектурных подходов к построению интерфейсов: **MVC** (*Модель – Представление – Контроллер*); **MVP** (*Модель – Вид – Представление*); **MDA** (*Архитектура, Управляемая моделью*). Однако ни одна из этих архитектур не даёт возможности построить эволюционирующий и обучаемый интерфейс.

Для построения интеллектуального интерфейса мы предлагаем использовать многоагентную архитектуру. Рассмотрим концептуально элементы такой архитектуры.

*Агент* – это некая сущность (в данном случае программный модуль), существующая в некоей среде, от которой получает информацию, и ориентированная на исполнение команд пользователя или других агентов.

*Интеллектуальный агент* – это программно-аппаратный комплекс, обладающий следующими свойствами:

- автономность – способность функционировать без вмешательства пользователя;
- общественное поведение – функционирование в обществе с другими агентами, способность обмениваться сообщениями с помощью языка коммуникаций;
- реактивность – способность воспринимать состояние внешней среды;
- про-активность – способность *агента* брать на себя инициативу, то есть генерировать цели и действовать.

*Многоагентная система* (МАС) – это совокупность взаимосвязанных *агентов* с различными целями и различными архитектурами для решения активизированных задач.

В основе архитектуры многоагентной системы лежит база знаний (БЗ) предметной области. *База знаний* может быть организована с помощью *онтологии*. Описание сущностей и связей в БЗ осуществляется с помощью языка описания онтологий OWL. Агент также обладает базой знаний, однако она ограничена функциями агента и является подмножеством БЗ предметной области.

Многоагентная система имеет возможность генерировать популяции агентов с различными архитектурами для выполнения конкретных задач. Для этого в системе существует соответствующий модуль.

Концептуально алгоритм функционирования системы выглядит следующим образом: существует смешанная (иерархически-сетевая) архитектура многоагентной системы, которая работает по ситуационному принципу. Пользователь пытается решить какую-то проблему, формулирует её в заданных терминах и передает *центральному агенту*. *Агент*, на основе собственной БЗ идентифицирует ситуацию. Если подобная проблема уже встречалась в работе системы, *Центральный агент* производит декомпозицию (детализирует проблему с точки зрения данных и алгоритмов), активизирует необходимые процедуры и полученные данные передаёт пользователю. Если задача формулируется впервые, то центральный агент на основе диалога с пользователем и БЗ предметной области строит алгоритм решения проблемы. В основе такого алгоритма может лежать микросервисный подход (декомпозиция функций на элементарные сервисы, из которых затем строится алгоритм).

Для получения данных из внешней среды создаётся популяция агентов с соответствующей архитектурой. Каждый агент, мигрируя по сети, ищет необходимые данные, и если находит, то его БЗ модифицируется и он возвращается в систему. Изменения, которые произошли в БЗ агента, модифицирует БЗ предметной области.

Описанная архитектура позволяет гибко реагировать на запросы пользователя. Центральный агент наблюдает за пользователем «из-за плеча», учится вместе с ним и становится его интеллектуальным помощником.

#### Список литературы

- 1 Integrated Tools for Engineering Ontologies / V. Velychko [et al.]. // Information Models and Analyses. – 2014. – Vol. 3, no. 4. – P. 336–361.
- 2 Прохоров, А. В. Автоматизированный синтез агентов при создании мультиагентных систем / А. В. Прохоров, Е. Н. Владимирская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 3/4 (39). – С. 25–31.
- 3 Стеряков, А. А. Агентное моделирование на базе заявочно-стековой архитектуры взаимодействия / Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 6 (1). – С. 1038–1044.

УДК 338.24

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА – ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

О. Г. БЫЧЕНКО, О. В. БЫЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Уровень экономической безопасности страны зависит от уровня совокупного развития всех отраслей его национальной экономики, которое осуществляется в соответствии с выработанной экономической политикой.

Государство определяет курс экономической политики и её экономические цели, приоритеты в экономической деятельности, выбирает способы и средства по реализации экономической политики.

*Экономическая политика* разрабатывается на макро- и микроуровне. Макроэкономическая политика государства направлена на достижение целей в области национальной экономики. При этом устанавливается система методов и средств, используемых для их достижения.

*Стратегическая цель* состоит в достижении максимально возможных показателей экономического роста для обеспечения подъёма жизненного уровня населения и создания благоприятной среды обитания. Постановка и реализация стратегической цели экономической политики зависит от избранной в стране модели социально-экономического развития. В Республике Беларусь (РБ) действует модель социально ориентированной рыночной экономики. На базе выработанной стратегии разрабатываются и реализуются *долгосрочные, среднесрочные и текущие цели*.

Для реализации стратегических целей правительство разрабатывает Комплексные программы социально-экономического развития РБ с выделением основных направлений развития. Они и используются при выработке и осуществлении макроэкономической политики.

Анализ экономических функций государства предполагает чёткое размежевание макро- и микроэкономического регулирования. Объектами *микроэкономического регулирования* являются отдельные фирмы, домашние хозяйства, рынки различных потребительских товаров и производственных ресурсов (отрасли экономики), поэтому микроэкономическая политика направлена на корректировку уже осуществлённого через ценовой механизм размещения производственных ресурсов.

При исследовании макро- и микроэкономической политики различают позитивный и нормативный анализы. Позитивный анализ исследует взаимосвязи экономических явлений и констатирует факты. Например, снижение цены на товар ведёт к увеличению спроса на него. Оценка «справедливо или нет» не делается. Аналогичные выводы делаются и в физике, и в химии («при нагревании газы расширяются»). Нормативный анализ основан на исследовании того, каким должно быть экономическое явление, поэтому ему даются оценки: справедливо – несправедливо; хорошо – плохо; допустимо – недопустимо. Например, «неравенство доходов в системе рыночного хозяйства несправедливо», или «мы установили, что уровень безработицы недопустимо высок». С оценочными суждениями постоянно приходится сталкиваться правительству, государственным деятелям при разработке экономической политики.

Разграничение между нормативным и позитивным является важнейшей методологической нормой теоретического анализа экономической политики. Нормативный подход нацелен на поиск рыночных неудач, в центре позитивного анализа – неудачи самого государства.

*Нормативный анализ микроэкономической политики* включает: определение критериев оптимального размещения производственных ресурсов; установление условий и механизмов их оптимального размещения, соответствующих выбранным критериям; разработку методов количественного измерения последствий отклонений от условий оптимальности; определение факторов и количественных параметров отклонения от условий оптимальности; обоснование выбора эффективных инструментов и институтов государственного регулирования размещения производственных ресурсов; количественную оценку изменений в экономической эффективности в результате государственного вмешательства.

Нормативный анализ даёт возможность, с одной стороны, усовершенствовать доказательства эффективности конкурентной рыночной экономики, с другой – установить причины неудач рынка, из-за которых возникают расхождения между частными и общественными издержками и доходами, снижается эффективность размещения и использования производственных ресурсов.

До сих пор не сформулирован общепризнанный критерий, позволяющий оценивать воздействия разнообразных мер микроэкономической политики, на общественное благосостояние, даже рост экономической эффективности не гарантирует достижения общественного оптимума. Достижение различных целей экономической политики проходит в рамках политического процесса, что существенно влияет на её результативность.

*Позитивный анализ микроэкономической политики* включает: анализ интересов (функций полезности) участников политического процесса принятия экономических решений; раскрытие механизмов взаимодействия политиков, избирателей, исполнителей, групп давления; исследование факторов экономического, социального, политического и иного порядка, определяющих силу политического давления и политическое влияние участников политического процесса принятия экономических решений.

Позитивный анализ позволяет делать прогнозы относительно изменения уровня государственной поддержки тех или иных производств, отраслей или социальных групп.

Синтез подходов позволяет экономистам выработать рекомендации по осуществлению экономической политики представителям законодательной и исполнительной власти. При этом результаты, полученные на основе построения теоретических моделей экономического выбора (теория благосостояния), должны корректироваться с учётом решения проблем политического выбора и совершенствования самого политического процесса. Возможные приоритеты микроэкономической политики – это укрепление конкурентных рыночных механизмов и регулирование провалов рынка.

Правильное формирование экономической политики на макро- и микроуровне позволит повысить экономическую безопасность страны.

#### Список литературы

1 **Быченко, О. Г.** Стратегические исследования как основа экономической безопасности деятельности транспортных предприятий / О. В. Быченко, О. Г. Быченко // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : междунар. сб. науч. тр. – Вып. 13. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 173–183.

2 **Косов, Н. С.** Основы макроэкономического анализа : учеб. пособие / Н. С. Косов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 144 с.

УДК 625.8

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ ЧЕРЕЗ УСТРАНЕНИЕ ДИСПРОПОРЦИЙ НА РЫНКЕ ТРУДА

*В. А. ВИНИЧЕНКО*

*Сибирский государственный университет водного транспорта,  
г. Новосибирск, Российская Федерация*

В условиях санкционных ограничений и разрушения большинства логистических маршрутов стала еще в большей мере заметна роль транспортной системы в обеспечении национального суверенитета страны. Транспортная отрасль традиционно относится к высоко динамичной и требует непрерывной актуализации компетенций, формируемых у участников рынка труда. Особенно остро стоят вопросы адаптации системы подготовки кадров к требованиям транспортных предприятий.

Целью настоящего исследования было проведение анализа контингента обучающихся по транспортным направлениям подготовки с целью выявления дисбаланса на рынке труда в транспортной отрасли.

Первоначально была проведена оценка финансовых результатов крупных транспортных компаний по различным видам транспорта. Наибольшее абсолютное значение отрицательного финансового результата демонстрирует внутренний водный транспорт в 2020 году, который можно связать с началом пандемии. Помимо финансовых показателей в 2020 году сократилось и количество перевезенных пассажиров. Такая ситуация прослеживается по всем видам транспорта. В 2021 году в отрасли наблюдалось оживление. Наилучшие показатели демонстрирует воздушный транспорт – увеличение произошло более чем в 1,5 % раза. Остальные виды транспорта (за исключением морского) также наращивают объемы перевозок. В 2022 году растущая тенденция сменилась на противоположную по причине введения санкционных ограничений в отношении России.

В наибольшей степени негативное влияние пандемия и экономические санкции оказали на показатели деятельности воздушного и трубопроводного транспорта. По некоторым видам транспорта



(железнодорожный, автомобильный и водный) показатели в 2022 году вернулись на допандемийный уровень.

Если обратиться к значению среднесписочной численности сотрудников по годам, то заметно расхождение между потребным и имеющимся количеством работников сферы транспорта. Например, при увеличении объемов перевозимых грузов количество работников сокращается на железнодорожном, морском и внутреннем водном транспорте. На воздушном транспорте ситуация обратная: среднесписочная численность работников увеличивается при сокращении объемов. Автомобильный транспорт демонстрирует сбалансированность среднесписочной численности сотрудников предприятий с объемом перевозимых грузов. Ежегодно в течение 2018–2022 гг. по ОКВЭД2 «Транспортировка и хранение» численность выбывших работников превышает численность принятых.

В отрасли сохраняется тенденция на сокращение количества вновь создаваемых мест на открывающихся предприятиях. Исключением является курьерская деятельность и почтовая связь. Благоприятными факторами для увеличения количества рабочих мест в этой сфере явилась угроза распространения коронавируса и уход многих крупных игроков с рынка. В целом по отрасли имеет место некоторая несбалансированность имеющихся трудовых ресурсов с потребным количеством работников отрасли.

Этот вывод подтверждается уровнем среднемесячной заработной платы. Так, заработная плата работников морского и авиационного транспорта в 2,3 и 1,9 раза выше, чем в целом по отрасли. Значительный рост заработных плат работников морского транспорта за короткий период косвенно свидетельствует о дефиците кадров на данном виде транспорта.

Учитывая серьезные требования к подготовке со стороны международных организаций и со стороны образовательных организаций, «доходимость» до выпуска судоводителей и иных специалистов в области конвенционной подготовки, дефицит будет только усиливаться.

Демографическая ситуация свидетельствует о дальнейшем развитии этого тренда. Результаты расчетов автора показывают, что в ближайшей перспективе до 2032 года численность населения работоспособного возраста может сократиться вдвое. Из этого следует вывод, что в ближайшее время рынок труда будет дефицитным [1].

Подготовкой кадров для транспортной отрасли занимаются 17 университетов, подведомственных Министерству транспорта РФ. Пять – для водного транспорта: Сибирский и Волжский государственные университеты водного транспорта, Государственный морской университет им. Г. И. Невельского, Государственный университет морского и речного флота им. адм. С. О. Макарова, Государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова. Три – для авиационного: Ульяновский институт гражданской авиации, Московский государственный технический университет гражданской авиации, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации. Девять – для железнодорожного: Сибирский, Ростовский, Самарский, Омский, Дальневосточный, Иркутский, Уральский государственные университеты путей сообщения, Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российский университет транспорта. Отдельно следует выделить два университета: Московский автомобильно-дорожный государственный технический (МАДИ) и Сибирский государственный автомобильно-дорожный (СибАДИ) университеты, осуществляющие подготовку специалистов автодорожного комплекса. Контингент обучающихся в указанных университетах постоянно сокращается. Такая тенденция характерна для системы образования в целом.

Уровень специализации (доля обучающихся по профильному направлению подготовки: для водного транспорта укрупненная группа специальностей (направления подготовки) – 26.00.00, для авиационного – 25.00.00, для автомобильного и железнодорожного – 23.00.00) для воднотранспортных университетов находится в диапазоне 42,6–54,5 %. В университетах, осуществляющих подготовку специалистов для работы на железной дороге, доля колеблется от 34 % до 78,8 %. Наибольшая «профильность» отмечается в авиационном секторе – от 85 до 95 %. Менее 50 % доля специализации в автомобильно-дорожных университетах – от 41 до 46 % [2].

В рамках работы была проверена и подтверждена гипотеза, что специализация университетов напрямую зависит от количества обучающихся за счет бюджетных ассигнований. Обучение за счет бюджетных источников финансирования не является гарантом того, что, отучившись, выпускник остается работать в отрасли. Наибольшую долю трудоустроенных по специальности демонстрируют университеты, осуществляющие подготовку специалистов в сфере воздушного транспорта.

Следует отметить, что общее количество выпускников ежегодно сокращается. За пятилетний период (с 2016 по 2020 год) сокращение составило 15 %. Учитывая демографическую ситуацию, описанную ранее, количество работников отрасли сокращается. При увеличении объемов транспортной работы, вероятно, должен фиксироваться дефицит кадров. Однако на портале HeadHunter количество объявлений о работе в 10 раз меньше численности выпускников университетов в 2018–2020 гг. [3].

Ежегодно на рынок труда выходят около 75 тысяч специалистов и рабочих в сфере транспорта. На основании статистических данных выявлено, что на пенсию каждый год должны уходить около 50 тысяч работников транспорта. Многие работники после наступления пенсионного возраста остаются в отрасли.

Емкость рынка труда для работников сферы транспорта меньше того количества выпускников, которое выпускает система образования. Пропорции спроса и предложения трудовых ресурсов для транспортной отрасли незначительно регулируются государством. Контрольные цифры приема, равно как и количество вакансий, сложно спрогнозировать. Существующие факторы неопределенности (в том числе кратковременного действия, такие как санкции и пандемия) могут в значительной мере изменить конъюнктуру рынка.

Подводя итог проведенной работе, можно сделать выводы:

- привлекательность транспортной отрасли для работников в целом увеличивается;
- в отрасли существует перепроизводство кадров;
- закрепляемость выпускников в отрасли от 50 до 85 %;
- в университетах происходит «размывание» транспортных направлений подготовки;
- кратковременные тренды негативно сказываются на долгосрочных тенденциях отрасли.

#### Список литературы

1 Демография (витрины) [Электронный ресурс] : [официальный сайт] Федеральной службы гос. статистики. – Режим доступа : <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>. – Дата доступа : 18.09.2022.

2 Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования за период с 2016 по 2022 г. – Режим доступа : [https://monitoring.minedu.ru/iam/2022/\\_уро/inst.php?id=222](https://monitoring.minedu.ru/iam/2022/_уро/inst.php?id=222). – Дата доступа : 19.09.2022.

3 Резюме с условием поиска «транспорт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://novosibirsk.hh.ru/search/resume?fromSearch=true&text=транспорт&area=4&isDefaultArea=true&exp\\_period=all\\_time&logic=normal&pos=full\\_text&st=resumeSearch](https://novosibirsk.hh.ru/search/resume?fromSearch=true&text=транспорт&area=4&isDefaultArea=true&exp_period=all_time&logic=normal&pos=full_text&st=resumeSearch). – Дата доступа : 15.07.2020.

УДК 519.866:338.24

## ФРАКТАЛЬНО-КЛАСТЕРНАЯ ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

*В. Т. ВОЛОВ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

На основе фрактально-кластерной теории, базирующейся на фрактально-кластерных соотношениях В. П. Бурдакова (Экономические науки. – № 1 (26). – М. : 24 Принт, 2007. – С. 47–59) разработана одноименная технология управления ресурсами в экономических системах микро-, мезо- и макроуровня. Фрактально-кластерная технология (ФКТ) позволяет:

- 1) выявить резервы экономии для экономических систем микро-, мезо- и макроуровней;
- 2) дать рекомендации по устойчивому трансформированию финансовых и кадровых ресурсов, направленные на повышение производительности труда;
- 3) заблаговременно на базе разработанных высокочувствительных критериев определить и скорректировать кризисные тенденции при бюджетировании предприятий;
- 4) осуществить анализ эффективности ресурсораспределения у предполагаемых организаций-партнеров и тем самым определить перспективы сотрудничества;
- 5) совместно с традиционными методами экономического анализа уменьшить производственные риски организации и ее структур.

## ТОВАРОПРОВОДЯЩАЯ СЕТЬ КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ ЭКСПОРТА ТОВАРОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*И. В. ГАЛКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Проблема рационального продвижения товаров до конечного потребителя с использованием товаропроводящей сети приобретает важное значение для любого отечественного производителя. В условиях усиливающейся конкуренции развитие товаропроводящей сети рассматривается не только как способ повышения эффективности сбыта продукции, но и как один из факторов наращивания экспортного потенциала Республики Беларусь.

Развитие рыночной экономики в условиях глобализации международного бизнеса и ресурсных ограничений увеличивает скорость информационных, материальных и финансовых потоков, приводит к сокращению числа посредников в логистических цепях и повышению роли транспортных операций в процессе товародвижения. Сегодня не достаточно просто произвести качественный товар, необходимо побудить покупателя к приобретению товара именно отечественного производителя. В этой связи развитие товаропроводящей сети и продвижение товаров и услуг на внешние рынки становятся важнейшей стратегической задачей предприятий и органов государственного управления.

Товаропроводящая сеть отечественных предприятий за рубежом – это структура, посредством которой юридическое лицо продвигает и реализует продукцию на внешних рынках, используя при этом объекты товаропроводящей сети: фирменные магазины, совместные предприятия, торговые представительства, сервисные центры, торговые дома, официальных дилеров и дистрибьюторов [1].

Основной целью создания товаропроводящей сети является достижение и закрепление лидирующего положения товара производителя на внешних рынках, оказание максимальных услуг потребителям через решение следующих задач:

- приближение товара производителя к конечному потребителю и обеспечение устойчивого сбыта;
- оптимизация поставок товара производителя в регионы на основе результатов изучения потребительского спроса;
- проведение единой политики ценообразования;
- постоянный сбор маркетинговой информации в регионах;
- оперативное реагирование на изменение ситуации на вторичном рынке;
- ускорение и упрощение финансовых расчетов;
- поддержание на высоком уровне престижа производителя и его товара и т. п.

Основными принципами построения товаропроводящей сети выступают:

- принцип региональности;
- принцип системности (комплексное изучение внешней и внутренней маркетинговой среды);
- принцип систематичности (постоянного отслеживания ситуации на рынке);
- принцип объективности предоставляемых материалов.

По своей сути товаропроводящие сети являются внешними логистическими системами, которые решают задачи, связанные с управлением и оптимизацией материальных и сопутствующих потоков от их источников к пунктам назначения вне производственного технологического цикла. Основными вспомогательными элементами, необходимыми для обеспечения функционирования товаропроводящих сетей на внешних рынках, выступают финансово-кредитная система, система нормативно-правового и организационного обеспечения, а также система транспортного обслуживания.

Особую значимость в процессе товародвижения имеют транспортные операции, являющиеся непосредственным выражением связей между отдельными этапами товародвижения. Эффективность этого процесса в большой степени зависит от способа реализации перемещения.

Основным критерием выбора того или иного вида транспорта в процессе товародвижения выступает экономическая целесообразность и техническая возможность обеспечить транспортировку конкретного груза в срок, без потерь и с минимальными затратами. Каждый из видов транспорта

имеет конкретные особенности с точки зрения логистического менеджмента, преимущества и недостатки, которые определяют возможности его использования в логистической системе. Задача выбора вида транспорта должна решаться во взаимосвязи с другими задачами логистики и особенностями каждой конкретной ситуации.

В частности, основными факторами, определяющими выбор вида транспорта в процессе товародвижения, выступают время доставки, частота отправок груза, надежность соблюдения графика доставки, способность перевозить разные грузы, способность доставить груз в любую точку территории и стоимость перевозки.

Товаропроводящая сеть Республики Беларусь представляет собой систему, создаваемую товаропроизводителями в целях повышения эффективности сбыта своей продукции и обеспечения ее сервисного обслуживания. Начиная с 2004 года республиканские органы государственного управления Республики Беларусь проводят целенаправленную работу по формированию и развитию товаропроводящей сети подведомственных организаций за рубежом, а также повышению ее эффективности. С 1 июля 2013 года функции координации развития товаропроводящей сети белорусских организаций за рубежом возложены на Министерство иностранных дел, которое содействует белорусским предприятиям и организациям в данной работе через систему загранучреждений Республики Беларусь. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 февраля 2012 г. № 183 утверждено Положение о товаропроводящей сети белорусских организаций за рубежом.

Развитие товаропроводящей сети отечественных предприятий происходит по двум направлениям:

1) развитие прямой товаропроводящей сети, включающей собственные сети субъектов хозяйствования (фирменные магазины, торговые дома, совместные предприятия, торгово-логистические центры и т. д.);

2) развитие косвенной товаропроводящей сети, включающей специализированные посреднические организации и независимых внешнеторговых посредников (дистрибьюторы, дилеры, брокеры и т. д.).

Товаропроводящая сеть предприятий Республики Беларусь на внешних рынках находится в постоянном динамичном развитии. Наибольшее количество субъектов товаропроводящих сетей, созданных с участием белорусского капитала, сосредоточены в России. Самую разветвленную товаропроводящую сеть имеют предприятия Министерства промышленности. Она включает в себя 34 % от общего количества предприятий, созданных за границей с участием белорусского капитала. Через товаропроводящую сеть концернов «Белресурсы», «Беллегпром», «Беллесбумпром», предприятиями «Газпром трансгаз Беларусь» реализуется порядка 10 % всего объема экспорта Республики Беларусь и почти 15 % экспорта в Россию. В 2021 году предприятия Минпрома нарастили экспорт продукции на 35,5 % [3]. Основу товарного экспорта белорусских предприятий через сформированные с их участием объекты товаропроводящей сети за рубежом составили калийные удобрения, черные металлы, тракторы, ткани, бумага обойная, мебель и продукция легкой промышленности. В условиях санкционного давления ставка будет сделана на качественный рост экспорта и его географическую диверсификацию, что позволит расширить рынки сбыта и обеспечить устойчивость внешней торговли.

Таким образом, товаропроводящая сеть является одним из наиболее эффективных инструментов продвижения продукции и освоения новых рынков сбыта в условиях жесткой международной конкуренции. Международный и отечественный опыт свидетельствует о том, что даже при почти одинаковых характеристиках продукта предприятие может обойти своих конкурентов за счет развитой товаропроводящей сети, сумев создать оптимальные условия для продвижения продукции к потребителю.

#### Список литературы

1 Товаропроводящая сеть белорусских предприятий за рубежом: проблемы и механизмы функционирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.bseu.by:8080/bitstream/edoc/4064/2/Vetelkin\\_A\\_A\\_2005\\_4\\_ocr.pdf](http://www.bseu.by:8080/bitstream/edoc/4064/2/Vetelkin_A_A_2005_4_ocr.pdf). – Дата доступа : 04.09.2022.

2 Экспорт: общие положения, экспортный потенциал, товаропроводящая сеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mfa.gov.by/export/export/general/>. – Дата доступа : 04.09.2022.

3 Предприятия Минпрома в 2021 году нарастили экспорт продукции на 35,5 % [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belta.by/economics/view/predpriyatija-minproma-v-2021-godu-narastili-eksport-produktsii-na-355-486776-2022>. – Дата доступа : 04.09.2022.

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ: ПОНЯТИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ**

*В. Г. ГИЗАТУЛЛИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В Республике Беларусь железнодорожный транспорт является важной отраслью хозяйства, которая обеспечивает экономическую безопасность государства. Специфика железнодорожного транспорта как сферы экономики заключается в том, что он сам не производит продукцию, а только участвует в ее создании, кроме того железнодорожный транспорт обладает значительными преимуществами над другими видами транспорта.

Понимая важность железнодорожного транспорта в экономике Республики Беларусь, особое большое внимание необходимо уделять экономической безопасности самой железной дороги. При этом под экономической безопасностью понимается, как правило, состояние защищенности от внешних и внутренних угроз нанесения экономического ущерба в ходе осуществления своей хозяйственной деятельности. Большинство основных угроз экономической безопасности железной дороги вызваны особенностями технологического процесса и сложностью организационной отраслевой структуры. В составе таких угроз можно выделить: высокую стоимость сооружения и относительно медленную отдачу авансируемого капитала, большой удельный вес независимых расходов в себестоимости услуг по перевозкам, наличие неравномерности перевозок, повышенную опасность перевозимых грузов и др.

Следует отметить, что кроме защищенности от всех видов угроз экономическая безопасность предусматривает также устойчивость роста основных финансово-экономических показателей.

Достижение определенных экономических целей железной дороги требует решения задач в области обеспечения ее экономической безопасности, которая включает в себя следующие взаимосвязанные элементы:

- высокий уровень организации управления;
- эффективный механизм правового регулирования всех сторон хозяйственной деятельности;
- высокую финансовую эффективность, независимость и устойчивость работы;
- жесткий кадровый отбор;
- гарантию безопасности работников, сохранности их профессиональных интересов;
- обеспечение информационной безопасности работы железной дороги и ее подразделений.

Выделение в составе элементов правового регулирования связано с тем, что развитие цивилизации, истощение природных ресурсов, повышает ценность нематериальных активов, а это определяет резкий рост роли ресурса прав. Данный ресурс включает в себя права на использование патентов, лицензии и квоты на использование природных ресурсов, а также экспортные квоты, права на пользование землей, причем в настоящее время крайне повысилась ценность городских территорий, не предназначенных для земледелия, а используемых под административную застройку. Использование этого ресурса позволяет приобщиться к передовым технологическим разработкам, не проводя собственных дорогостоящих научных исследований, а также получить доступ к необщедоступным возможностям развития.

Важность такого элемента, как информация, определяется тем, что данный ресурс является в настоящее время наиболее ценным и дорогостоящим из всех используемых ресурсов. Именно информация об изменении политической, социальной, экономической и экологической ситуации, изменении рынков транспортных услуг, научно-техническая и технологическая информация, новые методы организации и управления позволяют железной дороге адекватно реагировать на любые изменения внешней среды, эффективно планировать и осуществлять хозяйственную деятельность.

При разработке системы мер, направленных на планирование и прогнозирование экономической безопасности на более длительный период, одновременно должны быть выбраны критерии оценки экономической безопасности как железной дороги, так и ее подразделений. При этом жела-

тельно, чтобы выбранные критерии были взаимосвязаны с критериями экономической безопасности на национальном и отраслевом уровнях.

В качестве критериев оценки экономической безопасности железной дороги можно рекомендовать показатели, которые характеризуют:

- положение на рынке транспортных услуг (интенсивность роста, доля рынка);
- финансовую устойчивость (коэффициент автономии, покрытия и постоянного актива);
- состояние основных производственных фондов и, прежде всего, пути и подвижного состава;
- современные технологии обработки информации, их безопасность и др.

В составе используемых показателей можно выделить коэффициент неравномерности перевозок, темпы роста прибыли, долю заемных средств в общей сумме источников, соотношение оборачиваемости дебиторской и кредиторской задолженности, коэффициенты ликвидности (текущей, абсолютной, промежуточной) и финансовой независимости, рентабельность собственного капитала и активов и др.

После того как выбраны критерии оценки, обязательно должны быть определены и установлены параметры, определяющие уровень экономической безопасности – пороговые значения показателей. При последующей оценке экономической безопасности железной дороги и ее подразделений сравнивают показатели, принятые в качестве критериев, с пороговыми значениями. При этом выход за пределы пороговых значений означает появление угрозы экономической устойчивости и эффективной работы железной дороги и ее подразделений.

С этой целью в подразделениях железной дороги и непосредственно в Управлении железной дороги должен быть организован и постоянно осуществляться мониторинг оперативной и аналитической информации, позволяющей своевременно выявлять и предупреждать угрозы экономической безопасности. Постоянное усиление факторов, угрожающих экономической безопасности железной дороги, ставит вопрос о создании соответствующего инструментария, в качестве которого может выступать методика оценки ее технико-экономических показателей с целью заблаговременного предупреждения грозящей опасности и принятия необходимых мер защиты и противодействия.

В настоящее время методики, с помощью которых хозяйствующие субъекты могут оценивать свое текущее состояние и выработать эффективные и результативные стратегии будущего развития, претерпевают значительные изменения, поэтому выбор инструментария оценки потенциала предприятия, который позволит оперативно определять внутренние возможности и слабости, обнаруживать скрытые резервы в целях повышения эффективности его деятельности, является важным направлением оценки экономической безопасности.

Теория и практика управления экономической безопасностью каждого предприятия рекомендует заниматься данной проблемой не только в кризисные периоды, но и при работе в стабильной экономической среде. С этой целью при формировании диагностики экономической безопасности железной дороги следует в составе используемых показателей выделить две группы:

1) показатели, которые производят позитивное влияние на уровень экономической безопасности (стимуляторы);

2) показатели, которые характеризуются противоположными свойствами (дестимуляторы). Эту группу также предлагается разделить на дестимуляторы двух уровней: пороговые и кризисные.

Уровень экономической безопасности базируется на том, насколько эффективно службам железной дороги и ее подразделений удастся предотвращать угрозы и устранять ущербы от негативных воздействий на различные аспекты экономической безопасности. Поэтому пока еще не утрачены технические и технологические возможности улучшения условий и результатов работы, необходимо обеспечивать экономическую безопасность путём принятия к угрозам мер предупредительного характера.

#### Список литературы

1 **Гизатуллина, В. Г.** Управление затратами на железнодорожном транспорте : [монография] / В. Г. Гизатуллина, О. В. Липатова. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 352 с.

2 **Гуреева, М. А.** Экономическая безопасность государства. Противодействие спектру угроз – от материально-вещественных до информационно-цифровых / М. А. Гуреева. – 2-е изд. – М., 2021. – 341 с.

**ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ БЕЗЭКИПАЖНОГО СУДОВОЖДЕНИЯ***Ю. А. ГРАДОВИЧ**Сибирский государственный университет водного транспорта,  
г. Новосибирск, Российская Федерация*

Традиционно в структуре эксплуатационных расходов затраты на оплату труда членов экипажей судов составляют до 50 % [1]. Стремление судовладельцев к поиску путей оптимизации расходов нередко приводит к сокращению численности экипажа. При возникновении такой ситуации нагрузка недостающих членов экипажа распределяется на действующий состав, увеличивая интенсивность труда. В большинстве случаев истинной причиной возникновения происшествий на море становится человеческий фактор, в том числе по вышеобозначенным причинам. Ежегодно в морях погибают более двух тысяч моряков и более двадцати тысяч рыбаков [2]. Несмотря на высокий уровень консервативности отрасли и значительный уровень регулирования вопросов безопасности со стороны международных организаций (в том числе Международной морской организации (ИМО, или IMO) судоходные компании и судовладельцы рассматривают возможности внедрения информационных технологий с целью исключения (уменьшения) влияния человеческого фактора. Наиболее перспективные направления применения информационных технологий на морском транспорте – е-навигация и безэкипажное судовождение. Именно они стали ключевыми инициативами Международной морской организации [3]. Рост объемов мирового рынка морских интеллектуальных систем составляет 8–9 % в год и вдвое превышает рост объемов рынка судостроения в целом: 3–5 % в год [4].

Однако для массового внедрения безэкипажных судов (БЭС) необходимо выделить ряд ограничивающих факторов.

1 В технологической части важную роль в обеспечении безопасной эксплуатации БЭС играет развитая информационная инфраструктура. Система дистанционного управления безэкипажным судном должна быть максимально надёжной, с уточнением повтора команд и резервированием данных. В случае потери дистанционного управления БЭС автоматически должно подать специальные свето-звуковые сигналы и, маневрируя, остановиться.

Важные задачи возложены на сенсоры и датчики БЭС. Назначение сенсоров – обнаружение плавающих на поверхности воды объектов, представляющих опасность для движения, и передача соответствующей информации в центр управления. В случае полностью автономного судна алгоритмы системы управления должны принимать решение о способе безопасного расхождения с такими объектами с учётом прогноза их поведения. Аналогичные системы требуются для обнаружения и анализа световых и звуковых сигналов, подаваемых другими участниками движения, а также маячных огней, навигационных знаков и буев [1].

2 Прежде было упомянуто, что человеческий фактор является основной причиной инцидентов в судоходстве и его исключение позволит увеличить безопасность эксплуатации БЭС. Входящие в данный термин характеристики: чувство усталости, рассеянность, невнимательность, отсутствие концентрации, ошибки в командных указаниях, расчётах и принятых решениях. При переходе на дистанционное управление, человеческий фактор открывается с иной стороны – это расчетно-графическая разработка и проектное конструирование безэкипажных судов.

3 Юридическая часть, непосредственно применимая к эксплуатации БЭС, на данный момент не имеет установленной формы. Свод правил и законов, регламентирующих разработку и внедрение безэкипажных судов, отсутствует. Важным моментом является формирование нормативно-правовой базы в отношении вопросов БЭС.

4 Обучение специалистов занимает не последнее место при внедрении безэкипажных судов. Появляется необходимость внедрения образовательной программы для обучения операторов БЭС и для переобучения судоводителей традиционного вида флота. В программу стоит включить область углубленного познания ИТ-технологий помимо изучения образовательного материала из области судовождения – в дополнение к практической форме обучения, в качестве виртуального симулятора управления.

5 Для реализации конструкторской деятельности в отношении создания безэкипажных судов необходимо денежное финансирование. Стоимость внедрения первоначально будет увеличена, но с далёкой перспективой удешевления грузо- и пассажироперевозок.

6 Актуальным вопросом настоящего времени является действие ограничительных санкций, что также относится к внедрению в эксплуатацию БЭС. Изменение политики в отношении Российской Федерации несёт за собой отсутствие зарубежных поставок комплектующих частей, систем, механизмов и материалов. Большое количество судоремонтных компаний и цехов терпят сложности в производстве и ремонтных работах отечественного вида флота. Для внедрения в эксплуатацию БЭС необходимо установление инновационных технологий для максимальной безопасности, что невозможно ввиду отсутствия возможности закупок иностранных компонентов.

Для выявления наглядного подтверждения описанных ограничивающих факторов был составлен и проведён опрос граждан. К числу опрошенных относились люди разных профессий и видов деятельности.

Опросник был составлен по принципу разделения вопросов на группы оценок:

- технологический;
- экологический;
- экономический;
- образовательный;
- социально-экономический.

В технологическую группу оценки входили такие критерии, как безопасность передвижения, технологическая готовность, вероятность столкновения. В экологическую группу – критерий величины утилизации отходов. К экономической группе оценки были отнесены критерии стоимости перевозки и обслуживания. В образовательную группу оценки включены такие критерии: держатель программы обучения оператора БЭС и привлекательность специализации. К социально-экономической группе оценки подошли следующие критерии: влияние санкций, изменение случаев пиратства, готовность общества к изменениям.

Дополнительно были добавлены вопросы, характеризующие опрошенных граждан по половому и возрастному признакам, принадлежности к водному транспорту, уровню образования, области профессиональной деятельности и отношению к инновациям. Всего было сформировано 18 вопросов. В опросе приняли участие 106 респондентов от 18 до 56 лет. Большая доля респондентов положительно оценивает внедрение БЭС. Спорным является мнение о безопасности эксплуатации БЭС и при равной стоимости. Для туристического путешествия большинство бы выбрали традиционный вид флота. Несмотря на это, опрошенные положительно относятся к инновациям и верят в перспективу внедрения безэкипажного судовождения при грамотном и профессиональном обеспечении технологически-управленческого механизма со стороны области судовождения и области ИТ-технологий.

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод, что для развития и внедрения безэкипажного судовождения к этому вопросу необходимо подойти системно и включить взаимодействие высококвалифицированных специалистов в области управления и конструирования БЭС, формирование научно-образовательной и производственно-испытательной баз, использование инновационных технологий и передовых научно-технических разработок, современных механизмов и материалов, создание индивидуальной нормативно-правовой базы. Все действия необходимо предпринимать на государственном уровне для поднятия БЭС на достойный уровень и удержания на высокой позиции.

#### Список литературы

1 **Фролов, В. Н.** Технологии безэкипажного судовождения / В. Н. Фролов, В. Ю. Севбо, И. Е. Ануфриев // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2018. – № 4 (77). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-bezekipazhnogo-sudovozhdeniya>. – Дата доступа : 07.10.2022.

2 **Осичанский, П.** Спасите нас на суше: уроки морских катастроф / П. Осичанский. – Владивосток : Дальпресс, 2010. – 380 с.

3 **Пинский, А. С.** Е-навигация и безэкипажное судоходство / А. С. Пинский // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2016. – № 4 (65). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/e-navigatsiya-i-bezekipazhnoe-sudovozhdenie>. – Дата доступа : 07.10.2022.

4 **Пинский, А. С.** Мировой рынок морских интеллектуальных систем / А. С. Пинский // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2018. – № 4 (77). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoyu-rynok-morskih-intellektualnyh-sistem>. – Дата доступа : 07.10.2022.



## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ

А. А. ДЕМЬЯНОВ

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Обеспечение экономической безопасности субъектов хозяйственной деятельности является актуальной задачей государства на любом этапе развития общества и историческом отрезке времени, особенно в период проявления кризисных явлений в экономике, политике, социальной сфере.

От экономической безопасности хозяйствующих субъектов напрямую зависит экономическая безопасность государства, которая является основой обеспечения национальной безопасности, так как именно состояние развития экономики обуславливает все остальные составляющие обеспечения национальной безопасности страны [1].

Авторская позиция в отношении термина «экономическая безопасность предприятия» заключается в следующем.

**Экономическая безопасность предприятия** – это такое состояние хозяйствующего субъекта, при котором обеспечиваются стабильность его функционирования и, как следствие, финансовая независимость, регулярное извлечение прибыли, возможность выполнения поставленных целей и задач, способность к дальнейшему совершенствованию и развитию, возможность противодействия внешним и внутренним угрозам. [2]

Существует достаточно большое количество всевозможных деструктивных обстоятельств, вследствие проявления которых возможно возникновение ряда угроз для экономической безопасности предприятия.

Данные деструктивные обстоятельства, как правило, имеют свои индивидуальные признаки относительно источников возникновения, природе происхождения, возможного прогнозирования их наступления, вероятности наступления, возможности предотвращения и т. д.

Концепция экономической безопасности предприятия, помимо прочего, предполагает выявление, анализ угроз, нахождения путей и методов предотвращения или снижения их влияния на деятельность хозяйствующего субъекта.

**Угроза** – это конкретная форма опасности или совокупность условий и факторов, создающих опасность [4].

Основными угрозами экономической безопасности предприятия являются:

- дестабилизирующие факторы и риски;
- нестабильность текущего функционирования;
- отсутствие или недостаточность потенциала развития;
- принятие решений в условиях неопределенности и риска.

Следует отметить, что основные угрозы экономической безопасности предприятия тесно связаны между собой и реализация одной из них неизбежно в большей или меньшей степени приводит к проявлению остальных.

Принятие неверного решения в условиях неопределенности и риска, как правило, также приводит к активизации основных угроз. В свою очередь проявление одной или нескольких основных вышеуказанных угроз способствует росту возникновения случаев, при которых возникает необходимость принимать решение в условиях неопределенности и риска.

Основываясь на многочисленных источниках, можно перечислить достаточно большое число негативных факторов и рисков, в большей или меньшей степени оказывающих дестабилизирующее воздействие на работу предприятия. Каждый из них индивидуален, несет свои отличительные особенности, свои характеристики негативного воздействия.

В экономической литературе представлены различные подходы к классификации дестабилизирующих факторов и рисков в деятельности предприятия, однако общепринятой системы не выработано.

Авторская позиция по данному вопросу заключается в том, что основные дестабилизирующие факторы и риски могут быть разделены на две группы: внешние и внутренние (рисунок 1) [3].



Рисунок 1 – Дестабилизирующие факторы и риски, негативно влияющие на экономическую безопасность предприятия

Необходимо разделять понятия относительно рисков и факторов риска.

**Риск** – это опасность возникновения ущерба, потенциально возможная потеря ресурсов, недополучение доходов или появление дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной и финансовой деятельности, события или группы родственных событий, наносящих ущерб объекту [4].

**Фактор риска** – активное или пассивное условие, способствующее проявлению риска или усиливающее его [4].

Решение задачи по обеспечению экономической безопасности предприятия может быть успешным, если выполняется ряд условий:

- обеспечение экономической безопасности должно осуществляться всей внутренней структурой предприятия, начиная от руководителя и заканчивая рядовыми работниками, а не быть прерогативой исключительно какого-либо сотрудника, отдела, службы;

- экономическая безопасность предприятия обеспечивается на системной основе, с использованием всего арсенала организационно-экономических методов, во всех структурных элементах предприятия;

- обеспечение экономической безопасности хозяйствующего субъекта представляет собой непрерывный процесс, который заключается в разработке, реализации, контроле результатов, внесении корректив в комплекс мероприятий, направленных на решение задач по обеспечению экономической безопасности предприятия;

- обеспечение экономической безопасности достигается надлежащей подготовкой персонала предприятия и соблюдением всех установленных требований относительно обеспечения экономической безопасности субъекта хозяйственной деятельности.

Основными направлениями обеспечения экономической безопасности предприятия являются:

- управление негативными факторами и рисками;

- стабильность текущего функционирования;

- развитие;

- принятие верных решений в условиях неопределенности и риска.

**Управление дестабилизирующими факторами и рисками** – это процесс принятия и реализации управленческих решений, которые снижают вероятность проявления дестабилизирующих факторов и рисков и минимизируют ущерб в случае их проявления.

**Процесс управления дестабилизирующими факторами и рисками** включает в себя выявление, анализ и контроль всех негативных проявлений, которые потенциально угрожают капиталам, доходности или эффективности работы предприятия (рисунок 2). Заключительной стадией процесса управления дестабилизирующими факторами и рисками являются оценка эффективности и переосмысление [4].

Осуществляя управление дестабилизирующими факторами и рисками, необходимо придерживаться следующих подходов.

1 Необходимо, в первую очередь, где это возможно, воздействовать на причину фактора и (или) риска, а во вторую – на следствие, страхуя при этом возможный ущерб.

2 Приоритет необходимо отдавать организационным методам воздействия, не требующим или требующим незначительных финансовых затрат, а где они неприемлемы или недостаточно эффективны – использовать экономические методы или в совокупности организационные и экономические.

3 Целесообразно осуществлять воздействие на факторы и риски на дособытийном, текущем и послесобытийном уровнях, где это возможно.

4 Анализируя риски, в первую очередь использовать имеющиеся ресурсы для управления катастрофическими рисками, далее критическими и в завершении допустимыми [4].

Обеспечение стабильности текущего функционирования предприятия осуществляется на системной основе и базируется на ряде структурных составляющих, которые при соответствии предъявляемым к ним требованиям, обеспечивают стабильную деятельность предприятия в текущем режиме.

Система обеспечения стабильности текущего функционирования предприятия включает в себя следующие элементы:

- инфраструктура;
- производство (товаров, услуг и т. д.);
- продукция (товары, услуги и т. д.);
- исполнители;
- рынок поставщиков (комплектующих, сырья и т. д.);
- рынок сбыта продукции (товаров, услуг и т. д.);
- отсутствие внешних ограничений деятельности (ареста имущества, блокирование расчетных счетов, судебные процессы и т. д.).
- управление.

Структурные составляющие (элементы) вышеуказанной системы одновременно являются структурными составляющими предприятия за исключением «управления» и «отсутствия внешних ограничений» (рисунок 3).

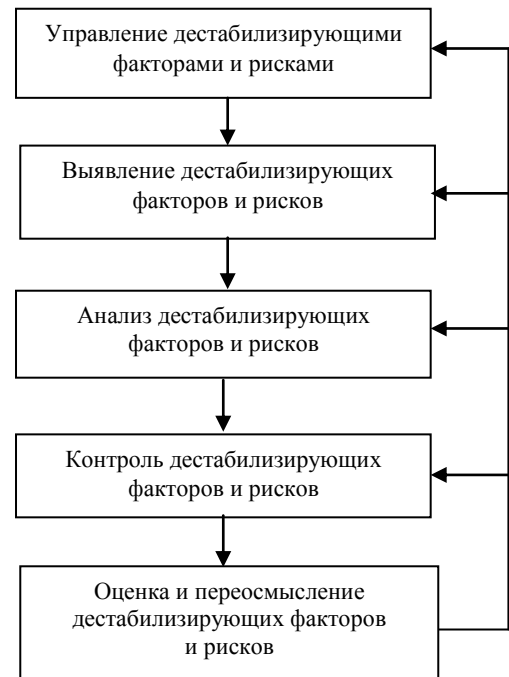


Рисунок 2 – Блок-схема процесса управления дестабилизирующими факторами и рисками

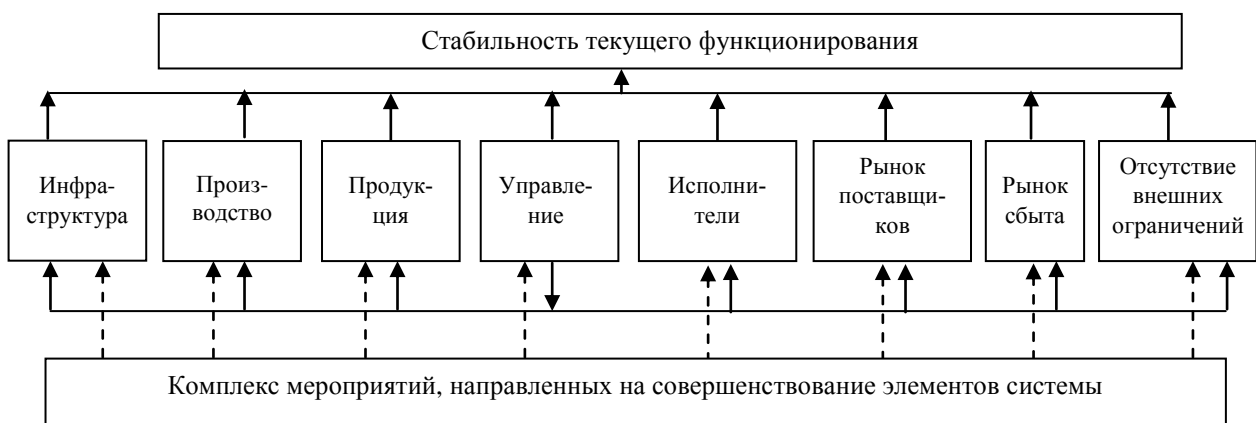


Рисунок 3 – Структурная схема системы обеспечения стабильности функционирования предприятия в текущем режиме

Концепция развития предприятия носит системный, циклический характер и базируется на следующих основных составляющих:

- создание необходимых начальных условий, обеспечивающих впоследствии процесс успешной реализации потенциала развития;
- определение основных направлений развития, путей реализации потенциала развития;
- практическая реализация потенциала развития;
- получение результатов от реализации потенциала развития.

Циклическость развития предприятия является отражением системного подхода к вопросу реализации потенциала его развития.

Необходимые начальные условия, обеспечивающие потенциал развития предприятия, включают в себя:

- наличие достаточных финансовых средств;
- свободу действий;
- наличие соответствующих исполнителей;
- наличие соответствующей инфраструктуры.

Аналитические исследования служат для получения результатов, позволяющих обосновывать с научно-практических позиций решения и действия в области экономики, способствовать выбору лучших оптимальных вариантов действий, в том числе и в плане определения направлений и реализации потенциала развития предприятия.

Основными направлениями, по которым может осуществляться развитие предприятия и в отношении которых необходимо проводить аналитические исследования в тесной взаимосвязи друг с другом, являются:

- продукция;
- производство;
- рынок поставщиков;
- инфраструктура;
- формы и методы управления;
- кадры;
- рынок сбыта;
- управление.

Как отмечалось ранее, принятие решений в условиях неопределенности представляет серьезную опасность для экономической безопасности предприятия. У лица, принимающего решение, не всегда есть возможность уклониться от данной проблемы. Зачастую приходится принимать то или иное управленческое решение в условиях полной или частичной неопределенности, полагаясь на собственную интуицию, опыт, знания. Тем не менее существует ряд методов, основанных на теории вероятности, математической статистике, философии, которые помогают принимать логические решения на основании различных подходов, в условиях полной или частичной неопределенности и риска [4, 5].

Принятие оптимальных решений в условиях неопределенности и риска является одним из основных элементов обеспечения экономической безопасности предприятия.

Методы принятия решений в условиях неопределенности и риска базируются на теории вероятности, математической статистике, философии.

Принятие решений в условиях неопределенности и риска осуществляется с помощью матриц последствий и рисков на основе применения ряда правил, таких как:

- правило крайнего пессимизма (Правило Вальда);
- правило минимального риска (Правило Сэвиджа);
- правило минимизации среднего ожидаемого риска;
- правило максимизации среднего ожидаемого дохода, а также путем восприятия риска как среднего квадратичного отклонения, принятия решений на основе Байесовского подхода и эвристических правил.

Однако прежде чем воспользоваться вышеизложенными рекомендациями, следует попытаться добиться необходимого уровня определенности в основополагающих аспектах рассматриваемых вопросов, с тем чтобы максимально минимизировать риск последствий принимаемых решений [6].

В завершение необходимо отметить, что успешная практическая реализация комплекса мероприятий по предложенным направлениям позволяет обеспечить эффективное функционирование субъекта хозяйственной деятельности и его экономическую безопасность.

#### Список литературы

- 1 Абалкин, Л. Экономическая безопасность России: угрозы и их отражения / Л. Абалкин // Вопросы экономики. – 1994. – № 12. – С. 4–16.
- 2 Демьянов, А. А. Экономическая безопасность корпоративных предприятий / А. А. Демьянов. – Смоленск : СГТ, 2008. – 545 с.
- 3 Демьянов, А. А. Механизм стабилизации деятельности предприятия. / А. А. Демьянов. – Смоленск : СГТ, 2005. – 212 с.
- 4 Демьянов, А. А. Управление риском / А. А. Демьянов. – Смоленск : СГТ, 2018. – 234 с.
- 5 Игнатъева, А. В. Исследование систем управления / А. В. Игнатъева, М. М. Максимцов. – М. : Юнити-Дана, 2000. – 157 с.
- 6 Малыхин, В. И. Математика в экономике / В. И. Малыхин. – М. : ИНФРА-М, 1999. – 356 с.

УДК 656.212.073

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕРМИНАЛОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

*И. А. ЕЛОВОЙ, М. А. ЛИТОШ, П. Ю. КРАЙНИКОВА*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Исторический аспект создания и функционирования терминалов (грузовых дворов) общего пользования.* На начальном этапе использования железнодорожного транспорта осуществлялась перевозка пассажиров, а затем – доставка грузов как в процессе перемещения сырья и готовой продукции на промышленных предприятиях, так и на магистральном железнодорожном транспорте.

С развитием экономики российского государства крупные партии материальных ресурсов и готовой продукции стали доставляться непосредственно на промышленные предприятия с использованием железнодорожных подъездных путей, примыкающих к железнодорожным станциям общего пользования. Одновременно развивались и грузовые дворы транспорта общего пользования, которые использовались не только для выполнения грузовых операций, но и для приема грузов от отправителей и выдачи их получателям. Причем с развитием, например, машиностроительной отрасли промышленные предприятия имели подъездные пути (пути необщего пользования), куда прибывали массовые грузы в виде исходного сырья. В то же время такие предприятия пользовались услугами грузовых дворов, куда в адрес таких машиностроительных предприятий поступали небольшие партии грузов мелкими отправками или в контейнерах различной грузоподъемности (например, комплектующие изделия). В зависимости от объемов работы мест общего и необщего пользования для выполнения начально-конечных операций строились соответствующие грузовые объекты с необходимыми складами для хранения грузов в зависимости от физико-химических свойств и обеспечения их сохранности.

В условиях плановой экономики «логистика» доставки грузов базировалась на вышеизложенных положениях, учитывались особенности развития каждого вида транспорта, наличие автомобильных дорог с твердым покрытием, функционирование плановой экономики, требования экологии и др. В частности, перевозка грузов железнодорожным транспортом жестко регламентировалась. В зависимости от местных условий перевозки грузов в пределах от 50 до 100 километров разрешалось перевозить автомобильным транспортом, а свыше – железнодорожным с использованием путей общего и необщего пользования. В зависимости от объемов работы, района тяготения к станции примыкания железнодорожных путей необщего пользования, наличия крупных промышленных предприятий в городах строились грузовые дворы с конкретной специализацией крытых и открытых складов, включая места общего пользования для конкретных грузов или транспортных средств (для переработки только контейнеров, массовых грузов, тяжеловесные площадки и др.). В то же время на путях необщего пользования с целью концентрации маневровых и грузовых операций создавались предприятия промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ), объединенные железнодорожные хозяйства (ОЖДХ) и другие формы объединений. Для выполнения маневровых опера-

ций строились отдельные парки для таких объединений, что позволяло при наличии достаточно большого количества путей необщего пользования, примыкающих к станции магистрального железнодорожного транспорта, вынести маневровую работу за пределы этих станций, увеличив тем самым их перерабатывающую способность. Вышеуказанные ППЖТ, ОЖДХ и др. были самостоятельными хозяйствующими субъектами [2].

После распада Советского Союза прекратила существовать плановая экономика в пределах огромной территории и больших расстояний перевозки, были соответственно отменены указанные выше положения по «логистике» доставки грузов. В результате небольшие партии грузов, следующие через грузовые дворы, были переключены с железнодорожного на автомобильный транспорт, что привело к дополнительному расходу топлива, отрицательному воздействию на окружающую среду и другим последствиям. Это потребовало разработки новых подходов к транспортной логистике в части разработки эффективных схем доставки грузов с участием не только одного, но и нескольких видов транспорта.

Основные положения развития способов доставки грузов с использованием терминалов железнодорожного транспорта общего пользования обусловлены следующими условиями [3].

1 *Потребность* в доставке грузов в труднодоступные районы с целью обеспечения транспортного обслуживания сельского хозяйства, других социально значимых объектов (строек, освоение природных ресурсов и т. п.). На предыдущих этапах развития терминального хозяйства для достижения данных целей осуществлялась концентрация грузовой работы на опорных станциях железнодорожных участков, которая сопровождалась созданием Сельхозхимии, Сельхозтехники и других образований.

2 *Результативность* подобных хозяйствующих образований с учетом современных условий и требований, в том числе на основе использования государственно-частного партнерства, выделения государственных субсидий или дотаций, предоставления льготных тарифов и т. п., которые будут находить свое отражение в соответствующих государственных программах развития (например, развития логистических систем). С учетом реализации данного положения будет обеспечиваться потребность в эффективном транспортном обслуживании логистических цепей движения ресурсов между элементами сложных логистических производственно-транспортных (СЛПТС) и транспортно-сбытовых систем (СЛТСС).

3 *Необходимость* учета интересов в пределах СЛПТС и СЛТСС хозяйствующих субъектов, государств, а также межгосударственных и отраслевых образований. Например, интересы в лице собственников вагонов или операторских компаний, которые являются хозяйствующими субъектами, могут быть учтены с помощью предоставления свободных путей терминалов железнодорожного транспорта общего пользования для временного размещения частных вагонов. Однако для решения задач, обусловленных п. 3, необходимо привести в соответствие нормативно-правовую документацию с учетом современных условий функционирования производственно-транспортно-сбытовых систем.

Сформулированные положения будут реализовываться на основе использования эффективных логистических систем доставки грузов, которые в свой состав могут включать один или несколько видов транспорта, а также терминалы в пунктах их взаимодействия. Например, логистическая схема доставки  $A_1$ –Ж– $A_2$  предусматривает завоз и вывоз груза автомобильным транспортом на терминал (транспортно-логистические центры) в пунктах отправления и назначения доставляемой продукции, а также перевозку между терминалами железнодорожным транспортом общего пользования.

Таким образом, необходимость развития существующих и строительства новых терминалов железнодорожного транспорта следует осуществлять на основании потребности в перевозках регионов тяготения к данным объектам. При этом прогнозирование объемов перевозок грузов с использованием рассматриваемых терминалов осуществляется на основании применения эффективных схем доставки  $A_1$ –Ж– $A_2$ ,  $A_1$ –Ж–ПП<sub>2</sub>, ПП<sub>1</sub>–Ж– $A_2$ , критерий оценки которых базируется на основе следующих параметров: провозные платежи; продолжительность доставки; уровень сохранности перевозимого груза; уровень транспортно-экспедиционного обслуживания. В результате такого подхода к развитию терминалов железнодорожного транспорта общего пользования появляется возможность решить ряд не только экономических, но и социальных задач, обеспечивая эффективное функционирование предприятий и организаций Республики Беларусь [1].

## Список литературы

- 1 **Еловой, И. А.** Интегрированные логистические системы доставки ресурсов : теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева ; Бел. гос. университет транспорта. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с.
- 2 **Комаров, А. В.** Теория комплексной эксплуатации видов транспорта. Ч. I / А. В. Комаров // ВИНТИ : Транспорт, наука, техника. – 2002. – № 10. – С. 70.
- 3 **Резер, С. М.** Тарифное регулирование логистических схем товаропотоков / С. М. Резер, И. А. Еловой. – М. : ВИНТИ РАН, 2009. – 364 с.

УДК 656.09

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РИСКИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СЕКТОРА

*Е. Н. ЕФРЕМОВА, Я. В. ЕФРЕМОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На современном этапе развития мировой экономики интенсивное развитие цифровых технологий сформировало новые формы и методы организации хозяйствующей деятельности. Глубокие изменения коснулись как внешних отношений между компаниями, их партнерами, так и внутрифирменных иерархических связей между коллегами. Возникли принципиально новые виды бизнеса, значительно трансформировались и видоизменились существующие, традиционные формы ведения коммерческой деятельности.

Использование электронных удаленных технологий взаимодействия стало ключевым фактором рыночной конкурентоспособности. Повсеместное распространение интернета и его всемирная доступность формируют неограниченные возможности фирмы по ведению бизнеса при условии эффективного использования современных цифровых инноваций (рекламный дизайн на web-сайтах, расчёты в криптовалюте, использование социальных мессенджеров, таргетинг о потенциальном покупателе и т. д.). Однако процесс глобальной цифровизации всех сфер жизни современного общества несет в себе определенные риски и угрозы:

1) нарушение информационной безопасности (несанкционированный доступ к ресурсам фирмы, незаконные транзакции, атаки кибермошенников, неправильное использование web-ресурсов добросовестным пользователем, противоправное копирование, распространение и использование цифровых данных и т. д.);

2) увеличение безработицы. Внедрение современных технологий выдавливает часть низкоквалифицированной рабочей силы с рынка труда, а адаптационный механизм переподготовки не в полном объеме компенсирует замещение данных работников в других отраслях;

3) рост социально-экономического неравенства. Возникновение диспаритета доходов между отраслями, базирующимися на цифровых современных (IT-индустрия) и традиционных технологиях;

4) проблемы социальной адаптации населения к инновациям, которые формируют необходимость регулярного повышения уровня квалификации и приобретения новых навыков.

В вопросах цифровой безопасности в настоящее время существует значительный разрыв между темпами развития технологий и формирования и адаптации законодательной базы в области киберпреступлений. Злоумышленника сложно поймать на месте виртуального правонарушения, а следы содеянного могут им быть бесследно уничтожены.

В рамках вышеизложенного в проблеме защиты от внутренних угроз можно выделить два аспекта:

1) организационный:

– разработка и введение однозначных алгоритмов реакции в случаях неумышленного изменения или уничтожения информации;

– систематические тренинги управленческого персонала по вопросам компьютерной безопасности;

– тестирование программного обеспечения на предмет хакинга;

2) технический:

– регулярное изменение паролей доступа с заданной сложностью;

– минимизация уровня прав, необходимых для администрирования системы;

– наличие своевременных процедур изменения уровня доступа и оперативного удаления неактуальных данных (например, при увольнении сотрудника).

К способам нейтрализации рисков функционирования цифровой экономики можно отнести:

- 1) обеспечение развития национальных конкурентоспособных информационных технологий и их использование в экономике;
- 2) проведение эффективных научных исследований;
- 3) суверенитетное устойчивое использование электронного сегмента экономики, снижение зависимости от импортных технологий и комплектующих;
- 4) профилактика правонарушений, совершаемых с использованием информационных технологий;
- 5) повышение защищенности конфиденциальной информации;
- 6) инновационное развитие информационных технологий, увеличение доли высокотехнологической продукции в структуре ВВП и экспорта;
- 7) повышение конкурентоспособности в отрасли информационных технологий.

Транспортный сектор является системообразующим элементом социально-производственной инфраструктуры и выполняет ключевую функцию в инновационном развитии национальной экономики. Процесс перемещения грузов и перевозки пассажиров в рамках транспортного сектора создает условия товарообмена, являясь важным звеном, соединяющим производителей продукции и потребителей в единую транспортно-логистическую систему.

Современные реалии цифровизации формируют импульс для развития реального сектора экономики за счёт внедрения инновационных электронных технологий.

По мнению исследователей Московской международной академии, направлениями цифровизации в транспортном секторе являются [1, с. 130]:

- 1) оптимизация – максимальное повышение эффективности и надёжности существующих процессов с целью снижения торговых издержек;
- 2) расширение – выход за рамки эффективности для создания возможностей для новых услуг и предприятий;
- 3) трансформация – переосмысление логистических, торговых и бизнес-моделей, основанных на потоках доходов.

Цифровизация может значительно повысить потенциал эффективности работы транспортной организации в различных аспектах её деятельности: планирование, снабжение, работа с клиентами, ведение документации и т. д.

Наиболее перспективными направлениями использования технологий цифровой экономики в транспортном секторе могут быть:

- 1) повсеместная замена всех бумажных транспортных документов на электронные;
- 2) использование беспилотной транспортной техники;
- 3) использование интернета вещей, то есть сети передачи данных между объектами, оборудованными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой [2];
- 4) использование 3D-печати, что позволит производить товары по индивидуальным заказам по месту нахождения конечного потребителя;
- 5) роботизация транспортно-логистических терминалов;

Цифровизация позволяет обеспечить стабильность обмена информацией между участниками цепи поставок, повысить степень заинтересованности клиентов услугами фирмы и сократить риски, возникающие при выполнении различных видов работ человеком. Первичным направлением цифровизации для государственных отечественных перевозчиков является повышение качества информирования клиентов путём поддержания в актуальном состоянии электронных ресурсов, а также разработки и внедрения специальных программных продуктов. Вместе с тем необходимо отметить, что цифровизация транспортного сектора должна реализовываться в рамках системы государственного контроля и противодействия негативным проявлениям глобальной информатизации.

#### Список литературы

- 1 **Биленко, А. В.** Цифровизация на транспорте: обеспечение возможностей для развития / А. В. Биленко, О. В. Медникова // Вестник московской международной академии – 2020. – № 1/2. – С. 129–135.
- 2 **Эштон, К.** Этот «Интернет вещей». В реальном мире вещи важнее идей // RFID JOURNAL [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.rfidjournal.com>. – Дата доступа : 10.09.2022.



## ВАГОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТАРИФА НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗА В ВАГОНЕ ПЕРЕВОЗЧИКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*В. Л. ЖИГАЛОВ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

*Л. В. ОСИПЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современные тенденции развития рынка железнодорожных грузовых перевозок, в первую очередь, характеризует либерализация, завершающая эпоху государственной монополии в этой сфере и позволяющая развивать конкуренцию среди перевозчиков при условии их соответствия определенным требованиям. Вследствие таких перемен наблюдается значительный рост количества компаний-операторов вагонного парка.

В России и странах СНГ появление на рынке транспортных услуг компаний-операторов и собственников подвижного состава выявило еще один немаловажный аспект – несовершенство механизма правового регулирования взаимоотношений новых субъектов рынка между собой, с перевозчиком и владельцем инфраструктуры вследствие отсутствия соответствующей нормативно-правовой базы. Возникла потребность и в реформировании системы тарифообразования на железнодорожном транспорте, позволяющем выделить три основные группы расходов: инфраструктурную, локомотивную и вагонную составляющие себестоимости – и на их основе сформировать соответствующие тарифы.

К особенностям тарифной системы Белорусской железной дороги можно отнести следующие:

- убыточность внутриреспубликанских железнодорожных грузовых и пассажирских перевозок;
- наличие перекрестного субсидирования перевозок высокостоймых грузов за счет низко-стоимых;
- формирование тарифов на базе средней по Белорусской железной дороге себестоимости перевозки.
- возможность установления перевозчиком тарифов в рамках ценовых пределов.

Верхний предел тарифа определяет государственный регулятор – Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь (далее – МАРТ), а нижний представляет собой эксплуатационные расходы перевозчика на оказание услуги по перевозке грузов. Оперативно реагировать на текущую рыночную ситуацию путем повышения тарифов выше установленного МАРТ верхнего предела Белорусская железная дорога не имеет права. Это приводит к тому, что при росте цены на конкретный товар при постоянном тарифе производитель получает дополнительную маржу прибыли, а государство – дополнительный налог от этой прибыли. При снижении рыночной цены на этот товар производители требуют от государства снизить и тарифы, чтобы сохранить достигнутый уровень прибыли. При таком подходе железная дорога несет убытки, а тарифная система выступает в качестве инструмента государственного макроэкономического регулирования.

В настоящее время плата за перевозку груза в вагоне перевозчика определяется суммированием плат по трем тарифным составляющим: инфраструктурной, локомотивной и вагонной. Вагонная составляющая тарифа применяется только при перевозке груза в вагоне перевозчика и представляет собой тариф, сформированный на основе расходов, связанных с ремонтом, подготовкой к перевозке и текущим содержанием вагонов инвентарного парка Белорусской железной дороги и их амортизацией.

Выделение в тарифе на перевозку груза вагонной составляющей первоначально было обусловлено необходимостью обеспечения для грузоотправителей и грузополучателей равновыгодности перевозок грузов в вагонах инвентарного парка и в собственных или арендованных вагонах при условии одинаковых показателей их использования. Величина вагонной составляющей для вагона перевозчика была призвана являться ориентиром экономической целесообразности использования собственного вагонного парка. На современном этапе цена предложения собственника вагонов формируется на основе рыночной цены, которая в условиях дефицита вагонов может быть в несколько раз выше вагонной составляющей тарифа.

При условии монополии на рынке транспортных услуг тарифы формируются исходя из сложившихся расходов с учетом необходимого уровня рентабельности. В современной экономической ситуации, учитывая наличие на транспортном рынке не только вагонов перевозчика, но и вагонов грузоотправителей, грузополучателей, операторских компаний, актуальной задачей становится приведение вагонной составляющей тарифа на перевозку груза в вагоне перевозчика в сопоставимый вид с аналогичными доходами собственника или оператора вагонного парка, т. е. формирование методологии изменения уровня вагонной составляющей тарифа с учетом наличия конкуренции и других влияющих факторов и критериев: сезонности перевозок, наличия дефицита или профицита вагонов, неравномерности погрузки, изменения конъюнктуры рынка и др.

Рассмотрим более подробно основные параметры, характеризующие использование вагонов для перевозки грузов, влияние которых целесообразно учесть при формировании и дифференциации уровня вагонной составляющей: структура парка вагонов, в том числе по роду, оборот вагона, спрос на вагоны, стоимость аналогичных услуг по предоставлению вагонов грузоотправителей, грузополучателей и др.

За последние годы в Республике Беларусь отмечается тенденция к сокращению парка вагонов перевозчика при относительной стабильности его структуры: примерно треть парка составляют полувагоны, более четверти – цистерны. Существенно увеличился износ вагонов, особенно универсальных и фитинговых платформ. Структура парка собственных вагонов предприятий – резидентов Республики Беларусь относительно стабильна, более половины его составляют специализированные вагоны, в т. ч. цементовозы, чуть меньше четверти – цистерны и всего 1/10 часть – полувагоны.

Оборот вагона является основным показателем использования железнодорожных грузовых вагонов по времени. Средневзвешенный оборот вагона инвентарного парка по Белорусской железной дороге остается относительно постоянным. Оборот вагона инвентарного парка на других железнодорожных администрациях, если в целом также стабилен, то в разрезе рода вагона отличается большей вариативностью. В среднем более половины вагонов инвентарного парка Белорусской железной дороги в течение последних лет находились на территории Беларуси, в том числе до 3/4 платформ и полувагонов. Среди инвентарных вагонов, находящихся на других железнодорожных администрациях, наибольшая их часть находилась на территории ближайших соседей: Украины, Польши, Литвы и России. Выполненные исследования продолжительности нахождения вагона инвентарного парка на других железнодорожных администрациях свидетельствуют о наличии связи между расстоянием перевозки и временем нахождения на железной дороге.

Спрос является одним из параметров, характеризующих рынок вагонов, и определяется уровнем погрузки в вагоны того или иного типа и различной принадлежности. Анализ этого параметра показал, что изменения спроса на отдельные типы вагонов являются сезонными, например на зерновозы или рефрижераторные вагоны, а на такие вагоны, как фитинговые платформы и цементовозы, спрос относительно стабилен в течение года. Это свидетельствует в пользу дифференциации вагонной составляющей по роду вагона.

Для определения возможного уровня вагонной составляющей платы за перевозку для вагонов инвентарного парка целесообразно определить соответствующий параметр для вагона грузоотправителя, грузополучателя, в том числе и ставку аренды на спотовом рынке. По результатам исследований, ставки операторов подвижного состава за предоставление полувагона в технический рейс не имеют стабильной тенденции к увеличению или уменьшению в зависимости от времени года: за рассматриваемый период в 2018–2020 годах наблюдалось постепенное снижение указанных ставок к концу года, а в 2017 и 2021 годах – наоборот, их увеличение.

Несмотря на стабильный рост расходов на содержание и ремонт собственных вагонов, тенденции изменения ставок арендной платы носят различный характер, в большей мере определяемый уровнем спроса на тот или иной тип подвижного состава.

Таким образом, в части параметров, влияющих на уровень вагонной составляющей, целесообразно выделить следующие:

- цена предложения вагонов различного типа на рынке;
- уровень и эластичность спроса на вагоны;
- сезонные колебания спроса;
- наличие и уровень конкуренции;
- оборот вагона инвентарного парка и собственного вагона;

- увеличение оборота при нахождении вагона инвентарного парка на территории других железнодорожных администраций;
- риски, связанные с изменением и перенаправлением грузо- и вагонопотоков вследствие геополитической ситуации, и др.

УДК 331.1

## THE PROBLEMS OF WORKING TIME USAGE AND TRANSPORT SECURITY PROVISION

*R. I. KARAVASHKINA, Y. R. GURO-FROLOVA*

*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russian Federation*

The law of working time saving is known to be one of the economic laws aimed at labor productivity provision, efficiency increase. This law is considered to be universal, operating in all economic formations, and cannot be canceled or ignored. Economic laws must be enforced as their “ignorance” is likely to lead to efficiency decrease and other economic problems. This law enforcement concerns future production growth, working hours saving meaning in its turn efficiency increase.

The law of working time saving involves productive saving of the employee working and free time, leading to efficient time management in the society and productive time management of the individual employee, giving the chance to solve not only the problems of productivity increase, but also the problem of security provision in all the economic spheres.

The authors are of the opinion that in order to ensure labor productivity with the security provision taken into account, and sustainable economy development as well, it is necessary to find and implement the methods aimed at working time loss reduction and working hour efficiency increase.

In labor law, working time is defined as the time for employee’s working duties performance. In Russia, working week duration in accordance with the Labor Code of the Russian Federation is 40 hours [1], meaning a five-day working week and eight-hour working day. To conduct macroeconomic analysis and cross-country comparisons the annual working hour fund indicator is used. Working hours in different countries are presented in Table 1 [2].

*Table 1 – Working time duration in the top-five “intensively working countries” (IWC) and five “working countries with low labor intensity” (WCLLI) of the world for 2018 according to OECD*

IWC			WCLLI		
№	country	Working hours	№	country	Working hours
1	Mexico	2148	11	Germany	1363
2	Costa Rica	2121	12	Netherlands	1433
3	South Korea	1993	13	France	1520
4	Russia	1972	14	England	1538
5	Greece	1956	15	Australia	1665

According to the OECD, Russia is on the 4<sup>th</sup> place among the “intensively working countries” and outperforms the G7 states, including the USA, Japan and Germany. In Russia, long-lasting New Year holidays and May holidays are legally approved. This is often understood as little time spent at the working place during the year in Russia. At the same time, we are accustomed to treating the Germans and the Japanese as the most hard-working nations. The paradox of the statistics presented in Table 1 is likely to be explained by the fact that the OECD keeps records of working time not only in accordance with the laws of the countries, but also considering the time actually worked, taken into account over-employment and the part-time jobs. That is why the countries with approximately the same working week (year) duration at the legislative level take different places in the list. The stricter the law applied to payment for over-employment (obliged increased rate payment), the less the actual working time fund. This is the reason why workaholic Japan and leisurely Italians occupy neighboring positions in the ranking list (1710 and 1723 hours, respectively).

According to the ILO (International Labor Organization), increased working hours are typical for countries with low income (wages). In terms of average wages, the world leader is Switzerland with almost

75,000 dollars a year. Cuba has the lowest annual wage, which is \$360 per year. In the ranking of 878 countries Russia occupies the 54<sup>th</sup> place. It is obvious that, being one of the most heavily employed countries, Russia does not belong to the list of the countries with the highest wages. One working hour cost, calculated due to the data in Tables 1, 2, is presented in table 2.

**Table 2 – Hourly wage rate in 2018, USD**

№	Country	USD	№	Country	USD
1	Mexico	2.13	11	Germany	38.44
2	Costa Rica	16.77	12	Netherlands	27.07
3	South Korea	14.89	13	France	26.20
4	Russia	4.78	14	England	21.09
5	Greece	7.38	15	Australia	23.94

As we can see from Table 3, there is a significant variation in hourly wages. Mexico and Russia, being the most heavily employed countries, have the lowest wages. Germany and Japan, being the least employed countries, have the highest wages. Due to this, we can conclude that working time duration does not affect the specific indicator of its payment.

It would be logical to assume that the GDP of the country with the highest workload during the year should be greater. The productivity of 1 working hour (or GDP per 1 working hour) was calculated and presented in Table 3.

**Table 3 – Main macroeconomic indicators of the countries in 2018**

№	Country	WTFhour/year	GDP	1 working hour productivity
1	Mexico	2148	20616	9.60
2	Costa Rica	2121	17566	8.28
3	South Korea	1993	43290	21.72
4	Russia	1972	28719	14.56
5	Greece	1956	29072	14.86
6	Germany	1363	53735	39.42

Due to the information presented in Table 4, Germany is the most efficient among the countries, having the best indicator of working hour productivity (despite being among the 10 least working countries in the world). The most inefficient and the busiest ones are Mexico and Costa Rica with the productivity of 4 and 4.75 times lower than in Germany, indicating an extremely inefficient working time usage. As far as Russia is concerned, one working hour cost is \$14.56, this indicator being 2.7 times lower than the German one. An employee in Russia spends on average 45 percent more time at the workplace than a German employee, but the productivity of the Russian worker is 2.7 times less than the German one has.

We can conclude that Russia has huge untapped labor productivity reserves. Sociological surveys and studies show, that Russian enterprises have low working time efficiency. It is likely to be increased in case of loss reduction associated with labor discipline violation. The productivity can be increased by 5 percent, transport sphere included [4].

Finally, we can conclude, that there is a European tendency of recent years, concerning gradual working hours' reduction and employee free time increase for the purpose of providing efficiency growth, security provision, etc. However, related problems can arise concerning population and employee aging, etc. There exist intensive and extensive areas of production factor usage. One of the extensive ways to ensure economic growth is to extend working hours: per month (working day lengthening, day-off and holiday day reduction) or per year. The entire working life can also be extended [5]. An intensive factor of economy efficiency improvement is the reduction of working time losses. Labor resources' qualification optimization, education level increase, labor automation, fixed assets and technologies' updating, innovations' usage [6] provide it.

Thus, the best way to fulfill the law of working time saving in Russia, to provide efficiency optimization, to ensure security is to reduce working time losses, increasing working hour productivity, to ensure high labor intensity through new knowledge, new technologies introduction [7, 8].

#### Список литературы

1 Трудовой кодекс РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/). – Дата доступа : 09.09.2022.

2 Статистика ОЭСР в области рабочего времени и заработной платы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.oecd-ilibrary.org/economics/data/oecd-economic-outlook-statistics-and-projections>. – Дата доступа : 06.09.2022.

3 **Бабкина, Т. В.** Специфика и взаимосвязь экономической безопасности и транспортного комплекса страны [Электронный ресурс] / Т. В. Бабкина, А. А. Бурадова, К. И. Трёмбач. – Режим доступа : <http://naukovedenie.ru/PDF/182EVN515.pdf>, doi: 10.15862/182EVN515. – Дата доступа : 06.09.2022.

4 **Мау, В.** Национальные цели и модель экономического роста: новое в социально-экономической политике России в 2018–2019 гг. / В. Мау // Вопросы экономики. – 2019. – № 3. – С. 5–47.

5 **Каравашкина, Р. И.** Заработная плата и благоприятные условия труда как факторы совершенствования труда интеллектуальных работников (на примере преподавателей вуза) / Р. И. Каравашкина, Ю. Р. Гуро-Фролова, Е. В. Киселёва // Экономика труда. – 2022. – Т. 9, № 10. – DOI : 10.18334/et.9.10.116260.

6 **Каравашкина, Р. И.** Снижение последствий влияния синдрома эмоционального выгорания на результативность работы преподавателя и вуза в целом / Р. И. Каравашкина, Ю. Р. Гуро-Фролова, Е. М. Федотова // Экономика труда. – 2022. – Т. 9, № 9. – DOI : 10.18334/et.9.9.116207.

7 **Жмачинский, В. И.** Производительность труда, заработная плата и уровень жизни: проблемы повышения и перспективы / В. И. Жмачинский, Р. И. Чернева // Экономический анализ: теория и практика. – 2019. – Т. 18, № 1. – С. 40–53.

8 Prospects for the Development of Professional Training for the Transport Industry During Digitalization and Remote Work on the Example of VSUWT / Z. Pyzhova [et al.] // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia. – 2021. – Vol. 403. – DOI : [org/10.1007/978-3-030-96383-5\\_92](https://doi.org/10.1007/978-3-030-96383-5_92).

УДК 656.225.073

## **ОСНОВНЫЕ СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ АДАПТАЦИИ К МАССОВОЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ ГРУЗОПОТОКА**

*Н. А. КЕКИШ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Контейнеризация грузопотока в современных условиях является одновременно естественно идущим и осознанно направляемым процессом на железнодорожном транспорте. С одной стороны, инициатива перехода на контейнерную технологию с традиционной повагонной исходит от самих грузоотправителей. Диверсификация рынков сбыта, сокращение размеров партий, возможность применения гибких мультимодальных логистических схем доставки всё чаще делают перевозку в контейнерах более привлекательным, а иногда и единственно возможным и экономически оправданным вариантом транспортировки грузов с участием железнодорожного транспорта. С другой стороны, видя растущий спрос и понимая связанные с этим потенциальные преимущества, транспортные предприятия сами ведут целенаправленную политику по привлечению клиентов и повышению своей конкурентной привлекательности именно в этом сегменте транспортного рынка.

По логике результатом совместных усилий перевозчиков и грузовладельцев в данном направлении должен стать постоянный рост процента контейнеризируемых грузов в общем грузопотоке. Темпы этого роста могут быть различны, поскольку регулируются большим количеством внешних факторов, но само наличие этой тенденции бесспорно. При ее сохранении в определенный момент должен произойти качественный скачок, когда доля контейнеров в общем количестве отправок становится преобладающей, что влечет за собой необходимость адаптации всей технологии перевозочного процесса на железнодорожном транспорте под специфику перевозки и обработки этого вида грузовых единиц. В качестве примера такой трансформации можно привести морской транспорт, технология работы, инфраструктура и технические средства которого в достаточно короткий период были коренным образом переработаны под нужды контейнерных перевозок.

Очевидно, что потенциальное преобладание контейнеров среди других видов отправок потребует решения целого ряда задач, часть из которых могут быть совершенно новыми для железнодорожного транспортного комплекса. Стихийная контейнеризация и недооценка трансформационного потенциала контейнерной технологии представляют реальную угрозу дисбаланса на транспортном рынке. Существующая технология перевозочного процесса и техническое оснащение железнодорожного транспорта в настоящее время ориентированы на переработку повагонных и маршрутных отправок массовых грузов и не учитывают специфики работы с контейнерными отправлениями на всех этапах транспортировки. Без соответствующей адаптации система организации вагонопотоков будет не эффективно использовать, а нивелировать преимущества контейнерной перевозки. Отсутствие четко спланированной стратегии управления массовой контейнеризацией принесет железнодорожным

перевозчикам вместо ожидаемой прибыли только снижение показателей качества перевозки и утрату существенной доли на транспортном рынке, а грузовладельцам – рост транспортных расходов.

Управляемость процесса контейнеризации базируется на сборе, анализе и объективной оценке большого массива данных об имеющихся и потенциальных отправлениях. Для каждого полигона с целью адаптации его к переходу на преимущественный контейнеропоток необходимо определить основные источники роста объемов контейнерных перевозок, т. е. за счет каких перевозок (внутренних, экспортных, импортных, транзитных) и в какой пропорции между ними этот рост будет происходить. От этого зависит приоритетность задач, которые потребуются решить для обеспечения такого перехода. Под полигоном в данном контексте понимается полигон железных дорог под управлением единой национальной железнодорожной администрации.

Для внутренних относительно заданного полигона перевозок основными задачами, связанными с массовой контейнеризацией, являются:

1) обеспечение наличия и доступности парка контейнеров, в том числе и за счет налаженной системы производства, оборота (включая импорт/экспорт контейнеров) и организации внедорожного использования внутри страны;

2) информирование клиентов и обеспечение их осознанного перехода на новую технологию, что подразумевает и адаптацию транспортных характеристик продукции под контейнерную перевозку (стандартизация размеров, укрупнение и разукрупнение грузовых единиц, упаковка и маркировка);

3) обеспечение необходимого уровня качества транспортно-экспедиционного обслуживания контейнерных перевозок, включая современное информационное обеспечение транспортировки груза, упрощение и ускорение документального оформления, выполнения таможенных операций;

4) модернизация терминальной инфраструктуры с учетом преобладания контейнеров в общем объеме обрабатываемого грузопотока;

5) модернизация инфраструктуры участков (прежде всего в отношении разработки и обеспечения специальных габаритов для контейнерных поездов);

6) модернизация инфраструктуры станций для реализации технологии переработки массового контейнеропотока;

7) разработка и внедрение гибкой системы планирования контейнерных перевозок;

8) разработка графика движения поездов, адаптированного под массовый пропуск контейнеропотока;

9) организация тягового обеспечения с учетом весовых характеристик контейнерных поездов;

10) внедрение новых технологий формирования поездов, обработки их на технических станциях, выполнения местной работы, ориентированных на преимущественный контейнеропоток;

11) нахождение рационального баланса между доставкой железнодорожным транспортом и другими видами транспорта в зависимости от размеров и конфигурации полигона, который бы обеспечивал учет интересов как перевозчиков, так и грузовладельцев.

Как видно из приведенного списка, задачи адаптации к массовой контейнеризации грузопотока при преобладающем росте за счет внутренних перевозок являются многогранными, сложными, а их решение – чрезвычайно затратным. Массовая контейнеризация в таких условиях должна быть экономически оправдана, что теоретически возможно лишь при больших размерах полигона, значительном и стабильном имеющемся грузопотоке потенциально контейнеропригодных грузов.

Задачи при росте за счет экспорта остаются такими же, поскольку здесь происходит зарождение контейнеропотока, что делает процесс управляемым для полигона. Стратегия адаптации при массовой контейнеризации экспорта предполагает решение общелогистических задач (1–3, 7–11) для всего полигона, а инфраструктурных и технологических задач (4–6, 8–10) – только для выделенных приоритетных экспортных направлений. Это позволит рационально распределить имеющиеся ресурсы и протестировать технические и технологические решения по работе с массовым контейнеропотоком.

Для импорта в целом теряют актуальность задачи 1, 2 и частично задача 7. Входящий импортный контейнеропоток зарождается за пределами полигона, и проблемы, связанные с планированием и обеспечением погрузки, не являются приоритетными для грузополучателей и перевозчиков страны назначения, хотя в ряде случаев грузополучатели и перевозчики принимают в этих процессах активное участие. Однако при преобладании импортных перевозок появляется

новая задача – выбор эффективной системы возврата порожних контейнеров либо обеспечения обратной загрузки (условно можно обозначить ее как задачу 12).

Для обеспечения массовых транзитных контейнерных перевозок ключевое значение имеет решение задач, связанных с пропуском и обработкой контейнеропотока (5, 6, 8–10). Учитывая имеющуюся структуру грузопотока, вариант с ростом объемов контейнерных перевозок за счет транзита является для Белорусской железной дороги наиболее вероятным. Как и в случае с ростом импортно-экспортного контейнеропотока, инфраструктурные задачи (5, 6) могут решаться не для полигона в целом, а только для выделенных направлений, по крайней мере, на начальных этапах.

В целом можно констатировать, что при различных источниках роста контейнеропотока есть ряд универсальных задач, инвестиции в решение которых принесут эффект. Это технологические задачи, связанные с организацией продвижения контейнеропотоков (8–10). Решение этих задач следует признать приоритетным стратегическим направлением адаптации перевозочного процесса к потенциальному преобладанию контейнеров в общей структуре грузопотока.

УДК 339.543

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ЛЬГОТ ПО УПЛАТЕ ТАМОЖЕННЫХ ПЛАТЕЖЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*А. А. КОЛЕСНИКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Программой социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы в качестве главной цели развития страны на пятилетие определено обеспечение стабильности в обществе и рост благосостояния граждан за счет модернизации экономики. Программой предусматривается ускоренное развитие высокотехнологичных производств.

В транспортной сфере ставка сделана на создание новых производств грузового и пассажирского электротранспорта и его компонентов, коммунальных машин с электроприводом, расширение выпуска зарядной инфраструктуры, формирование эффективного транспортного комплекса на основе развитой транспортной инфраструктуры, повышения ее безопасности и доступности [1].

О необходимости ускоренной и эффективной модернизации отраслей национальной экономики свидетельствуют данные Национального статистического комитета Республики Беларусь. В общем объеме отгруженной инновационной продукции организациями промышленности в 2021 году новая продукция для отечественного рынка составила 52,8 %, а новая продукция для мирового рынка – всего 0,6 %. В производстве транспортных средств и оборудования эти показатели существенно выше, так удельный вес в общем объеме отгруженной инновационной продукции новая продукция для внутреннего рынка составила 58,2 %, а продукция новая для мирового рынка – 5,1 %. Коэффициент обновления основных средств по видам экономической деятельности составил в сфере транспортной деятельности в 2021 году 2,5 %, что существенно ниже среднереспубликанского показателя – 6,0 %, этот разрыв на протяжении последних пяти лет только увеличивался. Всё это привело к существенному росту степени износа основных средств в транспортной деятельности до 55,6 % в 2021 году при среднем показателе по Республике Беларусь – 40,7 %, степень износа основных средств была выше только в горнодобывающей промышленности 57,4 % [2].

Модернизация предполагает органичное включение экономики страны в новейшие мировые инновационные процессы, интенсивное использование широкого круга нововведений во всех сферах общественной жизни. В связи с этим возникает потребность в поиске, в первую очередь, дополнительных финансовых резервов, объем которых даст возможность своевременно запустить и реализовать весь потенциал модернизации. В качестве потенциальных источников финансирования, как правило, выступают инвестиции и финансовая поддержка государства (часто выражающаяся в предоставлении льгот по уплате таможенных пошлин и налогов). Более того, необходимо понимать, что, во-первых, практическое использование двух источников часто приводит к появлению синергетического эффекта, то есть к возрастанию эффективности деятельности в результате одно-

временного применения, а во-вторых, использование механизма предоставления льгот по уплате таможенных платежей способствует росту инвестиционной привлекательности государства.

Сущность модернизации экономики состоит в качественных изменениях, которые выступают как инструмент для достижения основной цели модернизации – формирования современной модели экономики. Под модернизацией, как правило, понимается непосредственно экономическая модернизация, то есть комплекс мер, направленных на преодоление экономического отставания путем совершенствования экономики до уровня, отвечающего конкретным требованиям. Республика Беларусь в начале 2000-х годов объективно стояла на пути «догоняющей» модернизации. Жизнеспособность национальной экономики обеспечивалась на основе копирования иностранных технологий, методов организации производства и стимулирования труда. Такая модернизация являлась ответом на внешние вызовы, белорусское общество выработало собственную социально ориентированную модель экономического развития – при технологических заимствованиях сохранена национальная специфика [3]. Модель предполагает при имеющемся уровне финансовых возможностей и ресурсов национальной экономики в одних сферах придерживаться стратегии догоняющего развития, при обеспечении высокой инновационности приобретаемого оборудования и технологий, в других – с максимальным использованием собственных инновационных разработок.

Концепция модернизации национальной экономики носит смешанный характер – осуществляется на собственной основе с иностранными заимствованиями. При этом приоритетным направлением модернизации определена модернизация на локальном уровне (на уровне предприятий). Если говорить о модернизации экономики на микроуровне, то есть на уровне предприятий, то можно выделить четыре базовых направления совершенствования: обновление оборудования, создание новых линий продукции, налаживание системы маркетинга, а также совершенствование системы работы персонала. Также значимыми этапами проведения модернизации, по нашему мнению, должен стать анализ проектов по ее осуществлению и оценка результативности проведения с помощью ряда экономических показателей.

Предоставление льгот по уплате таможенных пошлин и налогов представляет собой полноценный инструмент, который способен стимулировать развитие реального сектора экономики, привлечь иностранный капитал в национальную экономику, в том числе в кризисный период, когда государство особо остро нуждается в инвестициях и инновационном развитии. Соответственно, регулирование системы предоставления льгот по уплате таможенных пошлин и налогов целесообразно осуществлять на нескольких уровнях для обеспечения своевременности и оперативности установления льгот, что также позволит сделать правильный выбор потенциального получателя таможенных льгот.

В соответствии с законодательством ЕАЭС льготы по уплате таможенных платежей устанавливаются и регулируются на трех уровнях: национальном, уровне ЕАЭС и международном. Использование политики льготирования стало одной из ключевых тенденций настоящего времени в различных регионах мира. В рамках ЕАЭС такая политика являет собой предоставление льгот в отношении следующих категорий платежей: ввозная и вывозная пошлины, НДС, акцизы и сборы за совершение таможенных операций [4].

В условиях глобализации системы предоставления льгот по уплате таможенных платежей, используемые в различных странах мира, обладают высоким уровнем схожести, более того, по многим параметрам такие системы можно назвать идентичными. Например, анализ перечней товаров, в отношении которых предоставляются льготы по уплате таможенных пошлин и налогов, оказался схожим во многих странах (оборудование, предназначенное для модернизации предприятий, сельскохозяйственная техника, гуманитарная помощь, товары для ликвидации стихийных бедствий и др.).

Нами предлагаются следующие мероприятия по совершенствованию сложившейся системы таможенного льготирования: создание платформы, информирующей о порядке предоставления льгот по уплате таможенных пошлин, налогов; детализация требований к товарам, в отношении которых предоставляются льготы по уплате таможенных пошлин, налогов; разработка механизма возврата сумм льгот по уплате таможенных пошлин, налогов при невыполнении инвестором ряда условий (недостижение установленных в инвестиционном договоре экономических показателей, невыполнение сроков планового ввода технологического оборудования в эксплуатацию, невыполнение срока завершения инвестиционного проекта); разработка методических подходов к оценке эффективности льгот по уплате таможенных пошлин и налогов.



## Список литературы

- 1 Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292&ysclid=17wyps585o708655243>. – Дата доступа : 05.09.2022.
- 2 Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь, 2022. Статистический сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/ef0/s3cs3b76qdi257v7tkrr40bj087b7on2.pdf>. – Дата доступа : 12.09.2022.
- 3 Давыдова, Н. Трансформация финансового обеспечения модернизации экономики Республики Беларусь / Н. Давыдова // Основы экономики, управления и права. – 2013. – № 2. – С. 35–40.
- 4 Таможенный кодекс Таможенного союза [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tsouz.ru/Docs/Kodeks3/Pages/default.aspx>. – Дата доступа : 05.09.2022.

УДК 656.212.073

## ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ ТЕРМИНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

М. М. КОЛОС

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Важнейшей задачей в повышении эффективности деятельности грузового хозяйства Белорусской железной дороги является совершенствование одной из основных услуг – погрузочно-разгрузочных работ с предоставлением конкурентных услуг на основе логистических принципов.

Актуальность совершенствования работы грузовых терминалов Белорусской железной дороги обусловлена необходимостью повышения конкурентоспособности и эффективности их использования на рынке транспортных и погрузочно-разгрузочных услуг.

Существующая на Белорусской железной дороге система предоставления работ по погрузке и выгрузке грузов недостаточно эффективна, характеризуется разобщенностью и децентрализацией, так как взаимодействие с клиентами осуществляют различные структуры (организации и подразделения): Транспортно-логистический центр Минск Государственного предприятия «БЕЛИНТЕР-ТРАНС – транспортно-логистический центр» (далее – БТЛЦ); Транспортно-экспедиционное республиканское дочернее унитарное предприятие «Гомельжелдортранс» (далее – ТЭРДУП «Гомельжелдортранс»); структурные подразделения грузового хозяйства отделений Белорусской железной дороги – Барановичский грузовой центр транспортной логистики, Брестгрузтранслогистик, Могилевгрузсервис, Витебскгрузсервис.

Организация погрузочно-разгрузочных работ на транспортных терминалах является одним из важнейших элементов доставки грузов. Современные цепи поставок всё чаще характеризуются участием в процессе доставки двух и более видов транспорта, которые взаимодействуют друг с другом через систему транспортных терминалов.

В настоящее время грузовые организации и предприятия терминального хозяйства оказывают следующие транспортно-логистические услуги:

- погрузка и выгрузка грузов из железнодорожного и автомобильного подвижного состава на железнодорожных станциях отправления и назначения, на грузовых пунктах центра транспортной логистики, грузоотправителей и грузополучателей;
- погрузка и выгрузка контейнеров на железнодорожных станциях отправления и назначения, на грузовых пунктах центра транспортной логистики, грузоотправителей и грузополучателей;
- перегрузка экспортно-импортных грузов на станциях со сменой ширины колеи;
- складирование и хранение грузов;
- формирование и расформирование транспортных пакетов;
- закрепление, увязка груза на подвижном составе и в контейнерах, а также предоставление необходимых для этих целей реквизитов крепления;
- услуги автотранспорта по доставке грузов от склада грузоотправителя до железнодорожной станции или в обратном направлении.

На терминалах осуществляются работы с контейнерными, навалочными, лесными, тяжеловесными, тарно-упаковочными и прочими родами грузов. Погрузочно-разгрузочные операции могут выполняться своими силами и средствами как в местах общего пользования, так и непосредственно у грузоотправителя, грузополучателя. Организация погрузки и выгрузки грузов из транспортных средств, а также сортировка грузов осуществляются на основе типовых схем комплексной механизации погрузочно-разгрузочных работ с учетом рационального использования рабочего времени, обеспечения безопасности труда.

Конечной целью деятельности терминалов является оказание полного цикла транспортно-логистических услуг промышленным и торговым организациям по рационализации перевозочного процесса и гарантированной доставке грузов в оптимальные сроки, маршруты, виды транспорта и груза.

Вопросы совершенствования и развития грузового хозяйства Белорусской железной дороги соответствуют и основным направлениям развития логистической системы и транзитного потенциала Республики Беларусь: повышение качества и комплексности логистических услуг; обеспечение развития логистической инфраструктуры и повышение эффективности ее использования; совершенствование правовых и экономических условий для эффективного использования транзитного потенциала.

Актуальность решений в области развития терминальной инфраструктуры и комплексности транспортно-логистических услуг предопределяется тенденциями на рынке железнодорожного транспорта. Либерализация режимов торговли, развитие экспортоориентированных секторов экономики стран Азиатско-Тихоокеанского региона в условиях роста потребления в развитых странах стали важнейшим стимулом развития глобального рынка транспортно-логистических услуг. Глобализация грузоперевозок, увеличение протяженности транспортных путей и удлинение логистических цепочек сопровождаются решениями по оптимизации распределения ресурсов, связанных с перевозкой, переработкой и хранением грузов.

Сегодня сложно говорить о разработке стратегии развития терминального комплекса на долгосрочную перспективу, учитывая совокупность внешних факторов, негативно повлиявших на структуру и объем грузопотоков на рынке железнодорожных перевозок. Среднесрочной целью становятся минимизация негативных последствий и определение быстро реализуемых мероприятий, направленных на повышение эффективности работы. Такие мероприятия – это, как правило, решение комплексных задач, которые затрагивают организационно-технологические процессы, экономические и правовые аспекты деятельности.

Наибольшим потенциалом среди перечисленных предприятий грузового хозяйства на данном этапе обладает ГЛЦ Минск. Именно ГЛЦ Минск обеспечивает функционирование крупнейшего контейнерного терминала в Республике Беларусь. Учитывая постоянный, а в последнее время – скачкообразный рост контейнерных перевозок, необходимо приложить все усилия для того, чтобы, с одной стороны, не растерять свои конкурентные преимущества, а с другой – обеспечить максимизацию прибыли.

Беглый анализ ситуации показывает наличие множества нерешенных вопросов, которые мешают интенсивно двигаться в этом направлении: сложность взаимодействия городских товарных станций с перевозчиками, отправителями, получателями, экспедиторами, операторами подвижного состава, собственниками контейнеров; сам статус городских товарных станций и терминалов как мест общего пользования с жесткой регламентацией Министерством антимонопольного регулирования и торговли тарифов на ряд работ и услуг; полное содержание терминальной инфраструктуры, но невозможность самостоятельно регулировать правила доступа к ней; постоянное давление со стороны экспедиторов и собственников контейнеров, которые обеспечивают свои сверхприбыли за счет благоприятной конъюнктуры и невозможности оперативного изменения правил коммерческого использования терминалов.

Функционирование терминалов как мест общего пользования подразумевает бесплатную подачу и уборку вагонов, что ведет к недополучению прибыли для Белорусской железной дороги в целом. Опыт работы альтернативных терминалов РУП «Белтаможсервис» или СООО «Брествнешстранс» показывает, что наличие платы за подачу и уборку вагонов не является для клиентов заградительным фактором.

В настоящее время БТЛЦ совместно с БелГУТом проводят исследовательскую работу по многофакторному анализу функционирования городских товарных станций Степянка и Колядичи ТЛЦ Минск с разработкой инновационных моделей их бизнес-процессов в целях устойчивого развития. Ожидаемым результатами являются, в том числе, рекомендации по изменению нормативно-правовых актов, регламентирующих деятельность терминалов, что позволит добиться бóльшей стабильности в работе городских товарных станций Степянка и Колядичи и повысить их прибыльность.

Подводя черту под анализом перспектив развития терминального комплекса БТЛЦ, необходимо заострить внимание на том, что невозможность формирования правил предоставления услуг на терминалах и отсутствие рыночного ценообразования ведут к недополученной прибыли, а это, в свою очередь, обозначает отсутствие возможности развития терминалов на активно растущем конкурентном рынке.

Совершенствование работы терминалов позволит обеспечить предоставление услуг грузоотправителям и грузополучателям по конкурентным тарифам, скоординировать инвестиционную политику, снизить административные и управленческие расходы, повысить заинтересованность в результатах деятельности на рынке погрузочно-разгрузочных работ и складского хранения.

УДК 656.2.03

## **РАСЧЕТ СКИДКИ С ЭКСПЕДИТОРСКОГО ВОЗНАГРАЖДЕНИЯ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ОБЪЕМА ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗА**

*М. М. КОЛОС*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*С. В. ХМЕЛЕВ*

*Белорусская железная дорога, г. Гомель*

Тарифная политика на железнодорожном транспорте должна предусматривать предоставление скидок с тарифов по отдельным грузам и направлениям перевозок, а также развитие функциональных возможностей с целью оказания дополнительных услуг клиентам в части транспортно-экспедиционного обслуживания [2]. Сфера дополнительных услуг требует возмещения возникающих при этом издержек экспедиторских организаций, которые могут рассчитываться в денежных единицах за единицу оказываемой услуги, например, рублей за отправку груза или в размере определенного процента от тарифа.

Величина экспедиторского вознаграждения зависит от многих факторов и во многом коррелирует со скидками с тарифных ставок [1]: объемные или количественные скидки; скидки за предоплату или регулярную оплату провозных платежей (кассовые скидки); скидки, компенсирующие услуги выполняемые экспедиторами или клиентами; сезонные скидки, которые могут предоставляться клиентам за перевозку грузов. Кроме того, на практике могут использоваться сложные скидки, сочетающие одновременно различные их виды.

Белорусская железная дорога должна искать пути увеличения объема перевозок грузов с целью повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг. Скидки с тарифов целесообразно рассматривать в сочетании с качественными показателями перевозки грузов. При таком подходе гибкая тарифная политика будет способствовать увеличению объема перевозок и повышать конкурентоспособность железнодорожных перевозок. В таких условиях расчет скидки с экспедиторского вознаграждения будет способствовать увеличению объема перевозки конкретного груза.

Для обоснования скидки  $\Delta\alpha_v$  с коэффициента вознаграждения  $\alpha_v$  экспедиторская организация не должна потерять свой доход, который характеризуется суммой вознаграждения  $\sum \Delta C_i$ . В свою очередь величина  $\sum \Delta C_i$  определяется по формуле

$$\sum \Delta C_i = \alpha_b \sum C_i, \quad (1)$$

где  $\sum C_i$  – сумма провозной платы  $C_{пр}$  и сборов  $C_{сб}$ , иных платежей, перечисляемых третьим лицам  $C_{тл}$ , которых привлек экспедитор для оказания услуг клиенту,

$$\sum C_i = C_{пр} + C_{сб} + C_{тл}. \quad (2)$$

Положим в основу скидки  $\Delta \alpha_b$  с коэффициента  $\alpha_b$  условие, что доход экспедиторской организации в существующих условиях

$$D' = \alpha_b \sum C_i, \quad (3)$$

а в условиях предоставления скидки с экспедиторского вознаграждения  $\Delta \alpha_b$  –

$$D'' = \alpha_b - \Delta \alpha_b \sum C_i + \sum \Delta C_i. \quad (4)$$

При этом доходы  $D'$  должны быть равны доходам  $D''$ :  $D' = D''$  [3].

В результате выполненных исследований установлено, что при доле затрат, зависящих от объема перевозок грузов  $\gamma_3$ , уравнение для расчета скидки с экспедиторского вознаграждения имеет вид

$$\frac{\Delta \alpha_b}{\alpha_b} = \frac{1 - \gamma_3}{1 + 1 / (\Delta Q_{мес} / Q_{мес})}, \quad (5)$$

где  $Q_{мес}$ ,  $\Delta Q_{мес}$  – соответственно объем и прирост объема перевозок, т/мес.

**Пример.** Пусть в соответствии с договором на выполнение транспортно-экспедиционных услуг объем перевозок увеличивается на 10 %. Тогда  $\Delta Q_{мес} / Q_{мес} = 0,1$ . При  $\gamma_3 = 0,2$  скидка с коэффициента  $\Delta \alpha_b / \alpha_b$  по формуле (5) будет равна 7,27 %, или 0,0727. Если предлагаемое значение коэффициента  $\alpha_b = 3$  %, то скидка с данного значения  $\Delta \alpha_b$  будет определяться из уравнения  $\Delta \alpha_b / \alpha_b = 0,0727$ . В этих условиях  $\Delta \alpha_b = 0,0727 \alpha_b = 0,0727 \cdot 3 \% = 0,0181$  %.

В результате исходное значение коэффициента  $\alpha_b$  должно быть уменьшено на 0,2181 %. Тогда предлагаемое значение  $\alpha'_b$  после уменьшения  $\alpha'_b = \alpha_b - 0,2181 = 3 - 0,2181 = 2,7819$  %, или  $\alpha'_b = (1 - 0,0727) \cdot 3 \% = 2,7819$  %.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет обосновать скидку с коэффициента  $\alpha_b$  в зависимости от увеличения объема перевозок по конкретному договору на транспортно-экспедиционное обслуживание. При этом с увеличением объема перевозок увеличивается и относительная скидка с коэффициента, но в меньшей пропорции. Однако для применения скидки к проценту за вознаграждение или коэффициенту  $\alpha_b$  необходимо заранее знать его допускаемые минимальное  $\alpha_b^{\min}$  и максимальное  $\alpha_b^{\max}$  значения [4].

Применение рассмотренных аналитических формул для обоснования скидки с экспедиторского вознаграждения в зависимости от увеличения объема перевозки груза даст возможность объективно учитывать интересы клиентов и экспедиторских организаций, увеличивая при этом объемы перевозок, соответственно – показатели перевозчика, и обеспечивая устойчивость экспедиторских организаций.

#### Список литературы

- 1 Еловой, И. А. Тарифное регулирование при доставке грузов в логистических цепях движения ресурсов (теория и методология расчетов) : [монография] / И. А. Еловой, Л. В. Осипенко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 377 с.
- 2 Ахполов, И. К. Формирование и регулирование грузовых железнодорожных тарифов. Критический анализ и предложения по совершенствованию / И. К. Ахполов. – М., 2006. – 200 с.
- 3 Еловой, И. А. Расчет затрат и обоснование тарифных ставок на перевозку грузов : учеб. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 1998. – 176 с.
- 4 Еловой, И. А. Расчет и обоснование граничных фрахтовых ставок за перевозку груза на транспорте : практикум / И. А. Еловой, В. Г. Гизатуллина, В. С. Зайчик. – Гомель : БелГУТ, 1999. – 32 с.

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОПОЛИТИКИ И ЭКОНОМИКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНУЮ ОТРАСЛЬ В АСПЕКТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

О. В. КОРИШЕВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Транспорт с уверенностью можно образно назвать не только «кровеносной системой экономики», но и ее важнейшей «инфраструктурой», поскольку без возможностей всех видов транспорта и объединяющей их транспортно-логистической системы не возможен ни экономический рост, ни достижение экономической безопасности. Особенную роль в российской экономике и торгово-экономических отношениях играет железнодорожный транспорт, формирующий не только почти самые высокие показатели грузооборота, но и особый внутранспортный эффект развития не только как целых производств, но и территорий. При этом негативные последствия экономических спадов и иной нестабильности в первую очередь отражаются именно на транспорте, особенно, на железнодорожном, что не позволяет формировать достаточные финансовые резервы для реализации программ развития и строительства инфраструктуры [3]. Текущая экономическая ситуация с введением санкций и различных ограничений недружественными государствами в отношении России и Беларуси создала дополнительные вызовы и угрозы экономической безопасности не только Союзному государству, но и его транспортному комплексу. Существенное перестроение торгово-экономических связей из-за санкций вызвало необходимость перестройки существующих логистических маршрутов и цепочек, а также изменения в объемах перевозок товаров и грузов, напрямую отразилось в показателях деятельности транспортного комплекса.

По данным ОАО «РЖД», за период январь – июль 2022 года перевезено по российским железным дорогам 717 млн тонн грузов, что меньше на 3,2 % аналогичного показателя 2021 года (740,80 млн тонн) [1]. Почти все виды грузов показывают за данный период отрицательную динамику. Наибольшее падение наблюдается у следующих: лом черных металлов – снижение на 22,1 %; лесные грузы – на 20,1 %; зерно – на 11,8 %; кокс – на 9,0 %; руда цветная и серное сырье – на 6,9 %; удобрения – на 6,1 %; промсырье – на 5,9 %; каменный уголь – на 5,5 %. Увеличение объемов перевозок наблюдается за период январь – июль 2022 года по сравнению с аналогичным периодом 2021 года только у строительных грузов – рост на 2,9 %; остальных грузов – на 3,3 %; нефть и нефтепродукты – на 0,6 %; черные металлы – на 0,2 %. Тарифный грузооборот за отмеченный период увеличился на 0,8 % и составил 1533 млрд тарифных тонно-километров.

На снижение объемов перевозок оказывает влияние существенное сокращение экспортных перевозок, что связано с введением санкций и ответными действиям на них. Например, до конца 2022 года в России действует полный запрет на экспорт таких грузов, как круглые лесоматериалы, щепы и шпона в недружественные страны. По данным АНО «ИПЕМ», в мае 2022 года по сравнению с аналогичным периодом 2021 года железнодорожным транспортом перевезено экспортных грузов меньше на 13,6 %. Изменения по номенклатуре экспортных грузов представлены на рисунке 1.

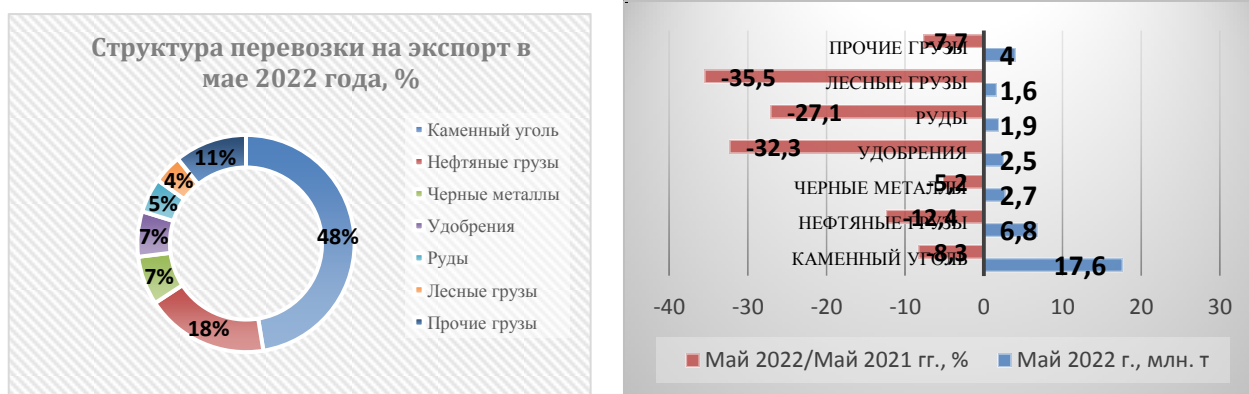


Рисунок 1 – Динамика перевозки экспортных грузов на железнодорожном транспорте [2]

Кроме лесных грузов наибольшее падение в перевозке на экспорт наблюдается у удобрений – падение более чем на 30 % по сравнению с прошлым годом. Причиной в этом случае является приостановка отправки удобрений через Прибалтику.

Отрицательная динамика наблюдается и по ключевому виду грузов для железнодорожного транспорта за последнее время – каменному углю. Изменение логистических цепочек по отправкам данного вида груза послужило причиной снижения отправок на экспорт. В апреле 2022 года поставки угля в Германию снизились более чем на 50 %, в Швейцарию снижение произошло более чем на 30 %. В то же время увеличение поставок угля отмечено в Китай – рост на 20 %, в Индию – увеличение более чем в два раза, в Турцию – рост более чем на 70 %. Для перевозки угля и иных энергетических грузов применяются смешанные виды перевозок, где участвуют и порты. Так, для доставки угля в Индию используются порты Северо-Запада, которые охватили отправку почти 80 % всего перевозимого угля. Несмотря на это, общий объем отправок на экспорт через порты и пункты пропуска Северо-Запада сократился до 12 млн тонн в июне 2022 года, или на 17,1 % по сравнению с июнем 2021 года. Также следует отметить снижение перевалки через российские порты таких видов грузов, как нефтепродукты (–16,1 % по итогам 2-го квартала 2022 года) и черные металлы (–17 % по итогам 2-го квартала 2022 года), а рост по такому грузу, как «нефть» (+11 % по итогам 2-го квартала 2022 года). Рост перевалки нефти может быть обеспечен, во-первых, из-за низких объемов перевалки за аналогичный период 2021 года, а во-вторых, из-за более широкого круга потребителей в ситуации изменения географии поставок (в отличие от нефтепродуктов). Однако на перспективу такое распределение энергоресурсов должно быть потенциальной угрозой экономической безопасности страны, так как только увеличение экспорта продукции перерабатывающей промышленности и высокотехнологичных товаров, а не превалирование сырьевых ресурсов в экспортной базе может быть настоящим «локомотивом» развития экономики и укрепления экономической безопасности.

Контейнерные перевозки по железным дорогам сохраняют отрицательную динамику. В июне 2022 года падение по сравнению с прошлым годом составило 4,8 %, в июле 2022 падение увеличилось до 7,7 % по сравнению с прошлым годом. Общая положительная динамика за первые 6 месяцев 2022 года – +1,5 %, вероятно, не сможет сохраниться до конца года, так как по итогам 7 месяцев 2022 года рост, по сравнению с прошлым годом, уже только +0,7 %. Наибольшее снижение наблюдается по контейнерным перевозкам машин, станков и двигателей – –23,8 % к июлю 2021 года; автомобилей и комплектующих – –46,0 % к июлю 2021 года; метизов – –23,6 % к июлю 2021 года; промышленных товаров – –22,0 % к июлю 2021 года. Напротив, наибольший рост показали за июль 2022 года, а также за январь – июль 2022 года химические и минеральные удобрения (+293,0; +120,1 % соответственно); нефть и нефтепродукты (+31,5; +6,7 % соответственно) и строительные грузы (+17,3; +16,8 % соответственно). Следует выделить, что столь высокий рост перевозок удобрений в контейнерах сформировался преимущественно за счет роста доли транзита удобрений из Беларуси. При этом транзит удобрений из Беларуси в КНР за июнь увеличился на 80 %, а за полгода – в 15,6 раза. Основной поток транзита порядка 90 % приходится на границу с Казахстаном. В перспективе ожидается рост белорусского транзита не только через погранпереходы, но и через портовые терминалы. Как известно, компания «Беларуськалий» заключила соглашение о перевалке 2 млн тонн с терминалами в Санкт-Петербурге и Владивостоке [2].

Произошедшие изменения в экономической и геополитической обстановке повлияли на трансформацию структуры контейнерных перевозок. За первое полугодие 2022 года выросли доли внутреннего сообщения и экспорта: +5,7 и +1,9 % соответственно, а доли импорта и транзита сократились на 2,4 и 5,2 % соответственно [2]. По прогнозам экспертов АНО «ИПЕМ», негативные тенденции по снижению погрузки на железных дорогах сохранятся, что будет формировать незадействованный парк вагонов и негативно отражаться на операторах вагонного парка и компаниях-производителях. Так, по оценкам ИПЕМ, за пять месяцев производство вагонов в РФ сократилось на 51,8 %, а реализация – на 15,9 % [2].

Таким образом, проанализированная ситуация и тенденции развития транспортного комплекса Российской Федерации показывают необходимость сохранения и реализации базовых принципов экономической безопасности даже в самые экономически нестабильные периоды, а также доказывают стратегическую значимость Союзного государства России и Беларуси.

### Список литературы

- 1 ОАО «РЖД» [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – Режим доступа : <https://company.rzd.ru/>. – Дата доступа : 22.09.2022.
- 2 На Северо-Западном направлении экспорт в июне снизился на 17,1 % – до 12 млн тонн [Электронный ресурс] / АНО «ИПЕМ». – Режим доступа : [http://ipem.ru/research/rail\\_transport/rail\\_presentations/371.html](http://ipem.ru/research/rail_transport/rail_presentations/371.html). – Дата доступа : 22.09.2022.
- 3 Соколов, Ю. И. Анализ текущего состояния и деятельности транспортного комплекса России в аспекте формирования национальной экономической безопасности / Ю. И. Соколов, О. В. Коришева // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Вып. 12. – С. 328–334.

УДК 347.21

## УПРАВЛЕНИЕ ДЕБИТОРСКОЙ ЗАДОЛЖЕННОСТЬЮ В СИСТЕМЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*А. В. КРАВЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

В современных экономических условиях дебиторская задолженность присуща всем предприятиям независимо от вида деятельности, исключением не являются и транспортные организации. Рост суммы дебиторской задолженности отрицательно сказывается на результатах деятельности предприятия, потому что, как правило, приводит к низкой возвратности или невозвратности средств предприятия и, как следствие, необходимости привлечения заемного капитала и управления им. Управление задолженностью предприятия требует квалифицированного управления, основанного:

- на формировании внутренней политики предоставления кредита для различных групп покупателей;
- анализе покупателей по срокам формирования задолженности, сумме обязательства;
- разработке контрольных мероприятий, направленных на своевременность взыскания задолженности и проведения работ по обеспечению ее возвратности.

Сложившаяся по объективным причинам централизованная система формирования и использования выручки от перевозок, а также регулируемая система последующих экономических отношений подразделений позволяют сделать вывод о том, что все решения, связанные с движением финансовых потоков, должны приниматься только на уровне Управления железной дороги.

Поэтому вопрос о том, на каком уровне управления при существующей организационной структуре железной дороги возможно возникновение и управление дебиторской задолженностью по платежам за перевозки, определяет следующие варианты:

- на уровне отделения железной дороги, непосредственно по информации отделенческого расчетного центра, который проверяет правильность формирования постанционной суммы выручки и последующее перечисление провозных платежей клиентами. На уровне отделения железной дороги есть возможность непосредственной работы с клиентурой по ликвидации долга за перевозки;
- на уровне предприятий дорожного подчинения, осуществляющих финансовую деятельность самостоятельно;
- на уровне управления железной дороги, где формируется основная договорная работа с клиентами и централизуется вся выручка от перевозок [1].

Дебиторская задолженность организаций железнодорожного транспорта формируется как на уровне управления, отделений, так и предприятий дорожного подчинения, что предполагает многоуровневую систему контроля, вызванного:

- негативной динамикой погашения задолженности;
- отсутствием поступления оплаты в течение сравнительно продолжительного периода времени;
- снижением платежеспособности организаций.

Это обуславливает необходимость организации эффективной системы контроля за состоянием расчетов, что является базой для дальнейшей кропотливой работы по взысканию задолженности по каждому дебитору.

Однако в отдельных случаях даже хорошо отлаженная система не может обеспечить взыскание суммы долга, что указывает на актуальность учета риска невозвратности средств и его страхования.

В международной и отечественной практике обозначенная проблема решается формированием резервов по сомнительным долгам.

Для целей бухгалтерского учета сомнительным долгом признается дебиторская задолженность, возникшая в результате реализации продукции, товаров, выполнения работ, оказания услуг, которая не погашена в срок, установленный договором или законодательством (если срок не установлен – в течение 12 месяцев с даты возникновения дебиторской задолженности), и не обеспечена соответствующими гарантиями [2].

Величина резервов по сомнительным долгам согласно требованиям постановления Министерства финансов Республики Беларусь «Инструкция по бухгалтерскому учету доходов и расходов» № 102 от 30.09.2011 определяется одним из следующих способов.

1 По каждому дебитору на основе анализа платежеспособности дебитора, возможности погашения им задолженности полностью или частично и других факторов.

2 По группам дебиторской задолженности на основе ее распределения по срокам непогашения. По данным инвентаризации дебиторская задолженность на конец отчетного периода распределяется по группам в зависимости от срока ее непогашения. Для каждой группы устанавливается коэффициент сомнительной задолженности группы. Распределение дебиторской задолженности по группам и установление соответствующих коэффициентов осуществляется исходя из информации, имеющейся за предыдущий период, который не должен превышать пяти лет.

3 По всей сумме дебиторской задолженности на основе выручки от реализации продукции, товаров, выполнения работ, оказания услуг за отчетный период и коэффициента сомнительной задолженности.

Резервы, сформированные в бухгалтерском учете в соответствии с требованиями Инструкции № 102, не уменьшают налогооблагаемую прибыль, поскольку это не предусмотрено налоговым кодексом [2].

Однако в связи со сложной системой финансового взаимодействия возникает вопрос об уровне, на котором должен быть создан резерв. Не менее важным является и вопрос о сумме дебиторской задолженности, принятой к расчету резерва по сомнительным долгам. Анализируя соотношение дебиторской задолженности предприятий железнодорожного транспорта, выяснили, что значительную ее часть составляют внутривозрастные обязательства, которые должны исключаться из расчета при формировании резерва по сомнительным долгам. Учитывая высказанное предположение, формирование резерва следует осуществлять на уровне управления или отделения дороги с применением третьего способа, а именно по всей сумме дебиторской задолженности на основе выручки от реализации продукции, товаров, выполнения работ, оказания услуг за отчетный период и коэффициента сомнительной задолженности.

В заключение следует отметить, что управление дебиторской задолженности в контексте формирования резервов по сомнительной задолженности на уровне управления железной дороги и отделений железной дороги является оптимальным способом повысить уровень достоверности бухгалтерской отчетности, поскольку позволяет отразить сомнительную дебиторскую задолженность в соответствии с реальной вероятностью ее получения, так как даже те предприятия, которые не формируют резерв, обязаны оценить объем задолженности, нереальной к получению.

#### Список литературы

1 Шатров, С. Л. Методические подходы к формированию и использованию резервов по сомнительным долгам в системе железнодорожного транспорта / С. Л. Шатров // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2014. – Вып. 7. – С. 68–76.

2 Инструкция по бухгалтерскому учету доходов и расходов : постановление Министерства финансов Республики Беларусь от 30 сентября 2011 г. № 102. – Минск, 2012.

УДК 338.2

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

*А. В. КРАВЧЕНКО, А. М. СТАРОВОЙТОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Проблемы обеспечения экономической безопасности и финансовой устойчивости получили в последнее время чрезвычайную актуальность, что связано не только с финансовым кризисом, ростом нестабильности, но и с глобализацией экономического пространства, приводящего к увеличе-



нию числа угроз в виде нестабильности финансовых рынков, аномальных вариаций цен на энергоносители, прежде всего на нефть, и т. д. В этих условиях хозяйствующие субъекты столкнулись с необходимостью принципиально новых подходов к обеспечению экономической безопасности и устойчивости своего развития.

Финансовое состояние традиционно считается ключевым фактором, обеспечивающим экономическую безопасность предприятия, поскольку оно отражает конечный результат работы хозяйствующего субъекта [1].

Финансовая устойчивость и экономическая безопасность предприятия неразрывно связаны между собой: они дополняют друг друга. Финансовая устойчивость выступает в качестве необходимого фактора обеспечения экономической и, следовательно, финансовой безопасности субъекта.

Отсюда и возникла необходимость проводить финансовый анализ, который позволяет оценить финансовое состояние предприятия, а также спрогнозировать его дальнейшее развитие на основе расчетов совокупности показателей ликвидности, финансовой устойчивости, платежеспособности, оборачиваемости и многих других.

С помощью данных показателей предприятие может выявить внутренние и внешние факторы, которые приводят к возникновению рисков, перерастающих в реальную угрозу экономической безопасности.

Под экономической безопасностью любой транспортной организации предлагается понимать способность организации обеспечить защиту своих экономических интересов и реализовывать самостоятельную экономическую стратегию.

Появление внутренних факторов угроз экономической безопасности непосредственно связано с самим транспортным предприятием и его деятельностью в области финансов, инвестиций, инноваций, транспорта и логистики. Их качество зависит от основных бизнес-процессов предприятия, а их влияние отражается на результатах его хозяйственной деятельности. К внутренним источникам экономической угрозы относят форму и качество организации управленческих процессов, степень соблюдения технологий и социальную сферу. В качестве примера таких угроз можно назвать разглашение конфиденциальной информации сотрудниками, низкую квалификацию персонала.

Внешние угрозы экономической безопасности транспортного предприятия связаны с внешней средой, действиями, происходящими за пределами предприятия. К их числу можно отнести, например, сложившуюся к определенному моменту времени конъюнктуру рынка пассажирских и грузовых перевозок. Частные проявления таких угроз связаны с хищением материальных ценностей посторонними лицами или действиями недобросовестных конкурентов.

Финансовая составляющая экономической безопасности транспортного предприятия характеризует его финансовую устойчивость, определяемую состоянием счетов предприятия, гарантирующим его постоянную платежеспособность. Именно поэтому оценка финансовой устойчивости является первым направлением в системе оценки экономической безопасности [2].

В общем виде уровень экономической безопасности транспортного предприятия определяется эффективностью использования всех видов ресурсов, включая:

- финансовый ресурс, определяемый не только количеством собственных средств, но и объемами заемного и привлекаемого финансирования;
- технико-технологический ресурс – технология производства, имущественный потенциал, оцениваемый наличием, структурой и технологическим уровнем основных производственных фондов;
- интеллектуально-кадровый ресурс – менеджеры, инженерный персонал, производственные рабочие и служащие с их знаниями и навыками работы, обеспечивающими достижение целей бизнеса;
- информационный ресурс – информация, касающаяся всех сторон деятельности предприятия, включая оценку состояния рынков, сведения финансово-экономического, научно-технического, технологического, социального характера;
- нововведения в методах организации и управления бизнесом, позволяющие предприятию адекватно реагировать на изменения внешней среды, эффективно планировать и осуществлять хозяйственную деятельность;
- правовой ресурс, включая нормативно-правовое обеспечение функционирования предприятия, а также права на использование патентов, лицензий, квот [3, с. 156].

Эффективность использования всех видов ресурсов обеспечивает высокое качество и конкурентоспособность перевозок.

Качественный уровень перевозки и ее конкурентоспособность в решающей степени зависят от технического и технологического уровня, что определяет значение технико-технологической составляющей экономической безопасности предприятия. Эта составляющая оценивается уровнем технического совершенствования средств труда и технологии производства. На транспорте в наибольшей степени вызывает тревогу структура и состав парка подвижного состава, его производительность, возможность комплексного регулирования вагонопотоков, степень механизации и автоматизации, провозная и пропускная способности транспортной сети.

Важнейшим фактором, обеспечивающим экономическую безопасность транспортного предприятия, являются его трудовые ресурсы. Достаточная обеспеченность предприятия нужными трудовыми ресурсами, их рациональное использование, высокий уровень производительности труда имеют непосредственное влияние на уровень и нейтрализацию угроз экономической безопасности.

Отдельное направление экономической безопасности предприятия – это управленческая составляющая. В аспекте обеспечения экономической безопасности это направление предусматривает не только оценку работы структур управления, их состав и соподчиненность, оперативность и согласованность управленческих решений, но и рациональное построение корпоративной организационной и производственной структуры, а также информационно-правовое обеспечение процессов документального сопровождения и управления [1].

Стоит отметить, что для своевременного выявления и нейтрализации угроз экономической безопасности транспортное предприятие должно постоянно обеспечивать условия для повышения эффективности основных функциональных областей своей деятельности, в том числе непрофильных и вспомогательных.

Обобщая вышесказанное, отметим, что оценка финансового состояния и экономической безопасности предприятий железнодорожного транспорта отлична от общепринятых методик ввиду особенностей финансового взаимодействия и финансирования, поэтому рассмотренные выше уровни оценки экономической безопасности должны быть модифицированы и направлены больше на оценку ресурсов и потенциала нежели на рассмотрение финансового направления.

#### Список литературы

1 **Ершов, Ю. О.** Повышение финансовой устойчивости как фактор экономической безопасности предприятия / Ю. О. Ершов, С. А. Поваров // Молодой ученый. – 2022. – № 19 (414). – С. 178–180. – Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/414/91435/>. – Дата доступа : 19.09.2022.

2 **Орлик, О.** Финансово-экономическая безопасность предприятия и принципы ее обеспечения / О. Орлик // WIRTSCHAFT UND MANAGEMENT: THEORIE UND PRAXIS (Nürnberg, 26 сентября 2014 г.). Verlag SWG imex GmbH [Электронный ресурс]. – 2014. – С. 286–291. – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=23798245>. – Дата доступа : 19.09.2022.

3 Экономическая безопасность: теория, методология, практика / под науч. ред. П. Г. Никитенко, В. Г. Булавко // Институт экономики НАН Беларуси. – Минск : Право и экономика, 2017. – 394 с.

УДК 338.23:004(045)

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВВЕДЕНИЯ САНКЦИЙ

*Н. А. КРУТОВА*

*Самарский государственный технический университет, Российская Федерация*

*А. Н. КРУТОВ*

*Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С. П. Королева,  
Российская Федерация*

*О. В. ИВАНЧИНА*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Ввод санкций на ввоз в Россию оборудования для IT-рынка способен оказать огромное негативное влияние на уровень экономической безопасности страны. Имеющиеся в пользовании техника и специальные лицензии продолжают работать и выполнять свои функции, но со временем они устареют и перестанут соответствовать запросам специалистов.

Политика импортозамещения значительно смягчила последствия ухода ряда компаний с рынка, (их доля на рынке значительно сократилась к концу 2021 года) и позволила решить проблему обеспечения экономической безопасности страны. Доля компании Microsoft на конец 2021 года составила 14,5 %, а доля компании SAP – 11 %. Однако многие крупные компании к концу 2021 года продолжали использовать импортный софт. Например, компания «Аэрофлот» – для них сложнее всего отказаться от таких программ, как SAP и Oracle. Также «Российские железные дороги» и «Транснефть» имеют очень серьёзную зависимость от иностранных решений в ключевых бизнес-процессах компании. Таким образом, по плану доля российского софта, который используют госкомпании, должна была составить к концу 2021 года 50–70 %, но по факту составила 30–35 % [1].

Степень независимости в области промышленного программного обеспечения к 2024 г. должна составить 60 %. Для реализации данного плана было выделено 17,7 млрд руб. [2]. Средства пойдут на подготовку кадров, которые способны внедрять и эксплуатировать отечественное промышленное программное обеспечение, создание полигона для тестирования новых решений, создание распределённой сети испытательных лабораторий верификации, валидации и апробации промышленного программного обеспечения и т. д.

В марте 2022 года прошло заседание Комитета НОСТРОЙ по жилищно-гражданскому, промышленному строительству, в ходе которого обсуждались вопросы развития цифровизации отрасли, а также нормативно-правовой базы строительства.

В ходе заседания были представлены опросы ИС, на основании которых выяснилось, что российское программное обеспечение занимает третье место среди всего используемого программного обеспечения в строительной области. Также была представлена новая отечественная разработка BIMAR SYSTEM.

В системе образования очень многие пользуются продуктами Microsoft и работают с программным обеспечением под управлением ОС Microsoft Windows. Так как компания Microsoft отказалась продавать новые лицензии, а у старых срок подходит к концу, также возникает необходимость в переходе на российские разработки.

Для замены непосредственно продуктов Microsoft, таких как Word, Excel, Power Point были созданы отечественные пакеты программ МойОфис и Р7-офис. Пакет продуктов MS Office разработан для более широкого круга лиц, чем пакеты программ российского производства. MS Office предлагал три тарифа для частного использования дома. При этом в основе каждого пакета программ были три основные: Word – для работы с документами, Excel – для работы с таблицами, PowerPoint – для работы с презентациями. Это одно из основных достоинств MS-Office. Пакеты программ МойОфис предлагают один тариф для домашнего использования, который позволяет работать только с документами и таблицами, работать с презентациями можно только с тарифом Образовательный, который могут оформить образовательные учреждения. Пакет программ Р7-офис также имеет только один тариф для домашнего использования.

Банковская сфера с 2021 года совершает плавный переход на российские аналоги оборудования и софт. Однако данное решение весьма сложно осуществить из-за высокой доли импортного оборудования, которое составляет 90 %. Переход на отечественные аналоги требует огромных денежных затрат. Банки, которые по своим финансовым показателям находятся во второй и третьей сотне, не имеют возможности осуществления такого перехода. Они нуждаются в финансировании и большем сроке для плавного перехода на отечественные решения без нанесения ущерба для своей деятельности.

Минимальная денежная сумма, необходимая для совершения замены оборудования для всего финансового сектора составляет 700 млрд рублей [3]. Это первоначальная оценка, которая в процессе поменяется и расходов нужно намного больше.

В области медицины по мнению экспертов используется около 85 % импортного оборудования [4]. Медицинскую аппаратуру в основном везут из США, Европы, Китая, Японии. Эксперт по обороту медицинских изделий Николай Крючков заявляет о высокой вероятности замедления вывода нового оборудования из США и стран Европы на рынок России, а также повышение цен. Многие компании по производству медицинских изделий планируют увеличить цены в общей сложности на 10–15 %. Следовательно, и цены на медицинские услуги пропорционально возрастут, что отрицательно скажется на экономической безопасности России.

Несмотря на усилия центра компетенций по импортозамещению в сфере ИКТ у России до сих пор не получается добиться успеха и полноценно перейти на отечественные программные продук-

ты. Процессу импортозамещения будет препятствовать недостаточный объем внутреннего производства и низкое качество продукции, к тому же для многих видов оборудования в России просто нет аналогов. Многие отечественные программные устройства не соответствуют международным стандартам и требованиям безопасности. Для введения нового оборудования и программного обеспечения компаниям придется понести большие расходы. Также многие эксперты в качестве препятствия развития импортозамещения отмечают кадровый голод. Нехватка квалифицированных кадров в ИТ-сфере затрудняет процесс разработки, совершенствования и внедрения программной продукции. На последнем пленарном заседании «Государственной политики стимулирования и поддержки развития отечественной ИТ-отрасли» заместитель директора департамента стимулирования спроса на радиоэлектронную продукцию Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ Сергей Гурулёв заявил, что одной из приоритетных задач остаётся возвращение квалифицированных кадров и привлечение их в страну.

Директор департамента вычислительных систем Step Logic Сергей Каплий, отмечает, что важно осуществлять процесс импортозамещения во всех элементах ИТ-инфраструктуры, которые взаимозависимы. В данный момент рынок испытывает потребность в отечественных высокопроизводительных центральных процессорах, которые смогли бы решить многие задачи в серверном сегменте и сегменте СХД, но таких предложений пока нет.

Иностранные ИТ-продукты интегрированы во все экономические отрасли страны. Их отсутствие из-за санкций окажет негативное влияние на производственные и управленческие процессы любой отрасли экономики. Пока на рынке не появятся отечественные конкурентоспособные производители электроники и процессоров, нельзя говорить о какой-либо независимости в ИТ-сфере, а следовательно, и процесс импортозамещения будет носить частичный характер, который потребует больших кадровых, финансовых и временных ресурсов.

#### Список литературы

- 1 **Балашова, А.** Импортозамещение программ отстало от программы // Технологии и медиа [Электронный ресурс]. – 2021. – № 202(3491). – Режим доступа : <https://www.rbc.ru/newspaper/2021/12/28/61c21e289a79479e8562641b>. – Дата доступа : 27.07.2022.
- 2 **Исакова, Т.** Российскую промышленность срочно избавят от иностранного ПО // Ведомости / Технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2021/07/27/879777-rossiiskii-soft-promishlennosti>. – Дата доступа : 27.07.2021.
- 3 **Шевченко, М. А.** Сколько стоит импортозамещение ИТ в банках и почему это сложно? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://asros.ru/news/opinions/skolko-stoit-importozameshchenie-it-v-bankakh-i-pochemu-eto-slozhno/>. – Дата доступа : 04.03.2021.
- 4 **Машин, Д.** Медицина, общепит и ИТ: как отечественный рынок готов к импортозамещению? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rb.ru/opinion/startups-in-different-industries/>. – Дата доступа : 31.03.2022.

УДК 656.6

## ПОЛИМОДАЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА УЧАСТИЯ ДНЕПРОВСКОЙ ФЛОТИЛИИ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

*П. В. КУРЕНКОВ, А. А. ЗАХАРОВ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Верховное главнокомандование СССР приняло решение на проведение Берлинской наступательной операции. Советское командование планировало мощными ударами трёх фронтов (1-го и 2-го Белорусских и 1-го Украинского) взломать немецкую оборону по рекам Одра и Нейсе, уничтожить берлинскую группировку и, выйдя к Эльбе, соединиться с войсками союзников. С воды завершающую стратегическую операцию советских войск поддерживали корабли балтийского флота и катера Днепровской военной флотилии – единственной частью ВМФ СССР, участвовавшей в штурме Берлина.

В 1943 году мощный оборонительный рубеж Вермахта – Восточный вал – проходил по рекам Сож, Молочная, Днепр. Лесисто-болотистая местность затрудняла продвижение советских войск, а топкие участки и слабо развитая дорожная сеть сковывали маневр тяжелой техники. Ввиду предстоящего мощного наступления летом 1943 года советское командование решило использовать реки как дороги.

14 сентября 1943 года приказом наркома военно-морского флота была воссоздана Днепровская военная флотилия, и возглавил её капитан первого ранга Виссарион Виссарионович Григорьев. Соединение формировали под Сталинградом, комплектование шло сложно, техники не хватало, из состава Волжской флотилии Днепровцы получили всего 18 бронекатеров.

Первые годы войны показали, что «речные танки» (так называла наши бронекатера пехота) могут многое, а при высадке в глубоком тылу противника они и вовсе незаменимы. Высокую скорость и маневренность дополняла внушительная огневая мощь. Вот как об этом вспоминал командующий Григорьев: «Изучив театр боевых действий испещренной сетью рек, я понял, какая важная роль отводилась флотилии в предстоящем наступлении» [1].

Большой проблемой для кораблей становилось намеренное загрязнение рек большими обломками мусора, а также заминирование. Даже после очистки завалов оставалась опасность сплава мин по течению рек.

К 12 ноября 1943 года по железной дороге к станции Пироговка прибыли эшелоны с катерами. В короткие сроки была построена 800-метровая железнодорожная ветка от станции к берегу Десны, от которой был сооружен деревянный склиз для спуска катеров с платформ на воду.

Бронекатера оснащались артиллерийским оружием, что позволяло уничтожить минометные батареи и большое количество живой силы противника. Благодаря скорости катеров доставка стрелковых рот в глубокий тыл увеличивала скорость продвижения наступательной операции, что уменьшало количество жертв со стороны Советского Союза.

Говоря о роли водного транспорта, нужно уточнить, что из-за дождливой погоды вода на перекатах таких рек, как Березина, могла подниматься на 1,5 метра. Советские войска не могли форсировать реку вброд, поэтому до Григорьева дошёл приказ обеспечить переправу. За 36 часов под бомбёжкой Днепровцы перебросили через реку несколько десятков тысяч солдат и офицеров, что помогло сохранить темп наступательной операции.

На Березине речные танки сыграли важную роль в разгроме немецкой группировки, но обозначился и ряд проблем, главная которых невысокая броневая защита катеров. Благодаря развитию промышленности на фронт отправлялись новые улучшенные катера, которые были оснащены башнями знаменитых Т-34 и могли лучше поддерживать пехоту огнём.

Освобождение Белоруссии продолжилось в направлениях Пинска, который удалось вернуть благодаря созданию котла из-за тыловых операций с реки. Изначально флотилия была сформирована именно в этом городе, она была уничтожена, но сыграла значительную роль в задержании противника. Поэтому именно успешность этой операции повысила боевой дух солдат водного военного транспорта.

По плану из Днепровского бассейна нужно было выйти на Висленский, однако немцы разрушили Днепровско-Бугский канал, чем остановили «речные танки». Командующий 1-м Белорусским фронтом не мог допустить потери такой поддержки, поэтому приказал переправить флотилию по железной дороге. После выгрузки катера сели на мель из-за того, что река ещё больше осела, поэтому нужно было найти способ выйти на большую воду. Силами солдат с катеров был разгружен боеприпасы и топливо. Однако этого не хватало, и на помощь приходили трактора, которые волоком тащили корабли, чтобы успеть переправить поддержку в срок (рисунок 1).

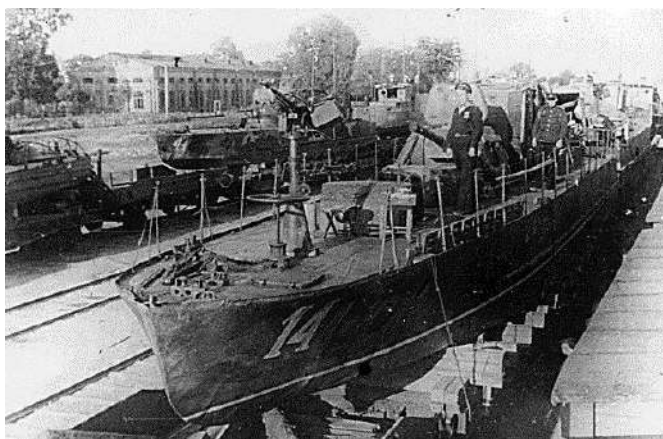


Рисунок 1 – Транспортировка катеров Днепровской флотилии по железной дороге

Во второй половине марта 1945 года корабли флотилии совершили 500-километровый переход по Висле, Бромбергскому каналу, рекам Нетце и Варта и сосредоточились у города Кюстрина для подготовки к штурму Берлина [2].

17 апреля армии Советского Союза начали наступление. В районе Румильсбурга река разлилась на 350 метров, мостов не было, но Днепровцы уже были на месте, переправу катера развернули сходу, обеспечив переброску передовых подразделений. Но едва первые суда отошли от берега, начался обстрел.

Наиболее тяжелой задачей оказалось форсирование реки Шпрее с её высокими бетонными берегами. На западном берегу немецкие солдаты выгрузили из бронетранспортера предметы, похожие на баллоны с отравляющим газом. Концентрация частей на этом участке предельная. Танки и артиллерию применять нельзя – могли взорваться баллоны. Оставалось атаковать с воды. Экипаж уничтожил из крупнокалиберных пулемётов группу немцев, прикрылся дымом и вышел из боя без потерь.

В мае 1945 года флаги Днепровской военной флотилии развивались на фоне поверженного Рейхстага. Последней боевой задачей этой войны стало разминирование русла Шпрее (рисунок 2).

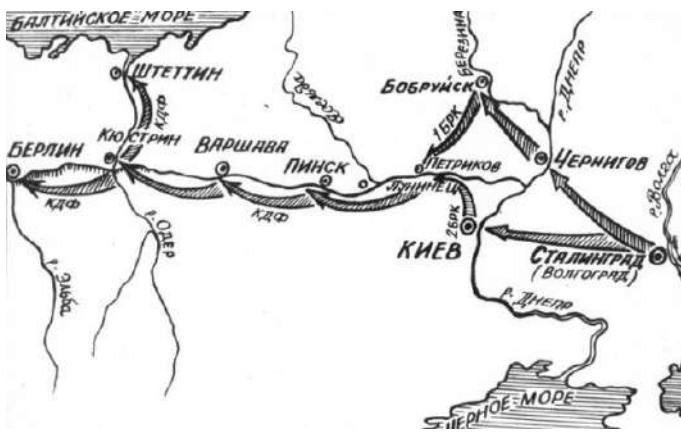


Рисунок 2 – Боевой путь Краснознаменной ордена Ушакова I степени Днепровской военной флотилии

Днепровская флотилия прошла вместе с наступающими армиями боевой путь протяженностью в несколько тысяч километров от Волги до Шпрее, переходя с одного бассейна на другой, обеспечивая решающую помощь армиям при выполнении боевых задач. Когда же между этими бассейнами не было водного пути, то сотни боевых кораблей и тысячи тонн боевого снаряжения приходилось перебрасывать по железной дороге. Лишь с Вислы на Одер и на Шпрее корабли Днепровской флотилии прошли своим ходом. Это доказывает важность сотрудничества разных видов транспорта для достижения общей цели в годы ВОВ.

#### Список литературы

- 1 ВМФ СССР. Хроника победы. 8. Днепровская флотилия (2012) // Дорога – документальное кино. – Режим доступа : <https://goroga.ucoz.ru>. – Дата доступа : 18.09.2022.
- 2 Героической Днепровской флотилии – 100 лет. Днепровская флотилия: судьба как подвиг // СБ БЕЛАРУСЬ СЕГОДНЯ. – Режим доступа : <https://www.sb.by>. – Дата доступа : 18.09.2022.

УДК 339.545

## ПРОБЛЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЛОГИСТИКИ В РАЗРЕЗЕ ВОЕННО-ПОЛИТИЧЕСКОГО КРИЗИСА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*П. В. КУРЕНКОВ, А. А. ЗАХАРОВ, С. Э. ХАЧАТРЯН*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Несмотря на проведение специальной военной операции, газ по трубе в Европу идёт исправно. ПАО «Газпром» осуществляет подачу российского газа для транзита через территорию Украины в объеме, подтвержденном украинской стороной через ГИС «Суджа», – 41,7 миллиона кубометров на 2 октября. Для транзита российского газа в Европу остался только один вход – газораспределительная станция «Суджа», так как украинская сторона прекратила транзит газа в Европу через газораспределительную станцию «Сохрановка» в Луганской области из-за наступления форс-мажорных обстоятельств. Этот парадокс можно называть гибридным конфликтом.

Трубопроводный транспорт держит высокий уровень экспорта и приносит в бюджет РФ значительную сумму денег. В это же время военно-политический кризис оказал большое влияние на всю остальную отрасль перевозок.

Первой из главных проблем кризисной ситуации в отрасли можно назвать отказ от регулярной работы крупнейшими контейнерными линиями. Они продолжают работать, но в меньших объемах. Две крупнейшие линии практически свернули свою деятельность – только вывозят и стараются компоновать в определённые европейские порты, чтобы не подставлять контейнеры под санкции. Это приводит к закрытию главной экспортно-импортной базы – Санкт-Петербурга, через который шла вся перевозочная работа для западной части РФ.

Второй проблемой является перекрытие западных границ РФ. Работа на автомобильных международных перевозках никогда не была рутинной, однако именно сейчас возникают проблемы, которые подвергают транспортные компании риску банкротства. Так, на пограничных пунктах России с Эстонией грузовые автомобили задерживаются более чем на 6 дней и образуют пробку длиной в 1000 машин.

Сразу после начала спецоперации на Украине белорусско-польские границы были заблокированы активистами, что привело к приостановлению грузовых перевозок с Востока в Европу. В связи с несоблюдением действующих законов Беларусь была вынуждена ввести санкции против польских перевозчиков. Например, Компания «ARTEX-транспорт», которая уже 30 лет работает на рынке транспортных услуг, несмотря на длительное сотрудничество, вынуждена поменять схему перевозок в Россию. Раньше автомобили проезжали через Беларусь, сегодня польские грузовики могут заехать в страну не больше чем на 50 км и только тогда, когда они привозят товары первой необходимости. Если захотят дальше на Восток, придётся перегружать товар на другие фуры, в Беларуси.

Теперь просто спланировать логистику недостаточно. Нужно чётко предсказать, сколько бензина нужно залить в машину, потому что когда его слишком много, машина на границе перегружена, а когда мало – у водителя, который стоит в очереди, иногда по нескольку дней, тоже могут быть неприятности. Водителю время от времени надо заводить машину, чтобы согреться или, наоборот, охладить скоропортящийся товар, а это увеличивает износ, кроме того, растут цены. Чтобы перевозка была прибыльной, транспортная компания должна брать больше денег за доставку грузов. Любая компания, которая хочет жить, вынуждена поднять цены даже на несколько десятков процентов, потому что иначе бизнес просто не окупится.

Убытки заоблачные, потому что кроме разрыва долгосрочных контрактов не стоит забывать про внесение предоплаты за товары, которые теперь не могут привезти. Кроме того, блокировка счетов означает, что даже если груз доставили и реализовали, деньги за груз останутся замороженными.

В сумме эти две проблемы по приблизительным подсчетам «отрезали» у населения страны порядка 12,12 млн тонн в годовом отчислении. Всё это дорогие, нужные, полезные грузы от товаров народного потребления до различных комплектующих для всех видов производства запчастей, химии, тонкой химии и т. д. Значительное число производств на сегодняшний день занято тем, что ищет новых поставщиков и новые каналы поставок для продолжения производств, для сохранения рабочих мест.

Необходимо искать альтернативную логистику и контрактную систему с Европой. Для этого предлагается создавать обзорные центры в Северной Африке, Турции, Израиле и торговать через них, тем самым обезличивать экспорт и импорт для того, чтобы завозить его без санкций и риска для наших заграничных партнёров. Уже сейчас становится заметно, что многие партнёры возобновили перевозки через Новороссийск. Возобновление работы Санкт-Петербурга с заходом в европейские порты будет решением проблемы, но возникает вопрос: как люди построят контрактную схему, ведь контроль и со стороны Еврокомиссии и со стороны Госдепартамента США за всеми исполнениями санкций очень жесткий?

Запрет на заход в европейские порты распространяется по-разному. Так, у американцев это контроль и за судами, построенными Россией, и за флагом, а у европейцев – только за флагом. Проблема во флаге решается достаточно просто, есть несколько альтернативных флагов, несколько альтернативных схем по судовладению, по регистрации в других юрисдикциях. Перевод флага с существующих судов на текущий момент недоступен, так как за этим ведется контроль, однако можно брать новую технику «из-под других флагов» и использовать её.

По сравнению с 2020, в 2021 году объём российского экспорта увеличился вдвое и составил, почти 500 млрд дол. В Китай, Нидерланды, Германию и Турцию Россия экспортировала, главным образом, минеральное сырьё, нефть и продукты, газ и железную руду, а также химическую продукцию и удобрения. До недавнего времени страны ЕС, Китай и Турция ежегодно наращивали покупки российского продовольствия, кисломолочной продукции подсолнечного масла, пшеницы и кукурузы. Среди этих импортёров – Египет, который закупал зерно, злаки, семена и лекарственные растения. Бразилия, Казахстан и Финляндия приобретали российские удобрения, а также необходимые для них аммиак и углерод. Ещё один крупный импортёр – Великобритания, которая активно заку-

пала российские драгоценные металлы, в основном золото. Важная статья нашего экспорта – радиоактивные, химические элементы – изотопы. Из России на мировой рынок поступает треть всего обогащённого урана, при этом основным покупателем этого ценного металла выступают США. А практически каждый бой оснащён деталями нашего титана.

Что касается российского импорта, то в прошлом году, по сравнению с предшествующим ему, он увеличился на четверть и составил почти 300 млрд дол. Россия закупает за рубежом, главным образом машины, высокотехнологическое оборудование, транспортные средства, фармацевтическую продукцию и текстиль – большую часть из Китая, откуда идёт четверть всех ввозимых товаров. При этом 6 % всего импорта приходится на США, где мы покупаем фармацевтическую продукцию, двигатели, а также измерительные приборы. А среди европейских стран-импортёров до недавнего времени выделялись Германия, Франция, Италия и Польша.

Таким образом, сложившаяся ситуация непосредственно влияет на экономику Российской Федерации через кризис на рынке транспортных наземных услуг. Деятельность как российских компаний, так и их зарубежных партнеров заключается в поиске или создании новых логистических коридоров для снижения риска попадания под санкции со стороны правительств недружественных стран.

#### Список литературы

1 «Газпром» подает газ для Европы через Украину в объеме 41,7 млн куб. м через «Суджу» // ТАСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tass.ru/ekonomika/15932205>. – Дата доступа : 03.10.2022.

2 **Куренков П.В.**, Котляренко А.Ф. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении: экономика, логистика, управление / П. В. Куренков, А. Ф. Котляренко. – Самара : СамГАПС, 2003. – 636 с.

3 **Куренков, П. В.** Логистика импортозамещения в промышленности и на транспорте в условиях экономических санкций / П. В. Куренков, А. А. Сафронова, С. Э. Хачатрян // Логистика – евразийский мост : материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 27–30 апреля 2022 г. – Красноярск : КрасГАУ, 2022. – С. 152–157. – EDN DFBTVQ.

4 **Куренков, П. В.** Роль и значение транспортного комплекса России в системе мировых коммуникаций / П. В. Куренков, С. Б. Левин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – № 1. – С. 4–9. – DOI : 10.36535/0236-1914-2022-01-1. – EDN HQZZEI.

УДК 656.073.235+06

## БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ ПРИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ НА ЮГЕ РОССИИ

*П. В. КУРЕНКОВ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

*И. А. СОЛОП, Е. А. ЧЕБОТАРЕВА*

*Ростовский государственный университет путей сообщения,  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

Мировая тенденция увеличения мобильности товарообмена ставит перед транспортной отраслью задачи совершенствования технологии перевозки, оказания комплексных транспортно-логистических услуг. Комплексный подход в предоставлении транспортно-экспедиционных, складских, финансовых, организационных, информационных услуг обеспечивает конкурентные преимущества крупных операторов перед узкоспециализированными транспортными предприятиями. Поэтому компании, входящие в холдинг ОАО РЖД, ее дочерние и зависимые общества в своей деятельности ориентированы на диверсификацию транспортно-логистических услуг.

В последние десятилетия операторы и грузовладельцы фиксируют рост спроса на железнодорожные перевозки грузов в контейнерах. Грузовой железнодорожный транспорт составляет значительную часть рынка грузовых перевозок России, что объясняется особенностью географии, сырьевым укладом экономики и низким уровнем развития инфраструктуры для автомобильного и водного транспорта. Глобальный объем рынка морских контейнерных перевозок ежегодно наращивает свои объемы, например, в 1999 году составил 60 млн TEU (ДФЭ, эквивалент 20-футового контейнера), а в 2019 году – 169 млн TEU.

В качестве полигона исследования выбран Юг России, железнодорожная инфраструктура которого связывает Центрально-Чернозёмный и Московский промышленные районы с республиками,



краями и областями Северного Кавказа, портами Азовского, Черного, Каспийского морей, а через них происходит связь со странами Западной Европы, Ближним и Средним Востоком. Особенностью транспортной системы Юга России является ориентированность на экспортные перевозки грузов с их перевалкой в морских портах Азово-Черноморского бассейна (АЧБ), сохранение стабильного роста их объемов на протяжении последних десятилетий.

Если рассматривать динамику последних лет, то перевозка контейнеров по сети железных дорог России по итогам 2019 года увеличилась на 12,3 % относительно 2018 года, до 4,99 млн TEU. По данным ОАО «РЖД», за первые девять месяцев 2020 года по сети РФ во всех видах сообщения перевезено более 4,2 млн грузёных и порожних контейнеров ДФЭ. Контейнерооборот портов Азово-Черноморского бассейна РФ по итогам 2019 года вырос на 1,4 %, по сравнению с 2018 годом, до 779,91 тыс. TEU.

Компании, входящие в холдинг ОАО «РЖД», активно наращивают свои позиции с точки зрения расширения комплексности логистических услуг для организации контейнерных перевозок. Например, ООО «Контейнерный терминал “НУТЭП”» – современный контейнерный терминал компании «ДелоПортс», осуществляющий перевалку контейнерных, генеральных и Ро-Ро грузов в порту Новороссийск. Пропускная мощность терминала – 700 000 TEU в год. Клиентами «НУТЭП» являются крупнейшие мировые контейнерные линии.

Проведенный выше анализ продемонстрировал, что объем рынка контейнерных перевозок в границах Северо-Кавказского макрорегиона показывает положительную динамику.

ОАО «РЖД» через систему фирменного транспортного обслуживания активно внедряет ряд проектов, направленных на привлечение дополнительных объемов контейнерных грузов, за счет предложения партнёрам эффективных логистических решений с использованием железнодорожного транспорта. Например, в августе 2019 года открыт новый контейнерный сервис из Краснодара в Китай по сухопутному маршруту Краснодар-Сорт. – Наушки. Отправлено более 1 тысячи тонн (41 контейнер) растительного масла.

Если рассматривать географию курсирования регулярных контейнерных поездов на Юге России, то основные их направления входят в систему международных транспортных коридоров.

Важным моментом в современной технологии организации контейнерных перевозок является обеспечение неразрывности логистической цепочки: начиная с контрактов с грузоотправителями и заканчивая непосредственно организацией доставки на всех ее этапах. Для определения направлений развития бизнеса ОАО «РЖД» выполнен SWOT-анализ системы сбыта услуг в транспортно-логистическом блоке холдинга ОАО «РЖД», который также позволил выявить ряд причин неэффективной работы (рисунок 1).

<p style="text-align: center;"><b>Сильные стороны</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Наличие подразделений во всех регионах сети.</li> <li>2 Развитая информационная платформа.</li> <li>3 Решение о создании единой CRM-системы в холдинге «РЖД» для координации предоставления комплексных транспортно-логистических и терминально-складских услуг, обеспечения мониторинга удовлетворенности клиентов.</li> <li>4 Разрабатывается единый каталог услуг</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Слабые стороны</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Отсутствие консолидированного маркетингового планирования.</li> <li>2 Отсутствие стандартизированных сквозных процессов оказания основных услуг, связанных с перевозкой грузов, контейнеров.</li> <li>3 Отсутствие утвержденных приоритетов в обслуживании потребностей рынка исходя из коммерческих интересов Компании и ограниченных возможностей инфраструктуры</li> </ol>
<p style="text-align: center;"><b>Возможности</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Координация и кооперация бизнес-единиц ОАО «РЖД».</li> <li>2 Устойчивый платежеспособный спрос на комплексные услуги.</li> <li>3 Опережающий спрос на транспортно-логистические услуги 3 и 4/PL.</li> <li>4 Проведение скоординированной маркетинговой и тарифной политики на рынке транспортных услуг, обеспечивающей долгосрочное и взаимовыгодное партнерство бизнес-единиц холдинга</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>Угрозы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Усиление конкуренции со стороны автотранспорта и логистических компаний.</li> <li>2 Снижение рентабельности продаж.</li> <li>3 Переход приоритетов ОАО «РЖД» с коммерческо-сбытовой на операционную деятельность.</li> <li>4 Сдерживание коммерческого вектора со стороны регуляторов</li> </ol>

Рисунок 1 – SWOT-анализ системы сбыта услуг в транспортно-логистическом блоке ОАО «РЖД»

Безусловно, внутри системы будет расти конкуренция как между операторами, так и внутри самой компании ОАО «РЖД» за право работать с клиентами. Поэтому необходимым направлением развития железнодорожного контейнерного сегмента является повышение маршрутной скорости контейнерных поездов.

Основной потенциал развития контейнерных перевозок на Юге России связан с привлечением на российский транспортный рынок (в том числе на железную дорогу) международных контейнерных грузопотоков, инфраструктурные и технологические предпосылки для выполнения этой задачи есть. Комплексную транспортную услугу, как и вопросы эффективности логистических и транспортно-технологических процессов следует рассмотреть во всех областях межотраслевого взаимодействия и экономики предприятий. Драйвером развития комплексной транспортной услуги должны стать дальнейшие работы по цифровизации транспортной отрасли, развитию электронного документооборота.

#### Список литературы

- 1 **Vakulenko, S. P.** On the issue of Transportation of large-capacity Containers in universal rolling stock / S. P. Vakulenko [et al.] // Transport: Science, Technology, Management. Scientific information collection. – 2020. – No. 11. – P. 17–20. – DOI : 10.36535/0236-1914-2020-11-3.
- 2 **Kurenkov P. V.** Modeling the topology of interaction of transport market entities through various types of flows / P. V. Kurenkov // Socio-economic and Humanitarian Journal of the Krasnoyarsk State Agrarian University. – 2020. – No. 2 (16). – P. 79–92. – DOI : 10.36718/2500-1825-2020-2-79-92.
- 3 **Kurenkov, P. V.** Prospects for maritime transport in the global economic system / P. V. Kurenkov [et al.] // Transport: Science, technology, management. Scientific information collection. – 2020. – No. 11. – P. 3–9. – DOI : 10.36535/0236-1914-2020-11-1.
- 4 Digital optimization of container routes / P. V. Kurenkov [et al.] // Transport: science, technology, management. Scientific information collection. – 2019. – No. 9. – P. 21–36. – DOI : 10.36535/0236-1914-2019-09-4.

УДК 656.2:003

### РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

*О. В. ЛИПАТОВА, Е. И. ГОРЛЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Т. И. ЖЕЛУДКОВИЧ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

В современном мире система управления железнодорожным транспортом – это сложная система процессов, функционирующая в рамках организационной структуры по реализации функций планирования, исполнения и контроля.

На предприятиях железной дороги применяется функциональный подход в управлении. Он предполагает распределение всех обязанностей на функциональных руководителей разнопрофильных предприятий, что связано с особенностями финансовых взаимоотношений в системе. Процессный подход к управлению представляет собой изменяющиеся во времени и связанные между собой управленческие функции, целью которых является решение проблем и задач организации, а также описание производственных процессов.

Суть процессного подхода состоит в применении для управления деятельностью и ресурсами организации системы взаимосвязанных процессов.

Данный подход следует определить как подход к организации, который основан на рассмотрении его бизнес-процессов и их выделении, где каждый из бизнес-процессов протекает во взаимосвязи с другими бизнес-процессами предприятия или внешней средой.

При внедрении процессного подхода на предприятиях выделяют ряд проблем различного характера.

1 Проблема оценки результата. Многие руководители ждут от проектов по внедрению процессного подхода быстрых и конкретных результатов, однако данный процесс носит длительный характер и может занять несколько лет, а на результаты деятельности влияют как внутренние, так и внешние факторы, поэтому измерить эффективность внедрения подобных проектов достаточно трудно.

2 Проблема прозрачности. Предприятия не всегда могут предоставить документацию, необходимую для описания бизнес-процессов.

3 Проблема целеполагания. Зачастую руководители ставят перед своими подчиненными либо нечеткие, либо вовсе некорректные цели по внедрению процессного подхода.

4 Проблемы управления. Руководители в своем большинстве не обладают достаточным уровнем квалификации для перехода к процессному управлению и в целом отрицательно относятся к подобным изменениям внутри организации.

5 Проблемы методики и моделирования. Зачастую на предприятии отсутствуют стандарты по описанию и регламентированию бизнес-процессов, а построенные модели попросту не работают. Выбрать же эффективную методику и инструменты совершенствования процессов достаточно сложно.

Актуальным вопросом является развитие системы управления в локомотивном хозяйстве на основе процессного подхода. Для его решения необходимо внедрить концепцию бережливого производства в систему управления.

Таким образом, основной целью является внедрение концепции и анализ экономической эффективности целесообразности использования системы процессов, а задачей «бережливого производства» является сокращение процессов и операций, а также потерь. Поэтому необходимость разработки данной концепции, а также технологии бережливого производства связана с усилением конкуренции на транспортном рынке в регионе. В рамках процессного подхода предполагается выделение проблемного бизнес-процесса и его участников, назначение одного из участников бизнес-процесса владельцем и делегирование ему полномочий и ответственности по управлению данным бизнес-процессом, тогда возникает матричная структура при управлении регулярной деятельностью. Участник бизнес-процесса подчиняется функциональному руководителю и владельцу бизнес-процесса, что связано с применением одновременно двух подходов к управлению регулярной деятельностью: функционального и процессного.

На основе анализа данных о внедрении концепции процессного подхода можно сделать вывод о том, что эффективность данного проекта будет экономически выгодна, тем самым приведет к оптимизации системы управления в локомотивном хозяйстве.

При правильном внедрении процессного подхода предприятие будет взаимодействовать как со структурными единицами, так и с внешней средой. Процессный подход ориентирован на конечный продукт, а также на заинтересованность всей компании в повышении эффективности деятельности. За счет того, что процессный подход создает горизонтальные связи в работе предприятия, он позволяет получить ряд преимуществ в сравнении с функциональным подходом. Показатели процесса необходимы для получения информации о его работе и принятии соответствующих управленческих решений. Показатели процесса – это набор количественных или качественных параметров, характеризующих сам процесс и его результат (выход).

Одной из проблем, которая стоит перед руководителем предприятия, является создание систем эффективного управления, которые необходимы для своевременного реагирования на постоянно меняющиеся условия внешней среды.

Исследуя возникающие потребности и формируя адекватные процессы принятия управленческих решений, необходимо разработать набор инструментов применения системы бизнес-процессов в организации с целью ее устойчивого роста в условиях неопределенности.

Реализация процессного подхода предполагает работу с большим количеством данных о состоянии процессов. Необходимо постоянно контролировать и анализировать поступающую информацию, чтобы повышать результативность и эффективность процессов. Однако автоматизация сбора, обработки и анализа информации о процессах – дорогостоящее мероприятие, кроме того, сложно поддающееся формализации. Решение этой проблемы также во многом зависит от использования современных информационных технологий.

Установлено, что процесс внедрения концепции процессного подхода в систему управления Белорусской железной дороги будет целесообразен, так как это позволит провести оптимизацию кадрового состава и сократить трудозатраты, увеличив при этом эффективность работы предприятия.

Таким образом, указанные действия дадут возможность для дальнейшего развития процессного подхода и детализации бизнес-процессов, так как существующий подход будет трансформирован в систему, которая даст возможность определить, насколько эффективен каждый из элементов системы и каждый процесс в её рамках.

Однако внедрение процессного подхода требует больших затрат как материальных, так и временных. Одной из основных проблем предприятия является недостаточная информированность со-

трудников предприятий железной дороги о процессном подходе, а наличие современного тягового и подвижного состава требует также высокого уровня оснастки для структурных предприятий (филиалов) и условий его содержания в исправном состоянии.

Система управления в системе железнодорожного транспорта на основе процессного подхода будет включать в себя:

- последовательный анализ цепочки результатов деятельности;
- методику проведения проверок качества бизнес-процессов;
- формирование ключевых показателей эффективности и определение оптимальности организационной структуры управления, концепцию управления изменениями деятельности, а принятие решений, будет основано на тщательном анализе информации.

Достигнутый уровень системы управления не будет являться окончательным целевым ориентиром оптимизации бизнес-процессов, поскольку целевое состояние предприятия достигается путем постоянного улучшения за счет последовательного устранения несоответствий и резервов в бизнес-процессах.

#### Список литературы

1 **Липатова, О. В.** Бизнес-процессы железнодорожного транспорта и необходимость их построения / О. В. Липатова, Е. О. Фроленкова, О. Г. Никитко // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 31–32.

2 **Фроленкова, Е. О.** Бизнес-процесс в контексте процессного подхода к управлению на предприятиях железной дороги / Е. О. Фроленкова, Д. Г. Цыбуревкина // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : международн. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Вып. 12. – С. 334–342.

УДК 658.8

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ**

*Т. С. МЕЛЬНИК, О. В. ХРИСТОФОР  
Украинская железная дорога, г. Киев*

Многие факторы, влияющие на состояние экономики страны и отдельных отраслей, вынуждают предприятия транспортной сферы пересматривать существующие подходы к управлению всеми имеющимися у них ресурсами, особенно материально-техническими. Это объясняется тем, что в условиях повышенной динамизации рынка в направлении экологизации деятельности хозяйствующих субъектов значительно возрастают требования к качеству продукции, работ и услуг, что в свою очередь требует от предприятий более тщательно подходить к вопросу обеспечения материально-техническими ресурсами, выступающими физической основой создаваемых продуктов. В то же время ограниченность финансирования и потребность в рациональном использовании наличных ресурсов вызывает необходимость усовершенствования системы управления производственными запасами. В первую очередь это касается транспортных предприятий, деятельность которых существенно влияет на экологическую ситуацию и характеризуется повышенными требованиями к обеспечению безопасности участников перевозочного процесса.

Одной из особенностей функционирования железнодорожного транспорта является характер выполнения ремонтных работ – это вспомогательная деятельность (основная – осуществление перевозок), которая в силу постоянства ее ведения и достаточно больших объемов работ может быть приравнена к основной деятельности. В результате проведения внутренних ремонтных работ в структурных, производственных подразделениях железной дороги образуются старопригодные товарно-материальные ценности (ТМЦ). Их запасы могут пополняться также вследствие внутреннего перераспределения старопригодных ТМЦ. В АО «Укрзалізниця» по отдельным видам ремонтов стоимость старопригодных материалов превышает 45–50 % общей стоимости ТМЦ. Учитывая это, вопрос возможности повторного использования старопригодных и соответственного уменьшения закупок новых ТМЦ становится всё более актуальным.

Практика использования старопригодных ТМЦ получила наибольшее распространение при выполнении ремонтных работ, однако сфера их применения определяется и ограничивается соответ-

ствующими техническими указаниями, требующими, прежде всего, установления технического состояния старопригодных материалов.

Техническое состояние запасов старопригодных ТМЦ авторы предлагают определять отнесением к одной из нижеперечисленных групп по таким признакам [1, с. 45–46]:

– пригодные без ремонта – старопригодные ТМЦ, которые при оприходовании установленным порядком признаны пригодными к использованию и не требуют для этого предварительного ремонта, обслуживания, улучшения, восстановления и т. п.;

– пригодные с ремонтом – старопригодные ТМЦ, по которым установлена возможность их использования после ремонта, обслуживания, улучшения, восстановления и т. п.;

– находящиеся в ремонте – старопригодные ТМЦ, с которыми на определенный момент времени проводятся работы по ремонту, обслуживанию, улучшению, восстановлению и т. п., до полного завершения которых они не пригодны для дальнейшего использования;

– прошедшие ремонт – старопригодные ТМЦ, поступившие на склад после ремонта, обслуживания, улучшения, восстановления и т. п. и полностью пригодные для дальнейшего использования;

– требующие реновации – старопригодные ТМЦ, использование которых возможно после проведения с ними восстановительных работ, для которых в данном структурном / производственном подразделении отсутствуют оборудование, технологии и др.;

– требующие перераспределения – старопригодные ТМЦ, которые на протяжении года с даты оприходования не могут быть использованы подразделением, в котором учитываются, вследствие излишка, отсутствия потребности в них, отсутствия технических возможностей приведения их в пригодное к использованию состояние;

– непригодные для использования – старопригодные ТМЦ, которые не могут быть использованы или приведены в пригодное к использованию состояние в подразделениях АО «Укрзалізниця» и требуют переклассификации;

– подлежащие выяснению – старопригодные ТМЦ, установление состояния и пригодности которых требует проведения специального исследования (диагностики, дефектоскопии, лабораторного анализа, испытания и т. п.).

Оптимизация норматива производственных запасов ТМЦ с учетом возможности использования старопригодных материалов предполагает разделение общего норматива запасов на два отдельно контролируемых показателя [2, с. 123]:

1)  $PZ_{нов}$  – норматив производственных запасов новых ТМЦ, рассчитывается по формуле

$$PZ_{нов} = НПЗ \cdot CP_{нов}, \quad (1)$$

где НПЗ – норма производственных запасов, выраженная в днях их производственного потребления (определяется контрольными параметрами годового бюджета для высшего органа закупочной вертикали АО «Укрзалізниця» и дифференцируется по всем структурным / производственным подразделениям акционерного общества);  $CP_{нов}$  – средневзвешенный расход материалов и топлива в денежных единицах, рассчитанный исходя из суммы утвержденных годовым бюджетом расходов на новые закупки по элементам «материалы» и «топливо»;

2)  $PZ_{стар}$  – норматив производственных запасов старопригодных ТМЦ, рассчитывается по формуле

$$PZ_{стар} = НПЗ \cdot CP_{стар}, \quad (2)$$

где  $CP_{стар}$  – средневзвешенный расход старопригодных ТМЦ в денежных единицах, рассчитанный исходя из суммы утвержденных годовым бюджетом расходов на списание материалов повторного использования по элементу «материалы».

Общий норматив производственных запасов  $PZ_{общ}$  определяется суммированием его первой и второй составляющих.

Учет возможного первоочередного использования старопригодных материалов в расчетах норм и нормативов общего производственного запаса позволяет получить значительную экономию средств на закупки ТМЦ, что подтверждается достаточно простыми расчетами.

Так, среднемесячные расходы ТМЦ по АО «Укрзалізниця», закупаемых как новые, составляют 1309,3 млн грн., а старопригодные повторного использования в соответствии с утвержденным годовым бюджетом на их списание – 335,8 млн грн. Уровень запаса – 1,5 месяца, то есть 45 календарных дней.

Без оптимизации норматив производственных запасов составит:

$$ПЗ = 1,5 \text{ мес. (или 45 дн.)} \times 1845 \text{ млн грн.} / 12 \text{ мес. (или 360 дн.)} = 230,63 \text{ млн грн.}$$

С учетом оптимизации норматив производственных запасов составит:

$$ПЗ_{\text{нов}} = 1,5 \text{ мес. (или 45 дн.)} \times 1309,3 \text{ млн грн.} / 12 \text{ мес. (или 360 дн.)} = 163,66 \text{ млн грн.};$$

$$ПЗ_{\text{стар}} = 1,5 \text{ мес. (или 45 дн.)} \times 335,8 \text{ млн грн.} / 12 \text{ мес. (или 360 дн.)} = 41,98 \text{ млн грн.};$$

$$ПЗ_{\text{общ}} = 163,66 + 41,98 = 205,64 \text{ млн грн.}$$

Полученный норматив производственных запасов с учетом оптимизации за счет первоочередного использования старопригодных ТМЦ более корректно отображает потребность в создании запасов и позволяет сэкономить 25,7 % (335,8 млн грн. / 1309,3 млн грн.  $\times$  100 %) общей суммы средств, предназначенных для закупки ТМЦ, за счет сокращения запасов на складах на 10,8 % ((230,63 – 205,64) / 230,63  $\cdot$  100 %).

Система управления запасами на железнодорожном транспорте должна создавать условия для своевременного обеспечения его структурных и производственных подразделений необходимыми материально-техническими ресурсами надлежащего качества, в требуемых объемах и ассортименте при минимальных затратах. Минимизация затрат на создание запасов в условиях ограниченного финансирования выступает одним из первоочередных требований в управлении закупками ТМЦ, в обеспечении которого особо важную роль должна сыграть оптимизация запасов за счет первоочередного использования старопригодных ТМЦ.

#### Список литературы

1 Мельник, Т. С. Методика розрахунку нормативу запасів товарно-матеріальних цінностей на залізничному транспорті : інструк.-метод. посібник / Т. С. Мельник [та ін.]. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпро : Середняк Т. К., 2022. – 63 с.

2 Валентейчик, А. Г. О совершенствовании планирования запасов материально-технических ресурсов / А. Г. Валентейчик, В. В. Белконский // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 4. – С. 122–127.

УДК 656.075

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МТО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

*А. В. МИТРЕНКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Устойчивое развитие железнодорожного транспорта в условиях современных рыночных отношений предполагает выбор приоритетов развития и формирования экономического механизма их реализации. Реструктуризация железных дорог и текущие серьезные изменения в экономике страны ставят задачи совершенствования системы материально-технического обеспечения (МТО) железнодорожного транспорта. Система МТО железнодорожного транспорта является одним из центральных звеньев общей системы управления железнодорожной отраслью, оказывающей непосредственное влияние на бесперебойность и безопасность движения, на уровень надежной и устойчивой эксплуатации подвижного состава, повышение рентабельности работы подразделений транспорта, на финансовые результаты отрасли. Материальные ресурсы и материальные издержки, включающие стоимость материалов и сырья, а также затраты по формированию и содержанию их запасов выступают одним из объектов совершенствования механизма управления затратами отрасли и решения оптимизационных задач. Повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта на современном этапе структурной реформы требует от системы управления МТО обновления и совершенствования на базе современных методов принятия управленческих решений. В связи с этим возникает необходимость разработки новых принципов, моделей, алгоритмов и методик организации системы снабжения для решения стратегических, тактических и оперативных задач и оценки бизнес-процессов деятельности по эффективному обеспечению материальными ресурсами структурных подразделений железной дороги. Стратегическая цель системы МТО заключается в минимизации материальной составляющей эксплуатационных расходов за счет оптимизации затрат на закупку, доставку и хранение материальных ресурсов при обеспечении устойчивой работы железных дорог.

В современных условиях деятельность Белорусской железной дороги подчинена рыночно-институциональной парадигме развития национальной экономики, что предопределяет необходимость разработки гибкого адаптационного механизма оперативного управления материально-техническим обеспечением, которое является одним из основных императивов успешного функционирования предприятий железнодорожного транспорта. Реализация эффективного управления материально-техническим обеспечением предприятий железнодорожного транспорта, учитывая влияние процессов реформирования отрасли, зависит от сложности взаимодействия хозяйствующих субъектов, усиления их самостоятельности, возрастания хозяйственных рисков. Это инициирует необходимость углубленных теоретико-прикладных исследований вопросов развития системы центров финансовой ответственности материально-технического обеспечения компании, создания комплексной системы планирования и контроллинга ресурсов с применением инновационных инструментов. Вместе с тем существующие на сегодняшний день подходы к управлению материально-техническим обеспечением в компании не отвечают требованиям времени, что и предопределило актуальность темы исследования.

Признавая значимость существующих теоретико-прикладных исследований по проблематике диссертационной работы, следует отметить, что неопределенная экономическая ситуация в условиях глобального финансового кризиса и структурные преобразования, происходящие в отечественной транспортной отрасли в целом и реформа железнодорожного транспорта в частности, требуют выработки новых инструментов, технологий, алгоритмов оперативного управления материально-техническим обеспечением на предприятиях железнодорожного транспорта. Проблемам управления материально-техническим обеспечением, планирования ресурсов посвящены научные труды многих ученых. Среди занимавшихся этими вопросами следует отметить отечественных экономистов Бухалкова М. И., Гинзбурга Е. Г., Думлера А. С, Кондракова П. С, Мельцера Н. Б., Петрова В. А., Шеремета А. Д. и др. В их работах отражены основные теоретические и методологические основы планирования ресурсов, его значение и возможность эффективного применения на различных предприятиях, в частности, железнодорожного транспорта. Большой вклад в развитие этой темы внесли зарубежные ученые Бигель Дж., Конвей Р., Максвелл В., Райн Б., Стрикленд А., Томпсон А. и др. Эти специалисты исследовали проблемы применения различных инструментальных механизмов планирования для достижения поставленных предприятиями целей с наименьшими затратами. Активно обсуждались вопросы практического использования систем планирования для решения многих производственно-экономических задач. Выдвигались различные подходы к совершенствованию управления материально-технического обеспечения. Однако в их работах недостаточно глубоко изучены вопросы, касающиеся проведения контрольных процедур на стадии выполнения работ, осуществления оперативного планирования для своевременного определения возникающих отклонений, прогнозирования будущих затрат и выявления направлений повышения эффективности деятельности предприятий железнодорожного транспорта. Все перечисленные проблемы имеют важное практическое и научное значение, требуют поиска решений их преодоления.

#### Список литературы

- 1 **Цевелев, А. В.** Совершенствование методики прогнозирования и контроля обеспечения материальными ресурсами железнодорожных предприятий : автореф. дис... канд. экон. наук : 08.00.05 / А. В. Цевелев. – Новосибирск, 2010. – 20 с.
- 2 **Сергеев, В. И.** Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / В. И. Сергеев ; под общ. и науч. ред. проф. В. И. Сергеева. – М., 2005. – 425 с.

УДК 625.8

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

*Я. В. НЕДБАЙ*

*Сибирский государственный университет водного транспорта,  
г. Новосибирск, Российская Федерация*

Обеспечение экономической безопасности является одной из важнейших задач государства. В настоящее время в связи со специальной военной операцией в Украине в отношении Российской Федерации рядом стран введено семь пакетов санкционных ограничений [3].

Введение экономических санкций в отношении физических и юридических лиц началось ещё в марте 2014 года [1, 4]. Санкции коснулись многих отраслей. В настоящей работе будут рассмотрены

рены основные ограничения, коснувшиеся транспортной отрасли (в большей степени – водного транспорта).

Ограничительные меры можно разделить на следующие виды: ограничение свободы передвижения, финансовые ограничения, блокирующие санкции, торговые ограничения и прочие (таблица 1).

Таблица 1 – Ограничения, введенные разными странами, касающиеся отдельных видов транспорта

Вид ограничения	Вид транспорта				
	Автомобильный	Железнодорожный	Воздушный	Водный	Трубопроводный
1 Свобода передвижения	ЕС, Республика Косово	ЕС	США, ЕС, Великобритания, Швейцария, Канада, Новая Зеландия	США, ЕС, Великобритания, Канада, Новая Зеландия, Норвегия	–
2 Финансирование	Австралия	США, Австралия		США, Австралия	ЕС, Австралия
3 Блокирующие	США, ЕС				
4 Торговые	ЕС, Япония	ЕС, Великобритания	США, ЕС, Великобритания, Швейцария, Канада, Япония, Тайвань	США, ЕС, Великобритания, Япония, Тайвань	ЕС, Великобритания, Швейцария, Канада, Австралия
5 Прочие			Великобритания, Япония		

*Примечание – Составлено автором на основании [2].*

На данный момент запрещается допуск в порты на территории ЕС, Великобритании, Канады, Новой Зеландии, Норвегии любого судна, зарегистрированного под флагом России. Также это распространяется на суда, сменившие российский флаг или регистрацию на флаг или регистр любого другого государства после 24.02.2022 г. Ограничительные меры применены в отношении экспорта товаров морского судоходства и радиокommunikационных технологий для использования в России или для размещения на борт судна под российским флагом. Запрет на ведение бизнеса со следующими компаниями: Камаз; Новороссийский морской торговый порт; ОАО «РЖД»; Совкомфлот; Объединенная судостроительная корпорация; РЭЦ, ЭКСАР (associated persons); Арзамасский машиностроительный завод; Судостроительный завод «Море»; ООО «Русские машины»; НПК «Технологии машиностроения»; Объединенная двигателестроительная корпорация; Судостроительный завод «Янтарь».

Несмотря на намерения введения нового пакета санкций, некоторые страны смягчили ограничения:

– США разрешает все операции (включая экспорт, реэкспорт товаров, услуг и технологий) с участием подсанкционных организаций при условиях: а) воздушное судно зарегистрировано в юрисдикции за пределами РФ; б) предоставленные/экспортированные/реэкспортированные товары, услуги и технологии предназначены для использования на воздушных судах, используемых исключительно в целях гражданской авиации;

– выданы лицензии на закрытие сделок с активами, попавшие под санкции, а также на сделки по обслуживанию самолетов российских производителей (ОАК, Иркут и др.). Основное условие – самолеты должны быть зарегистрированы за рубежом;

– государства – члены ЕС могут разрешать судам под российским флагом доступ в порты ЕС и российским автотранспортным предприятиям для работы в ЕС, если это связано с торговлей сельскохозяйственной или пищевой продукцией, включая пшеницу и удобрения;

– Великобритания опубликовала Генеральную лицензию на предоставление связанному с Россией лицу услуг страхования и перестрахования самолётов и авиадвигателей.

В ответ на санкционные ограничения, введенные рядом стран, Россия приняла следующие контрмеры: запрет на вывоз за пределы территории РФ продукции и сырья, производство и добыча, которых осуществляется на территории РФ; Росморречфлот временно закрыл статистику грузооборота морских портов РФ; запрет автомобильных перевозок компаниям из стран ЕС, Великобритании, Норвегии и Украины с 10.10.2022 до 31.12.2022.

С началом введения санкционных ограничений Правительством РФ было принято решение об оказании мер поддержки в отношении компаний-резидентов РФ. Например, установлены нулевые



ставки ввозных таможенных пошлин в отношении отдельных видов товаров таких, как двигатели авиационные и автомобильные. Правительство субсидирует морские грузоперевозки в Калининградскую область.

Правительство наделяется правом принимать решения, предусматривающие особенности исполнения договоров финансовой аренды (лизинга) железнодорожного подвижного состава, контейнеров, морских судов, судов внутреннего водного транспорта или судов смешанного (река – море) плавания, особенности осуществления весового и габаритного контроля в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации, а также особенности открытия пунктов пропуска.

С 1 октября 2022 года доставка грузов из Европы в РФ иностранным перевозчиком возможна только до границы РФ.

На автомобильных пунктах пропуска через государственную границу России до 01.09.2022 отменяется весогабаритный контроль для грузового транспорта, который ввозит в страну лекарства, продукты питания и предметы первой необходимости.

В заключение можно отметить, что санкционные ограничения препятствуют поддержанию экономической безопасности России. Однако благодаря поддержке импортозамещения, развитию внутреннего рынка и улучшению качества продукции страна может противостоять угрозам экономической безопасности.

#### Список литературы

1 **Минаков, А. В.** Обеспечение экономической безопасности государства в условиях санкций западных стран / А. В. Минаков, С. Б. Лапина // Вестник экономической безопасности [Электронный ресурс]. – 2021. – № 2. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-ekonomicheskoy-bezopasnosti-gosudarstva-v-usloviyah-sanktsiy-zapadnyh-stran>. – Дата доступа : 07.10.2022.

2 Информационный бюллетень. Ограничительные меры и контрмеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.exportcenter.ru>. – Дата доступа : 15.09.2022.

3 **Шогенова, Д. Х.** Угрозы экономической безопасности России в условиях санкций / Д. Х. Шогенова // Экономика и бизнес: теория и практика [Электронный ресурс]. – 2022. – № 4–2. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/ugrozy-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii-v-usloviyah-sanktsiy>. – Дата доступа : 07.10.2022.

4 **Щербанин, Ю. А.** Транспорт России: шесть лет экономических санкций / Ю. А. Щербанин // Проблемы прогнозирования [Электронный ресурс]. – 2020. – № 3 (180). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/transport-rossii-shest-let-ekonomicheskikh-sanktsiy>. – Дата обращения : 07.10.2022.

УДК 338.2

## РОЛЬ ТРАНСПОРТА В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА

*А. П. ПЕТРОВ-РУДАКОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время в Республике Беларусь в составе экономической безопасности выделяют следующие её сферы: производственную, инфраструктурную, энергетическую, продовольственную, финансовую и внешнеэкономическую. В зависимости от того, какое направление деятельности транспортной отрасли анализируется, может быть установлена её та или иная взаимосвязь с любой из перечисленных сфер.

При этом важно отметить, что транспорт, являясь одной из ключевых инфраструктурных отраслей государства, определяет состояние национальной экономики, уровень её развития и конкурентоспособность, создаёт условия для эффективного взаимодействия всех отраслей и является важнейшей его материально-технической составляющей. Недостаточное развитие транспортной системы, её отставание от современных научно-технических достижений, высокий уровень износа транспортных средств порождает серьёзные вызовы, опасности и угрозы инфраструктурной безопасности.

Транспорт как ключевой элемент инфраструктурной безопасности является предметом тщательного изучения. Однако не меньшую роль транспорт играет и в ещё одной сфере – во внешнеэкономической безопасности государства. В силу географических, геополитических и исторических причин экономика Республики Беларусь является открытой. Это означает, что она зависит от результатов внешнеэкономической деятельности, поэтому должна заботиться о сохранении и увели-

чении объемов внешней торговли. Если речь идёт о внешней торговле товарами, то материальной основой её обеспечения является транспорт, поскольку физическое перемещение товаров от продавца к покупателю без транспорта не представляется возможным.

Специфические факторы, определяющие роль транспортной отрасли в системе экономической и, в частности, внешнеэкономической безопасности, обусловлены особенностями транспорта, к которым можно отнести следующее:

- транспорт не создает новый товар, но именно благодаря транспорту меняется местонахождение товара по отношению к потребителю, который после получения товара, продукции сможет реально его использовать для новых целей;

- пространственное перемещение товаров, продукции от места производства к месту потребления и является потребительной стоимостью, создаваемой транспортом;

- эффект, возникающий при перевозке товаров, людей, заключается в том, что он не может возникать отдельно от транспорта, храниться и реализовываться отдельно от него, т. е. транспортная услуга, являющаяся продукцией транспорта, осуществляется и потребляется непосредственно с процессом транспортного производства.

- транспорт имеет особое место в международном товарообмене. С одной стороны, транспорт в международном разделении труда является необходимым условием его осуществления, а с другой – транспортная индустрия выступает на международных рынках экспортером своей продукции, реализуемой в виде транспортной услуги.

Кроме этого, особенностью транспорта во внешнеэкономической деятельности является подверженность его продукции – транспортной услуги – воздействию всех факторов, характеризующих развитие рыночной экономики. К числу основных из них можно отнести:

- колебания цен на топливо;

- экологические условия и требования;

- соотношение спроса и предложения на перевозку грузов;

- политические и экономические отношения различных государств и др.

Процесс перемещения товаров, сырья, материалов и людей является необходимым условием осуществления всех видов внешнеэкономической деятельности. Использование транспорта необходимо не только в международной торговле товарами, но и в производственно-сбытовой кооперации, деятельности предприятий с зарубежными инвестициями, организации туризма, международных выставок и ярмарок. В транспортном процессе все его участники: изготовители продукции, заказчики, покупатели, перевозчики, посредники – вступают в сложные экономические и коммерческо-правовые отношения, регулируемые различными нормативными актами, национальными законодательствами и международными правовыми нормами, обычаями. Поэтому транспортное обеспечение внешнеэкономической деятельности представляет собой систему, состоящую из совокупности технических, технологических элементов, экономических, коммерческо-правовых, организационных воздействий, различных методов управления транспортными операциями в сфере производства, обращения и потребления продукции, товаров, перемещаемых между сторонами.

Таким образом, вредоносное воздействие в виде вызовов, опасностей и угроз на вышеперечисленные факторы и особенности способно нанести вред не только транспортной системе, но и внешнеэкономической деятельности государства, а вместе с этим существенно ослабить его экономическую безопасность. Поэтому целью обеспечения внешнеэкономической безопасности в транспортной системе является создание условий для эффективного противодействия опасностям и угрозам, связанным с участием государства в различных видах мирохозяйственных связей и использованием международных транспортных систем и коридоров для реализации своих экономических интересов. Для этого необходимо решение следующих специфических задач:

- накопление всевозможных средств и инструментов для обеспечения доступа государства к международным транспортным системам за его пределами;

- стимулирование развития внешнеэкономических связей в различных географических направлениях при неуклонном соблюдении экономических интересов государства;

- диверсификация маршрутов и транспортных средств при осуществлении тех видов внешнеэкономической деятельности, которые предполагают использование транспорта;

- выработка и реализация взвешенной и эффективной внешнеэкономической политики;

- выработка и реализация мероприятий по повышению конкурентоспособности не только отечественной продукции, но и транспортных услуг на внутреннем и внешнем рынках;

– реализация политики по научно-техническому и инновационному развитию, разработке принципиально новых средств и способов транспортирования товаров и услуг, скорейшему переходу к более высоким технологическим укладам.

Факторами, определяющими возможность обеспечения внешнеэкономической безопасности государства, в том числе в транспортной системе, являются: политический, военный и экономический суверенитет государства на своей территории, справедливый и равный доступ заинтересованных субъектов к экономическим ресурсам и средствам, высокий уровень интеллектуального и морального развития общества, его восприимчивость к инновациям. При этом для построения качественной системы обеспечения внешнеэкономической безопасности важно выделять внешние и внутренние вызовы, опасности и угрозы. Особого внимания требуют деструктивные факторы внешнего характера. С точки зрения транспорта к таковым относятся экономические, административные и военно-силовые методы препятствования использованию мировой транспортной системы, транспортных и транзитных коридоров, экспорту транспортных услуг, что может быть обусловлено как недобросовестной конкуренцией, так и недружественными взаимоотношениями между странами. Республика Беларусь не является в мировом масштабе государством, способным оказать влияние на глобальные мировые экономические процессы, проводить экспансию на рынки других государств, влиять на решения, принимаемые международными экономическими, финансовыми, транспортными организациями, задействовать иные факторы, обуславливающие создание зависимости других государств и их экономик от воли Республики Беларусь. Поэтому единственным доступным средством для противодействия внешним вызовам, опасностям и угрозам является её внешняя политика, которая должна носить сбалансированный и многовекторный характер. Что касается противодействия внутренним вызовам, опасностям и угрозам, то здесь на первый план должна выходить политика по повышению конкурентоспособности а также, по научно-технологическому и инновационному развитию, направленная, в числе прочего, на совершенствование отечественной транспортной системы. Именно это в первую очередь предопределяет место государства на международной экономической арене, и содействует укреплению экономической безопасности государства.

УДК 656.064:388.1

## **АДАПТИВНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ КРИТИЧЕСКОГО ИМПОРТА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ**

*В. Г. ПИЩИК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В условиях нестабильности и высоких рисков изменения устоявшихся каналов транспортировки товаров критического импорта бесперебойная доставка является актуальной задачей для экономики Республики Беларусь. Санкционная политика, наступление глобальной эпохи перестройки мира влечет за собой адаптацию логистических схем и маршрутов перевозки грузов, поиск новых возможностей и партнеров для дальнейшего сотрудничества в рамках импорта и экспорта.

Особое внимание в данном вопросе уделяется товарам критического импорта. В категорию критического импорта попадают товары, которые Республика Беларусь не производит, но имеет в них потребность для полноценного социально-экономического развития. В большинстве случаев данные товары не облагаются уплатой налога на добавленную стоимость. К такого рода товарам относятся часть продовольствия, медикаменты, комплектующие для системообразующих производств.

К товарам критического импорта согласно «Перечню товаров критического импорта» (постановление Минэкономики от 10 мая 2022 г. № 9) относятся:

1) в машиностроительной отрасли: ленты конвейерные, силовые установки и двигатели пневматические, топливные и вакуумные насосы, вентиляторы, горелки топочные прочие, части машин сельскохозяйственных, садовых или лесохозяйственных для подготовки и обработки почвы катки для газонов и спортплощадок, лазеры (кроме лазерных диодов) и другие товары;

2) в нефтехимической отрасли: моторные масла, компрессорные смазочные масла, турбинные смазочные масла, углерод (сажи и прочие формы углерода), хлорид водорода (кислота соляная), оксиды азота, аммиак безводный и другие товары;

3) в стекольной отрасли: оптическое стекло гнутое, граненое, сверленное, гравированное, эмалированное или обработанное иным способом, не вставленное в раму или не комбинированное с другими материалами, ампулы стеклянные и другие товары;

4) в металлургической отрасли: ферросиликомарганец, трубы для нефте- или газопроводов сварные прямошовные, гвозди, кнопки, чертежные кнопки, рифленные гвозди, скобы и аналогичные изделия, из черных металлов, с головками или без головок из других материалов, кроме изделий с медными головками, холодноштамп и другие товары;

5) в строительной отрасли: прочие шлаковаты, минеральная силикатная вата и аналогичные минеральные ваты, кирпичи огнеупорные, блоки, плитки и другие товары;

6) в фармацевтической отрасли: изделия гигиенические или фармацевтические (включая соски) из вулканизированной резины, кроме твердой резины, с фитингами из твердой резины или без них;

7) в кожанно-обувной отрасли: подошвы и каблуки из резины, пластмассы, вкладные стельки, подпяточные и аналогичные изделия, гетры, аналогичные изделия и другие товары;

8) в целлюлозно-бумажной отрасли: бумага и картон многослойные без поверхностного покрытия или пропитки, бумага и картон гуммированные и клейкие прочие и другие товары;

9) в текстильной отрасли: шерсть стриженная, мытая, не карбонизированная; волокно хлопковое, пряжа хлопчато-бумажная; нитки швейные из синтетических нитей и другие товары.

Условно товары критического импорта можно разделить на сегменты:

– виды сырья, не добываемые в Республики Беларусь, но необходимые для производства товаров;

– промышленная продукция, которая необходима для функционирования экономики, не производимая на территории Республики Беларусь;

– сельскохозяйственное сырье;

– пищевая продукция готовая;

– фармацевтическая продукция.

В логистическом отношении можно выделить:

– жестко поставленные логистические сегменты для товаров, которые невозможно произвести на территории Республики Беларусь;

– гибко поставленные логистические сегменты, которые позволят варьировать размеры поставок для товаров, которые возможно произвести на территории Республики Беларусь, но экономически невыгодно их производство.

Адаптивные логистические схемы позволят рассмотреть наиболее выгодные варианты закупки определенных товаров из стран-производителей товаров или стран, закупающих товары у стран-производителей, не выстраивая свои логистические схемы в условиях их экономической неэффективности.

Обеспечение бесперебойности поставки товаров критического импорта в страну является важнейшей задачей, осуществление которой в настоящее время сталкивается с множеством проблем технического, технологического, правового и экономического характера. Существующие логистические схемы доставки товаров критического импорта в условиях очень динамично меняющейся внешней среды не всегда оказываются надежными и экономическими выгодными. Поэтому исследование общих подходов к формированию адаптивных логистических схем, которые позволяли бы гибко реагировать на внешние воздействия и обеспечивать стабильную поставку таких товаров в страну, является актуальным. Стратегической задачей является создание принципиальных логистических схем, которые учитывают специфику доставки в Республику Беларусь отдельных групп таких товаров и могут быть реализованы в различных вариациях в зависимости от складывающихся условий.

Ограничение импорта открыло возможности для импортозамещения отечественными компаниями. Наибольшие успехи видятся в отрасли машиностроения, сельского хозяйства, производстве медицинских препаратов, технологического оборудования, продукции биоинженерии, производстве химических компонентов. Однако ограничение доступа к ряду передовых технологий проектирования и производства в высокотехнологичных отраслях существенно подрывает способность

некоторых подотраслей наладить эффективное импортозамещающее производство, что впоследствии приводит к неизбежному импорту товаров.

Группы товаров критического импорта являются нестабильными, в условиях постоянного появления новых товаров, что постоянно меняет логистические схемы. Поэтому логистические схемы должны быть настолько адаптивными, чтобы учитывать и прогнозировать любые изменения на рынке критического импорта.

Прекращение поставок может угрожать экономической безопасности страны. На адаптивность перевозок влияют как переменные внешние условия (политические, экономические, технологические осуществления), так и темпы импортозамещения продукции.

При создании базовой логистической схемы для современных условий учитываются объемы перевозок по каждой номенклатурной группе грузов, прежние схемы поставки, участвующие виды транспорта, структура логистической схемы по видам транспорта (доля видов транспорта).

Логистические схемы могут совпадать у некоторых групп товаров, что является принципиальным моментом для железнодорожного транспорта, поскольку повышение мощности грузопотоков за счет слияния создает благоприятные условия для применения эффективных методов организации вагонопотоков, в частности для формирования прямых ускоренных контейнерных поездов как части логистической схемы доставки.

При появлении нового канала поставки, изменении внешних условий, переходе на импортозамещение товаров группа выпадает из грузопотока, что приведет к падению грузопотока на направлении, соответственно, время накопления ускоренного контейнерного поезда увеличивается и он становится экономически невыгодным другим участникам, что ломает логистическую схему для всех поставщиков. Выбытие одного или нескольких достаточно крупных номенклатурных групп из логистической схемы будет существенно изменять поле эффективности для всех заинтересованных лиц, что впоследствии приведет к быстрой переориентации на автомобильный транспорт. В то же время возможна и обратная ситуация, когда при переориентации каналов поставки грузопоток на определенных направлениях может увеличиваться, что создает благоприятные условия для снижения себестоимости и тарифов, прежде всего за счет эффекта ускорения оборота технических средств перевозки и денежных средств клиентов.

В качестве перспективных направлений для замещения критических видов импортной продукции видится сотрудничество со странами АТР и ЕАЭС, которое может стать плодотворным в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

УДК 336.22

## **НАЛОГОВЫЙ МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*П. Г. ПОНОМАРЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В связи принятием рядом недружественных стран ограничительных мер в отношении предприятий Республики Беларусь, в том числе и предприятий транспортного комплекса, возможности для реализации крупных инвестиционных проектов и обеспечения необходимых объемов текущей хозяйственной деятельности сужаются из-за недостатка финансирования и ограничения доступа отечественных субъектов хозяйствования к рынку капиталов и к современным технологиям. Внешние факторы оказали первоочередное негативное влияние на экономическую и, прежде всего, финансовую безопасность многих предприятий. Появился целый ряд внешних рисков, которые могут существенно повлиять на экономическую безопасность государства и финансовую устойчивость целого ряда предприятий. Факторами, обусловившими появление финансовых рисков для многих предприятий, являются: прекращение операций экспорта и импорта с целым рядом недружественных стран, ограничения в расчетах с использованием ряда иностранных валют и др., которые обусловили сокращение доходов (выручки) от продаж. В условиях недостатка денежных поступлений от продаж возникли затруднения в осуществлении расчетных операций внутри страны, возникли по-

требности в кредитных ресурсах, появились угрозы сокращения занятости населения, экономической дестабилизации и создания социальной напряженности в трудовых коллективах.

В таких условиях предприятиям приходится купировать расходы, изменять стратегию менеджмента, расширять рынки сбыта продукции в более отдаленном азиатском регионе, выстраивать по-новому логистику, а также проводить взвешенную инновационную и инвестиционную политику. В обеспечении экономической безопасности и стабильности функционирования предприятий заинтересовано и государство. Стабильно работающие предприятия обеспечивают формирование широкой налоговой базы и доходов государственного бюджета. Поэтому в нынешней непростой экономической и международной политической ситуации важно выработать баланс совпадения интересов государства и предприятий. В данной ситуации важную роль играет гибкая налоговая политика государства, позволяющая не только реализовать фискальную функцию, но и обеспечить налоговое стимулирование хозяйствующих субъектов путем предоставления им налоговых преференций и льгот с целью поддержания их финансовой устойчивости и создания условий для инновационного развития.

Налоговый кодекс Республики Беларусь в последние годы был подвергнут существенному обновлению с позиции учета интересов налогоплательщиков, стимулирования обновления ими производства, внедрения новых технологий и обеспечения финансовой устойчивости. Налоговый кодекс 2019 года и изменения в нем в последующие годы как раз и ориентированы на усиление стимулирующей функции налогов, на предоставление предприятиям целого ряда налоговых льгот и налоговых вычетов с целью создания финансовой заинтересованности предприятий, в том числе транспортного комплекса Республики Беларусь, в расширении объемов производства и инвестиций. Таковыми стимулами при налогообложении прибыли являются создание резерва по сомнительным долгам, инвестиционные вычеты, перенос убытков на последующие налоговые периоды.

Налоговым кодексом 2019 года (ст. 175 п. 3.48) предприятиям предоставлено право уменьшить платежи по налогу на прибыль и снизить финансовые риски за счет включения во внереализационные расходы для целей налогообложения резерва по сомнительным долгам [1]. Эта мера налогового стимулирования продиктована кризисом неплатежей и несвоевременностью получения выручки налогоплательщика. При исчислении налога на прибыль выручка от реализации признается по факту отпуска продукции (работ, услуг) покупателям и заказчикам независимо от срока ее оплаты. С целью минимизации суммы налога на прибыль предприятия могут воспользоваться предоставленным правом на создание резерва по сомнительным долгам. Резерв по сомнительным долгам создается в отношении той дебиторской задолженности, которая возникла в связи с реализацией продукции, товаров, работ и услуг.

Организации уплачивают налог на прибыль по истечении квартала, поэтому Налоговым кодексом Республики Беларусь предусмотрен согласованный со сроками уплаты налога механизм начисления и включения во внереализационные расходы резерва по сомнительным долгам: по неоплаченной покупателями или заказчиками дебиторской задолженности со сроком ее возникновения более 90 календарных дней в резерв по сомнительным долгам включается вся сумма просроченной дебиторской задолженности; по сомнительной задолженности со сроком возникновения от 45 до 90 дней резерв начисляется в размере 50 процентов от суммы выявленной дебиторской задолженности. Общая сумма резерва по сомнительным долгам, подлежащая включению в состав внереализационных расходов, не должна превышать 5 процентов от выручки по реализации продукции (товаров, работ, услуг), имущественных прав и нематериальных активов с учетом включенного в оборот налога на добавленную стоимость. Данный налоговый маневр является неплохим финансовым подспорьем для предприятий, у которых имеется недостаток платежных средств и возникают проблемы своевременности расчетов с контрагентами.

Для стимулирования процесса обновления основных средств Налоговым кодексом (ст. 170 п. 2.2) предусмотрено применение инвестиционного вычета при исчислении налога на прибыль [1]. Организация имеет право начислить его и включить в состав затрат по производству и реализации при составлении декларации по налогу на прибыль. Инвестиционный вычет применяется по объектам основных средств которые приобретены на возмездной основе, в том числе приобретены по договору финансовой аренды (лизинга) или построены, а также к сумме вложений в реконструкцию, модернизацию, реставрацию и дооборудование уже действующих объектов.

Данный налоговый вычет предусмотрен в следующих размерах: по зданиям, сооружениям, передаточным устройствам – не более 20 процентов, по машинам, оборудованию и транспортным средствам – не более 40 от первоначальной стоимости приобретенных (построенных) объектов или от стоимости затрат по реконструкции, модернизации, реставрации или дооборудования уже действующих объектов. Организация имеет право применить его и включить в затраты по производству и реализации при расчете налога на прибыль в течение двух лет с даты принятия на баланс приобретенного (построенного) объекта или с даты завершения реконструкции и модернизации. Воспользовавшись этим правом, организация на законных основаниях сокращает свои расходы по уплате налога на прибыль и повышает свою финансовую устойчивость.

В последние годы многие белорусские предприятия имеют убытки по результатам хозяйственной деятельности. С целью уменьшения финансовых рисков для таких предприятий Налоговым кодексом Республики Беларусь (ст. 183 п. 2) предусмотрена процедура переноса убытков отчетного года на будущее [1]. Белорусская организация в последующие годы при составлении налоговой декларации по налогу на прибыль имеет право уменьшить налоговую базу на сумму убытка по итогам предыдущего налогового периода (налоговых периодов). Сумма убытка от хозяйственной деятельности в текущем году, который подлежит переносу на будущее, определяется как превышение общей суммы затрат, учитываемых при налогообложении, остаточной стоимости списанных основных средств и нематериальных активов и внереализационных расходов над суммой выручки от реализации и внереализационных доходов (за вычетом косвенных налогов). Убыток отчетного года, переносимый на будущее, должен быть отражен в разделе I части II налоговой декларации по налогу на прибыль, составляемой за 4-й квартал отчетного года.

В первую очередь заявляется к переносу убыток по первой и второй группам операций согласно ст. 183 п. 3 Налогового кодекса Республики Беларусь. В первую группу относятся операции с производными финансовыми инструментами и с ценными бумагами, ко второй – операции по отчуждению основных средств, не завершённым строительством объектов основных средств, неустановленного оборудования и предприятия как имущественного комплекса. Во вторую очередь переносятся оставшийся убыток после исключения убытков по первой и второй группам. На сумму убытка, который по итогу года переносится на следующий год, начисляется отложенный налоговый актив по ставке 18 % от суммы убытка.

Таким образом, используя предоставленные налоговым законодательством права, организация может повысить свою финансовую устойчивость и снизить финансовые риски.

#### Список литературы

1 Налоговый кодекс Республики Беларусь (особенная часть) : закон Респ. Беларусь № 71-3 от 29 декабря 2009 года (с изм. и доп.) [Электронный ресурс] // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Режим доступа : <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk0900071>. – Дата доступа : 10.10.2022.

УДК 338.47

## ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УГРОЗЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*К. К. ПОСТНИКОВА, Е. В. ЛИСЮКОВА*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Железнодорожный транспорт составляет основу транспортной системы России, обеспечивая своевременное и качественное удовлетворение потребностей населения государства, народного хозяйства и обороны страны в перевозках. Отличительная черта железнодорожного транспорта как сферы экономики заключается не в процессе производства какой-либо продукции, а в обеспечении производства сырьем, оборудованием и т. д., а также в доставке готовой продукции потребителю.

Анализируя функционирование железнодорожной отрасли нашей страны, следует подчеркнуть, что одной из главных задач государства в экономической сфере является обеспечение постоянных

темпов развития данной сферы через процесс постоянного усовершенствования национальных программ.

Актуальность данной статьи является вполне обоснованной, т. к. сейчас время развития новых технологий в транспортной сети как части экономической безопасности.

Так что же это такое, экономическая безопасность? В широком смысле, под экономической безопасностью понимают состояние хозяйствующего субъекта, которое характеризуется постоянным доходом, а также наличием ресурсов, позволяющих поддержать уровень функционирования предприятия как в данный момент, так и в будущем.

Основная задача службы экономической безопасности заключается в своевременном, и главное, адекватном реагировании на любое воздействие, дестабилизирующее экономику предприятия. К возмущающим воздействиям можно отнести те угрозы со стороны внешнего и внутреннего окружения, которые могут нанести ущерб транспортному предприятию.

Обеспечение экономической безопасности в различных процессах на железной дороге – важнейшая задача для эффективной и долговременной работы транспортных систем России. Состояние защищенности экономического пространства, в котором функционирует железнодорожный транспорт, ведет к положительным результатам в развитии экономики нашей страны.

Железнодорожная транспортная система отличается от ряда других транспортных систем техническими средствами и персоналом, которые распределены на большом пространстве и одновременно выполняют множество процессов и операций. Транспортная система вполне эффективна и работоспособна в случае одних процессов и совершенно неработоспособна в других.

Затрагивая тему возможных угроз, имеющих место в сфере экономической безопасности железнодорожного транспорта, следует понимать, что именно может являться фактором угрозы.

Под угрозами понимаются явления или процессы, происхождение которых может быть как предсказуемым, так и внезапными.

Рассматривая угрозы, которые могут возникнуть, необходимо, понимать их классификацию. Это нужно как для быстрого вовлечения в процесс их устранения, так и для профилактики возникновения. Список классификации возможных угроз довольно широк:

- по источнику угроз (внутренние/внешние);
- величине ущерба (несущественный/существенный/катастрофический);
- возможности прогнозирования (прогнозируемые/непрогнозируемые);
- степени восприятия (мнимые/адекватные/завышенные) и т. д.

Следует особенно подчеркнуть признак «возможность прогнозирования рисков» т. к. данный признак позволяет организации спрогнозировать потери, что является важной задачей обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта. Прогнозируемый риск – циклично возникающая угроза экономической безопасности, возникающая вследствие заранее известных условий, которую можно восстановить без особых экономических потерь. К таким рискам можно отнести следующие угрозы.

**В сфере перевозочной деятельности.** Такая угроза обусловлена снижением уровня надежности парка технических средств. Данный риск легко предсказать при проверке документов на технику, которая имеет срок использования, после чего могут произойти выход из строя или довольно частые поломки. Любая материально-техническая база имеет свой срок эксплуатации, после чего необходим капитальный ремонт/обновление оборудования, ведь такая угроза влияет на потерю деловых связей и заинтересованность в сотрудничестве, что сказывается на прибыли предприятия и снижении экономической стабильности.

**В финансовой сфере – убыточность пассажирских перевозок.** Данный риск возникает вследствие неправильного регулирования тарифов. В данном случае прибыль компании снизится, что приведет компанию к выходу из стабильного состояния экономической безопасности. Неадекватное к росту инфляции ограничение уровня тарифов на перевозку грузов/пассажира, а также сокращение государственного бюджета на поддержку развития железнодорожного транспорта ведет к ухудшению экономической безопасности организации.

**В социальной сфере.** Поэтапное увеличение разрыва при оплате труда способствует большой текучке кадров, что ведет к утечке информации, нарушая (причем довольно серьезно) уровень безопасности. И хотя это можно свести к минимуму, никуда не исчезает угроза отсутствия мотивации у сотрудников. Нехватка стимулов к продвижению по службе ведет к спаду эффективности деятельности, поэтому нужно следить за кадровой стабильностью предприятия.



Всякая деятельность подвержена угрозам и рискам, однако риски в сфере железных дорог остаются наиболее серьезной проблемой, ведь они затрагивают не только экономику предприятия, но и экономическую безопасность всей страны. Исследование рисков для их предотвращения является нужным элементом для стабильной работы железнодорожного транспорта.

#### Список литературы

- 1 **Сытых, Е. И.** Транспортная инфраструктура: Тексты лекций / Е. И. Сытых. – СПб. : СПбГУГА, 2019. – 102 с.
- 2 **Подсорин, В. А.** Методы исследований в экономике : учеб. пособие для магистрантов по направлению «Экономика» / В. А. Подсорин. – М. : РУТ (МИИТ), 2020. – 217 с.

УДК 658.7:69

## ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Т. Г. ПОТЁМКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Сложность проектирования, анализа, координации, управления и совершенствования строительного комплекса (СК) характеризуется:

- *взаимозависимостью* – большое число участников, которые работают вместе, прямо или косвенно сотрудничают посредством материальных, информационных, финансовых, сервисных потоков;
- *изменчивостью* – участники СК сталкиваются со значительным числом внешних и внутренних факторов, происходящих из различных источников, которые могут быть вызваны сетевыми, технологическими, продуктовыми, потребительскими, организационными и информационными сложностями;
- *разнообразием* – СК представлена участниками разной отраслевой принадлежности: промышленность, строительство, транспорт, наука, финансы;
- *неопределенностью* – экономические, политические и социальные изменения в микро-, мезо-, макрологистической системах влияют на финансирование, управление и длительность логистического цикла;
- *транспортоемкостью* – в СК применяется транспортировка автомобильным, железнодорожным, внутренним водным транспортом.

*Логистический процесс в строительном комплексе (ЛЦП СК)* – это последовательная совокупность действий по формированию и развитию ЛЦП СК. С целью декомпозиции выделяют:

- *первичную ЛЦП СК* – доставка материальных ресурсов на предприятия СК;
- *опорную ЛЦП СК* – обеспечение специализированным оборудованием и машинами;
- *ЛЦП СК человеческих ресурсов* – обеспечение трудовыми ресурсами.

**SCM** акцентирует внимание на интеграции структурных единиц ЛЦП СК. Каждое звено в ЛЦП СК может иметь свои цели, задачи, стратегию получения прибыли. **SCM** помогает интеграции логистических партнеров, упорядочить их цели и достичь общих целей: рост эффективности использования производственных ресурсов, снижение логистических издержек, улучшение качества строительной продукции. Для достижения этой цели процессы логистических партнеров должны быть интегрированы.

**Процесс формирования ЛЦП СК в соответствии с SCM** включает несколько этапов.

**1 Проектирование ЛЦП СК.** На сегодняшний день в мировой практике проектирования ЛЦП СК широко применяется два подхода.

*Первый* фокусируется на логистике управления проектом, целью которого является повышение эффективности строительства за счет планирования, обработки и доставки материальных, трудовых ресурсов и специализированных основных средств.

*Второй* рассматривает несколько эшелонов в ЛЦП СК с целью улучшения взаимодействия между поставщиками и клиентами.

**2 Оценка ЛЦП СК.** Актуальной проблемой теории и практики управления ЛЦП СК является сложность оценки сквозного материального потока, которая вызвана следующими причинами.

1 В строительном процессе происходит перемещение строительных бригад при неподвижности объекта строительства. В результате сложно измерить сквозной материальный поток, внимание сконцентрировано на контроле рабочих мест.

2 Строительный процесс осуществляется в рамках проектов. Строительный проект – это не только возведение объекта строительства; он также распространяется на планирование, сборку и утилизацию производственных мощностей (высокая доля НЗП).

При этом ЛЦП часто сосредоточена на одном объекте, что упрощает оценку конечного результата.

**3 Контроль ЛЦП СК. СК имеет множество ЛЦП и сетей с множеством участников. Динамика ЛЦП существенно влияет на специфику и качество контроля ее параметров.**

Строительный процесс – это сложно организованное производство в пространстве и во времени с независимыми друг от друга участниками. В результате ответственность за выполнение контракта и качества строительства полностью возлагается на генерального подрядчика. В современных условиях контроль в ЛЦП СК заключается в следующем:

- контроль соответствия фактических результатов проектным решениям;
- контроль сроков строительства;
- контроль качества строительных материалов, используемых на объекте;
- контроль качества выполняемых строительно-монтажных работ и их соответствия действующим стандартам;
- проверка документации (документов качества, сертификатов и т. д.) на строительные материалы, механизмы, изделия и конструкции, используемые на объекте для оценки их качества;
- при обнаружении дефектов при производстве работ – контроль за их устранением;
- участие в промежуточной приемке наиболее важных строительных объектов (конструкций, элементов и т. д.);
- участие в приемке выполненных работ на этапах строительства;
- участие в приемке строительного, инженерно-монтажного оборудования, доставляемого на строительную площадку после проверки его качества и готовности к работе;
- контроль за объемом, последовательностью и сроками выполнения строительно-монтажных работ;
- контроль за исполнением инструкций и нормативных актов органов авторского надзора и государственного контроля.

Ограниченная область контроля в ЛЦП СК заслуживает особого внимания.

**4 Управление затратами ЛЦП СК.** Управление затратами по проекту строительства и связанные с ним оценки движения денежных средств могут служить базовым ориентиром для последующего мониторинга и контроля ЛЦП СК. Контрактные и рабочие спецификации обеспечивают критерии оценки и требуемого качества строительного процесса. Окончательная детальная смета затрат предусматривает базовый уровень для оценки финансовых показателей в ходе реализации проекта в ЛЦП СК. Строительный процесс находится под финансовым контролем, ориентированным на выполнение работ в соответствии со сметой затрат.

Процесс развития ЛЦП СК ориентирован на процесс построения эталонной модели, который включает пять этапов.

**Этап 1. Планирование.** Участники ЛЦП СК должны сформулировать операционную стратегию.

**Этап 2. Источник.** Включает в себя организацию закупок сырья, материалов, изделий и конструкций (согласование контрактов, графиков поставок, условий поставок и пр.).

**Этап 3. Производство.** Связан с планированием производственных процессов и их связей.

**Этап 4. Продажа.** Связан с системой продвижения объектов строительства, условиями финансирования, кредитования и пр.

**Этап 5. Послепродажное обслуживание** объектов строительства.

Неэффективная и плохо функционирующая цепочка поставок может негативно повлиять на каждый аспект организации ЛЦП СК.

Актуальной проблемой современной теории и практики логистики является построение эффективной системы оценки и управления ЛЦП СК, учитывающей:

- 1) *нестабильность* параметров ЛЦП СК, основанной на проектах с определенными начальными и конечными точками и разделением между проектированием и строительством;
- 2) *качество и цену конечного продукта*, зависящие от множества участников цепи;
- 3) *долгосрочность* планирования и управления;
- 4) *интеграцию* участников цепи в единую оценочную систему;
- 5) *транспортную составляющую* в общих логистических издержках. ЛЦП СК нуждается в постоянном совершенствовании организации, методов и техники перевозки строительных грузов, сокращения транспортных издержек, создании ритмичных поставок строительных материалов, конструкций и изделий на возводимые объекты.

Таким образом, одним из наиболее прогрессивных научных направлений развития строительного комплекса Республики Беларусь может стать применение современных логистических подходов, дающих возможность управлять логистическими потоками в цепях поставок.

УДК 656.2:656.225.073.46

## РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ ОБСЛУЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

*Е. Н. ПОТЫЛКИН, Е. В. МАЛИНОВСКИЙ, С. А. ПЕТРАЧКОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожный транспорт на пространстве СНГ работает в условиях наличия вагонов различной принадлежности, что оказывает существенное влияние на взаимодействие станций с прилегающими путями необщего пользования, где в качестве обслуживающих устройств могут рассматриваться фронты погрузки-выгрузки, маневровые локомотивы, инфраструктура магистрального железнодорожного транспорта, включая систему регулирования порожних вагонов различной принадлежности, в том числе диспетчерский аппарат железнодорожных администраций стран СНГ совместно с транспортно-экспедиционными фирмами.

Вагоны отправителя (собственные, арендованные, операторских компаний) следуют в порожнем состоянии по полному комплекту перевозочных документов как «груз на своих осях». Данные вагоны прибывают в места погрузки неравномерно, а в пути следования отклоняются от своего среднего значения как в большую, так и в меньшую стороны. Эти особенности учитываются коэффициентами вариации входящего потока требований  $v_\lambda$  и продолжительности их обслуживания  $v_\mu$ . В частности, для компенсации данных отклонений от своих средних значений могут быть использованы несколько вариантов:

- 1) содержание дополнительного парка (запаса) вагонов, так называемый страховой запас;
- 2) простой фронта погрузки-выгрузки в ожидании порожних вагонов отправителя и соответственно невыполнение согласованных заявок на перевозку груза и в целом контрактных условий.

Для решения таких задач может быть использована теория массового обслуживания для определения оптимальных значений параметров в процессе взаимодействия элементов как на путях необщего пользования, так и их взаимодействия со станциями магистрального железнодорожного транспорта.

В основу формулы оптимальной загрузки обслуживающего устройства положены следующие условия:

- 1) среднее число требований в очереди, обусловленное неравномерностью потока требований и отклонением от средней продолжительности обслуживания таких требований. Данная величина зависит от относительной загрузки рассматриваемой системы массового обслуживания  $\rho$ :

- 2) в качестве рассматриваемой системы массового обслуживания могут выступать:
  - а) маневровый локомотив;
  - б) фронт погрузки-выгрузки;
  - в) поездной локомотив и др.

Критерий включает в свой состав две составляющие.

1 Издержки, связанные с простоем требований в очереди: среднее число требований в очереди  $W_{оч}$  рассчитывается по формулам теории массового обслуживания в зависимости от относительной загрузки обслуживающего устройства. Средняя величина требования, например, может измеряться в вагонах. В частности, при известных среднечасовой интенсивности потока требований  $\lambda$ , ваг./ч, и средневзвешенной по потоку продолжительности периода времени  $T$ , ч/требование, средняя величина требования составит  $m_{тр} = \lambda T$ . Умножая  $m_{тр}$  на  $W_{оч}$  и стоимость вагоно-часа  $c_{вч}$ , получают издержки, связанные с простоем требований в очереди.

2 Издержки, связанные с простоем обслуживающего устройства, например, маневрового локомотива, которые определяются как  $(1 - \rho) c_{лч}$ , где  $c_{лч}$  – стоимость локомотиво-часа.

Сумма двух вышеприведенных составляющих определяет критерий для расчета оптимальной загрузки маневрового локомотива.

Аналогичным образом можно определить относительную загрузку поездного локомотива частного перевозчика, которая может быть использована для определения числа вагонов в составе поезда, а также выбора количества ниток графика как в условиях наличия резерва пропускной способности участков, так и при отсутствии таких резервов.

Предлагаемый подход к определению обслуживающих устройств на путях необщего пользования позволяет:

1 Рассчитать тариф за конкретную подачу-уборку вагонов к местам погрузки-выгрузки перевозочных средств, что отвечает современным условиям, характеризуемым наличием вагонов различной принадлежности, и тенденциям рынка транспортных услуг.

2 Обосновать оптимальные решения в процессе взаимодействия элементов в системе путей необщего пользования, обеспечивающие не только минимальные издержки участников рассматриваемых процессов, но и рациональные технологические способы достижения поставленных целей.

3 Формировать эффективную базовую экономическую модель взаимодействия путей необщего пользования со станциями их примыкания.

УДК 681.5

## **ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЁМА ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Н. В. РЯЗАНЦЕВА, Е. А. ЖИДКОВА, В. Н. СТРИЛЕЦ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Санкционная политика по отношению к Республике Беларусь способствует развитию собственных технологических решений при создании новых и модернизации существующих производств. Внедрение безопасных информационных технологий становится приоритетной задачей автоматизации технологических процессов, в том числе в области деревообрабатывающего производства. Задача разработки автоматизированной системы определения объёма древесины, которая позволяет осуществлять запись параметров в реальном времени является весьма актуальной в связи с тем, что подобная технология позволяет существенно повысить эффективность работы системы и снизить издержки. Определение объёма древесины является трудоёмким и времязатратным процессом для человека, кроме того, существует вероятность наличия большой погрешности при определении объёма.

При больших объёмах поступления лесосырья можно воспользоваться двумя методами экспертизы – выборочной или сплошной. При использовании сплошного метода определения объёма и качества сырья используются оптические сканеры. Большинство предприятий применяют сплошной метод определения объёма и качества сырья, так как он полнее отражает как качественные, так и количественные показатели, и ведет к бесконфликтной приемке лесоматериалов. При возникновении рекламационной ситуации транспортное средство – лесовоз, вагон или баржа – выгружается в специально отведенное место с указаниями реквизитов отправителя для проведения совместной приемки.

Одной из проблем при автоматизации процесса определения объема древесины в Республике Беларусь является невозможность сертификации видеокамер для использования в промышленном производстве, хотя их использование позволило бы получить самое экономически выгодное решение.

Второй проблемой является высокая стоимость автоматизированных систем определения объема древесины. Использование дорогостоящих систем экономически не оправдано, поскольку процесс определения объема древесины не является ключевым в производстве и при необходимости может производиться вручную.

Замену обычным видеокамерам в таких системах предлагают два производителя: российская компания ООО «АВТОМАТИКА-ВЕКТОР» и немецкая компания «SICK Sensor Intelligence». Но стоимость готовых автоматизированных систем, а главное, затраты на их обслуживание весьма высоки.

Авторы предлагают автоматизировать процесс определения объема древесины с использованием инфракрасных излучателей без использования видеокамер, что позволяет устанавливать данную систему на закрытых объектах.

Предлагаемая автоматизированная система определения объема древесины включает в себя:

- микроконтроллеры Arduino Nano Atmel ATmega328 для регистрации данных;
- микроконтроллер Arduino Mega 2560 для сбора и обработки информации;
- инфракрасные светодиоды TSAL6100;
- инфракрасные фотодиоды TSOP31230;
- преобразователи интерфейсов USB-RS232-RS485/RS422;
- источник бесперебойного питания.

Автоматизированная система определения объема древесины использует уже существующий конвейер (рисунок 1). На конвейере устанавливается рамка сканера, ограничивающая площадь сканирования, внутри которой с одной или с двух сторон крепятся инфракрасные светодиоды, и таким образом создается сеть инфракрасных лучей. На другой стороне или на двух других сторонах рамки крепятся инфракрасные фотодиоды.

При прохождении бревна через рамку сканера сигналы от инфракрасных фотодиодов поступают на микроконтроллер регистрации данных, затем в микроконтроллер сбора и обработки информации, в котором определяются линейные параметры бревна и формируется профиль бревна в одной или двух плоскостях, а затем данные передаются на автоматизированное место диспетчера.

При анализе профиля бревна отфильтровываются мешающие факторы, такие как сучки, сколы и перемычки, и рассчитываются основные необходимые геометрические параметры.

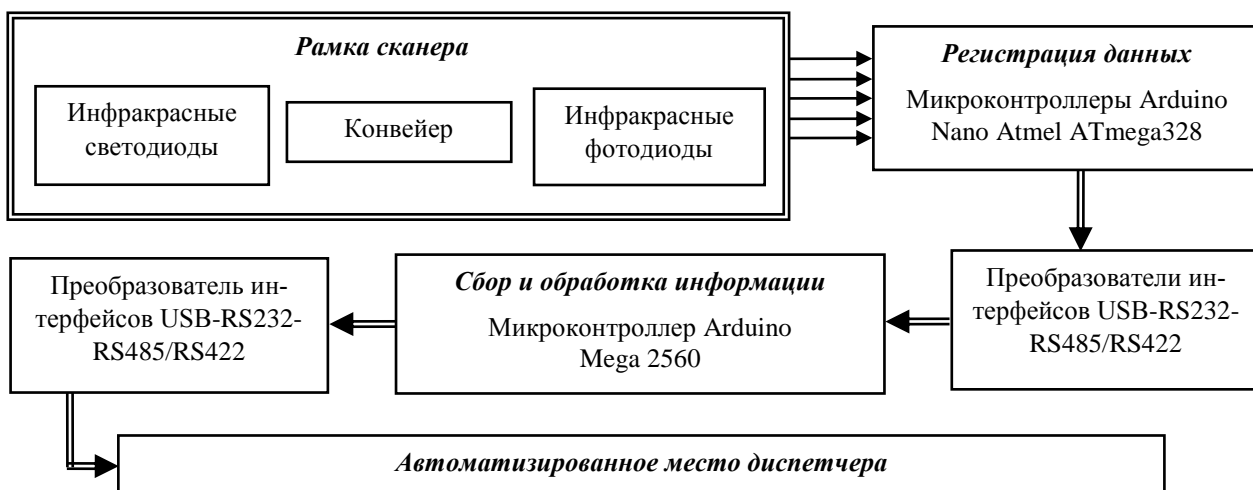


Рисунок 1 – Автоматизированная система определения объема древесины

Программное обеспечение автоматизированной системы определения объема древесины состоит из нескольких блоков:

- программное обеспечение микроконтроллеров Arduino;

- приложение для связи всей системы с сервером;
- модуль для обмена данными по протоколу Modbus RTU.

Для микроконтроллеров Arduino Nano Atmel ATmega328 и Arduino Mega 2560 программное обеспечение создано в программной среде Arduino IDE на языке C++.

Программное обеспечение микроконтроллера Arduino Nano Atmel ATmega328 содержит три модуля:

- опроса инфракрасных фотодиодов;
- обработки полученных данных;
- вывода данных по протоколу Modbus RTU в микроконтроллер Arduino Mega 2560.

Программное обеспечение микроконтроллера Arduino Mega 2560 содержит следующие модули:

- опроса микроконтроллера Arduino Nano Atmel ATmega328;
- опроса датчиков расстояния и предварительной обработки полученных данных;
- определения линейных размеров бревна, анализа профиля бревна, вычисления объема бревна;
- вывода данных в формате протокола Modbus RTU на автоматизированное место диспетчера.

Для отображения показаний с микроконтроллеров на автоматизированном месте диспетчера используется операционная система Arduino Mega Server.

Связь микроконтроллеров между собой и с персональным компьютером диспетчера осуществляется по протоколу Modbus RTU.

Предложенная автоматизированная система определения объема древесины не является затратной – предварительная стоимость оборудования и разработки программного обеспечения составляет менее 2000 рублей. Применение этой системы позволит ускорить процесс определения объема древесины, удешевить процесс обработки древесины, а также минимизировать влияние человеческого фактора на производственный процесс.

УДК 338.47

## **ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*С. А. САРЫЧЕВА, В. А. НАДЕЖКИН*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Железнодорожный транспорт представляет собой масштабную транспортную систему, первоочередной задачей которой является обеспечение безопасности движения поездов, качественное обслуживание пассажиров, удовлетворение запросов населения в плане перевозок [1]. Роль железнодорожного транспорта за счет огромных территорий страны, природных ресурсов, востребованности в передвижении, высока. Благодаря грамотному функционированию железнодорожной отрасли возможно развитие всех отраслей.

Цель работы заключается в определении экономической безопасности железнодорожного транспорта как науки, а также выявлении специфики представления безопасности железнодорожной сети.

Особенность железнодорожного транспорта как сферы экономики заключается в доставке необходимых для производства специальных оборудования, материалов, которые в конечном итоге представляют собой готовую продукцию. С помощью такой крупной сети в мире, как железнодорожный транспорт, удастся создавать и внедрять новейшие варианты разработки систем интервального регулирования движения поездов, которые отвечают за безопасность движения, а также определение пропускной способности участка железной дороги [2, 3]. К преимуществам железнодорожного транспорта можно отнести:

- высокие показатели пропускной способности;
- осуществление регулярности перевозок в любое время года и при разнообразных погодных условиях;
- обслуживание всех отраслей экономики;
- удовлетворение потребностей населения в перевозках;

- отлаженное расписания транспортировки;
- низкий уровень воздействия на состояние окружающей среды;
- обеспечение централизованной системы управления железнодорожных перевозок;
- особенность в географическом единстве страны и др. [4].

С учетом того, что железнодорожная отрасль является одной из главных в обеспечении экономической безопасности, важно учитывать все факторы, которые оказывают положительный эффект на целостность обширных территорий страны. Все элементы, входящие в состав экономической сферы деятельности, составляют единую схему представления экономической безопасности (рисунок 1). Благодаря этому за короткое время происходит ликвидация угроз на участках железных дорог, надежное функционирование систем регулирования движения поездов [5].

Однако представленные элементы (см. рисунок 1) и их непосредственная взаимосвязь может приводить к негативным последствиям за счет возникающих угроз для экономических структур: неустойчивое функционирование вследствие ограниченности некоторых видов ресурсов, отсутствие большого количества интеллектуальных систем контроля за организацией управления железной дороги.



Рисунок 1 – Составные части экономической безопасности на железнодорожном транспорте

Для борьбы с возникающей угрозой экономической безопасности на железнодорожном транспорте необходимо внедрение качественной модели формирования диагностики, которая бы выявляла разности показателей экономической безопасности и предотвращала материальный и финансовый ущерб. Для этого важна глубокая проработка темы исследования: оценки финансовой, кадровой и технико-технологической составляющих экономической безопасности железнодорожного транспорта, выделение характеристики ее уровней.

#### Список литературы

- 1 Сарычева, С. А. Видеофиксация препятствий на железнодорожном переезде на ходу поезда / С. А. Сарычева, В. А. Надежкин // Молодежная наука: вызовы и перспективы : материалы V Всерос. науч.-практ. конф. / отв. ред. О. В. Карсунцева. – Самара : СамГТУ, 2022. – С. 304.
- 2 Надежкин, В. А. К вопросу инновационных технологий интервального регулирования движения поездов на примере системы управления движением на Московском Центральном кольце / В. А. Надежкин, С. А. Сарычева // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2022. – Т. 1. – С. 133–136.
- 3 Надежкин, В. А. Анализ новых систем интервального регулирования движения поездов / В. А. Надежкин, А. С. Хохрин, В. Б. Тепляков // Образование – Наука – Производство : материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф., Чита, 24 декабря 2020 года. – Чита : ЗаБИЖТ – филиал ИрГУПС, 2020. – С. 169–173.

4 Агапова, Т. Н. Специфика и угрозы обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта / Т. Н. Агапова, И. С. Якшина // ТДР [Электронный ресурс]. – 2011. – № 6. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsifika-i-ugrozy-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-zheleznodorozhnogo-transporta>. – Дата доступа : 14.09.2022.

5 Богданова, Т. В. Экономическая безопасность транспортных организаций: научно-методические подходы и практика оценки / Т. В. Богданова, А. А. Капырин, Р. В. Русинов // Вестник ГУУ [Электронный ресурс]. – 2013. – № 21. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-bezopasnost-transportnyh-organizatsiy-nauchno-metodicheskie-podhody-i-praktika-otsenki>. – Дата доступа : 14.09.2022.

УДК 004.418

## **ПОНЯТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ КАК МЕХАНИЗМА РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ**

*Л. Г. СИДОРОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современные бизнес-процессы основаны на применении цифровых технологий с целью успешной реализации концепции клиентоориентированности.

Внедрение биометрических технологий позволяет не только ускорить проведение платежных мероприятий с целью улучшения качества предоставления услуг, но и способствует расширению сферы взаимодействия организаций с потенциальными клиентами по различным направлениям деятельности.

В нашем мире у каждого человека есть свои уникальные физические характеристики. Некоторые из них получены от рождения – ДНК, отпечатки пальцев, геометрия руки, рисунок вен, а также радужная оболочка глаза. Другие характеристики приобретаются со временем и могут изменяться при жизни человека. Таковыми являются походка, интонации голоса, а также подпись человека. Все характеристики людей уникальны, а значит, по ним можно идентифицировать личность. На этом и построены биометрические технологии, помогающие распознавать человека по одному или нескольким признакам.

На данный момент биометрические технологии активно применяются в повседневной жизни людей. Благодаря интеграции с мобильными устройствами многие из нас ежедневно взаимодействуют с той или иной формой биометрической аутентификации. Стоит отметить, что с помощью специальных современных устройств таких, как сканеры, сенсоры биометрические данные человека записываются в специальную базу данных. Система анализирует информацию (например, отпечаток пальца) и преобразовывает её в цифровой код. После этого человек должен приложить палец к устройству, система сравнит новый код с тем, что был записан ранее. Если коды совпадут, то система выдаст положительный ответ, который подтвердит результат идентификации конкретного человека.

Все биометрические технологии связаны со следующими операциями:

- 1) запись или снимок – физический или поведенческий образец снимается системой, в том числе во время процессов идентификации и проверки;
- 2) выделение или извлечение – данные извлекаются, обрабатываются, а также преобразовываются в математический код, после этого создаётся шаблон;
- 3) сравнение – при такой операции происходит сравнение шаблона с представленным образцом, который был создан в процессе проведения аутентификации либо идентификации;
- 4) совпадение или несовпадение – такая операция позволит определить, совпадает ли результат с биометрическим образцом [1, с. 89].

Банки, торговые центры, рестораны, транспортные системы и многие другие сервисы сегодня активно стали внедрять биометрические технологии. Можно сказать, что с одной стороны, данное внедрение защищает клиентов от мошенников, потому что преодолеть шифры двойной, а иногда и тройной биометрической идентификации весьма сложно. С другой, упрощает финансовые операции такие, как покупки, денежные переводы и др.



Впервые биометрический платеж в виде распознавания лица был сделан на примере покупки чашки кофе. Процесс оплаты занял несколько секунд. Так как биометрический платеж взаимосвязан с системой быстрых платежей (СБП), то есть деньги за покупку могут быть либо списаны со счета, либо платеж можно осуществлять по карте.

В последнее время биометрические технологии становятся все более популярными в жизнедеятельности людей. Примером являются предприятия торговли и ресторанного бизнеса, практикующие такой метод оплаты, как FaceID. При таком методе человеку необходимо посмотреть на камеру, которая закреплена на кассе, но для того, чтобы система смогла распознать лицо, нужно предварительно скачать специальное приложение. В данном приложении нужно ввести данные своей банковской карты и загрузить свою фотографию. После этого датчики камеры сфотографируют вас и сравнят данные с имеющейся информацией. При совпадении данных деньги с карты будут списаны автоматически.

Платёжные системы Apple Pay, Samsung Pay и Android Pay позволяют пользователям аутентифицировать свою личность с помощью отпечатка пальца. Это позволяет быстро и просто расплатиться за покупки своими смартфонами.

На данный момент современные бизнес-процессы во всех сферах, в том числе и транспортной деятельности, зачастую основаны на использовании возможностей цифровых технологий для реализации концепции клиентоориентированности, включая обеспечение постоянного удаленного доступа клиентов к услугам конкретного сервиса, например, по приобретению и оплате проездных документов и иных услуг.

При этом одним из дальнейших направлений развития и совершенствования концепции клиентоориентированности при обеспечении надлежащего уровня безопасности при оказании услуг, в том числе дистанционных, может быть внедрение и использование биометрических технологий в различных сферах деятельности.

Следует отметить, что на сегодняшний день одних паролей для защиты данных недостаточно. Поэтому многофакторная аутентификация до сих пор является незаменимой вещью в среде цифровых технологий [2].

Множество организаций запускают пилотные проекты для тестирования биометрических технологий, причем развитие биометрических технологий обусловлено развитием мобильных технологий. Сегодня уже используются технологии, которые позволяют с помощью камеры смартфона осуществлять идентификацию по лицу и по радужной оболочке глаза.

Также стоит сказать о том, что существуют такие направления использования биометрических технологий:

- как банкоматы и терминалы самообслуживания. В таких устройствах сенсоры интегрированы прямо в банкоматы. Снятие наличных из банкомата происходит с помощью мобильного телефона с использованием биометрических технологий;

- совершение покупок с помощью биометрических технологий: как мобильные платежи, так и платежи «на кассе», которые осуществляются с помощью мобильного телефона или биометрических терминалов без использования карт;

- дистанционное обслуживание: удаленная идентификация, голосовая биометрическая идентификация в колл-центрах и др.

- корпоративное использование биометрических технологий: контроль за работой сотрудников, доступ к защищенным системам, системы контроля и управления доступом и др.

Наиболее распространенными биометрическими данными, которые уже имеют практическое применение, являются отпечатки пальцев, геометрия ладони, рисунок вен, а также голос.

Кроме того, следует отдельно определить особенности биометрических данных, основными из которых являются:

- 1) информация о биометрических данных содержится только в системах с закрытым доступом для внешнего пользования;

- 2) биометрические данные собираются только с согласия человека. Например, при оформлении визы нужно будет указать в письменном виде своё согласие на проведения процедуры по сбору биометрических идентификаторов;

- 3) чаще всего используют многослойную аутентификацию. Проверка данных проходит сразу по нескольким параметрам.

Говоря о преимуществах внедрения биометрических технологий, нельзя не отметить отсутствие на данный момент в Республике Беларусь соответствующего законодательства, которое должно регламентировать работу биометрических технологий. Данный факт создает правовую неопределенность и вытекающие из нее правовые риски для участников рынка [3].

Обобщая вышеизложенное можно сказать, что основными преимуществами внедрения биометрических технологий являются: рост эффективности рабочего времени и ответственности кадров, высокая скорость процесса подтверждения личности, максимальный уровень безопасности информации.

#### Список литература

1 **Татарченко, И. В.** Концепция интеграции унифицированных систем безопасности / И. В. Татарченко, Д. С. Соловьев // Системы безопасности. – 2019. – № 1 (73). – С. 86–89.

2 **Татарченко, Н. В.** Биометрическая идентификация в интегрированных системах безопасности / Н. В. Татарченко, С. В. Тимошенко // Специальная техника. – 2020. – № 2.

3 **Тихонов, В. А.** Информационная безопасность: концептуальные, правовые, организационные и технические аспекты : учеб. пособие / В. А. Тихонов, В. В. Райх. – М. : Гелиос АРВ, 2016. – 526 с.

УДК 656.073

### **ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ**

*А. А. СИРОТКИН*

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

*А. А. ТРЕЩЕВА*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Одним из актуальных аспектов логистики является изучение вопросов создания объектов логистической инфраструктуры. Изучение результатов научных исследований российских ученых в области логистической инфраструктуры позволил сделать вывод о том, что процесс принятия решения о создании в регионе логистических и транспортно-логистических центров нуждается в адаптации к текущей рыночной ситуации и проведении соответствующего факторного анализа.

Изучим факторы, которые целесообразно учитывать при принятии решения о создании объектов логистической инфраструктуры на примере Самарской области.

Первый фактор – экономический профиль региона. Самарская область занимает первое место в России по уровню развития сферы государственно-частного партнерства (эта характеристика является важной в связи с [1]) и относится к группе регионов с высокой инвестиционной привлекательностью.

Второй фактор – кадровое обеспечение функционирования объекта логистической инфраструктуры. В Самарской области непосредственно логистов готовят в Самарском государственном университете путей сообщения (направление подготовки 38.03.02 «Менеджмент» / профиль «Логистика»), Самарском государственном экономическом университете (направление подготовки 38.03.02 «Менеджмент» / профиль «Управление логистикой в бизнесе»), Самарском национальном исследовательском университете имени академика С. П. Королева (направление подготовки 38.03.02 «Менеджмент» / профиль «Логистика и управление цепями поставок»).

Третий фактор – индустриальный потенциал региона. Такой потенциал в Самарской области представлен четырьмя кластерами: аэрокосмическим, химическим, IT и автомобильным. На территории Самарской области функционирует ряд индустриальных парков. Стоит выделить индустриальный парк «Преображенка», в котором работают логистические центры крупных компаний (таблица 1).

Таблица 1 – Логистические центры крупных компаний в индустриальном парке «Преображенка» (составлено авторами статьи на основе [2–4])

Логистический центр Почты России	Логистический центр Яндекс.Маркет
Зона обслуживания – Самарская область. Цель – уменьшение сроков обработки и оптимизация маршрутов доставки внутрироссийской и международной почты. Площадь терминала – более 15000 м <sup>2</sup> . Суточная производительность – до 300000 отправок	Зона обслуживания – Приволжский Федеральный округ. Цель – уменьшение времени доставки посылок по губернии и соседним регионам. Суточная производительность – до 180000 посылок. Площадь более 30000 м <sup>2</sup> . Возможность одновременного хранения до 2,5 миллиона разногабаритных позиций

Вместе с тем создание логистических объектов в регионе зависит от уровня концентрации зарождения грузопотока и уровня потребления конечной продукции в рамках региона [5].

Четвертый фактор – территориально-позиционный: возможность размещения в местах, тяготеющих к железнодорожным, автомобильным, водным и авиационным транспортным коммуникациям. Примерами по этому фактору являются: индустриальный парк в границах особой экономической зоны «Тольятти» удален от международного аэропорта «Курумоч» на 60 км, федеральной трассы М5 – на 22 км, порта Тольятти – на 17 км; выгодное транспортно-географическое положение (выход в Каспийское и Азовское море и далее в Мировой океан) и близость к крупнейшим потребительским рынкам создают потенциал для формирования транспортно-логистического кластера в городском округе Сызрань с ориентацией на обработку грузов нескольких видов транспорта (речного, железнодорожного и автомобильного); Сызранский речной порт расположен на транспортном коридоре «Север – Юг».

Пятый фактор – адаптационный: возможность адаптации имеющихся и строительства будущих объектов транспортной и логистической инфраструктуры для создания транспортно-логистического центра. Например, формирование транспортно-логистического центра в Сызранском речном порту требует коренной перестройки существующей инфраструктуры: выноса причальной стенки на 10–15 м в акваторию реки Волга; строительства дамбы или ежегодное проведение дноуглубительных работ на фарватере; проведения реконструкции причальной и тыловой зоны порта для обработки 20- и 40-футовых контейнеров; строительства современного контейнерного и складского комплекса; реконструкции железнодорожного путевого хозяйства.

Шестой фактор – альтернативность: возможность выбора площадки для будущего объекта логистической инфраструктуры. Например, создание тримодального транспортно-логистического центра в городском округе Сызрань предполагает выбор между двумя площадками (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика площадок для возможного тримодального транспортно-логистического центра в городском округе Сызрань (составлено авторами статьи на основе [6])

Сызранский речной порт	Причал АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод»
Расстояние до железнодорожного пути – 0,85 км, до ближайшей железнодорожной станции – 3 км, до трассы М5 – 9 км. Свободные площадки, примыкающие к речному порту, – 7,3 га. Комплекс административных и производственных зданий, помещений площадью более 40 тыс. км <sup>2</sup>	Расстояние до железнодорожного пути – 8 км, до ближайшей железнодорожной станции – 2 км, до трассы М5 – 34 км, до трассы Р228 – 4,3 км, до речного порта – 15 км. Свободные площадки, примыкающие к АО «Сызранский нефтеперерабатывающий завод», – 5 га. Комплекс административных и производственных зданий, помещений площадью более 95 тыс. км <sup>2</sup> . Длина причальной стенки 60 м

Седьмой фактор – перспектива. Сюда относится, например, наличие свободных площадок (см. таблицу 2), незагрузка (относительно возможного уровня) ежегодным грузопотоком (например, для Сызранского речного порта фактический грузопоток составляет только 30 % от возможного) и т. п. К результату учета на практике этого фактора относится, в частности, обеспечение максимальной загрузки современной сторонней (коммерческой) логистической инфраструктуры за счет отказа от собственных непрофильных, малоиспользуемых, морально и физически устаревших активов.

Восьмой фактор – технико-технологический. Например, Сызранский речной порт способен принимать и обслуживать суда класса «река-море», его грузовой терминал обеспечивает проведение круглосуточных погрузочно-разгрузочных работ.

#### Список литературы

1 Прокофьева, Т. А. Государственно-частное партнерство как механизм реализации инвестиционных проектов создания транспортно-логистических центров (возможные формы ГЧП, требования к параметрам и условиям вхождения

частного капитала в проект, основные обязанности и права участников ГЧП) / Т. А. Прокофьева, В. И. Сергеев // Бюллетень транспортной информации. – 2010. – № 8 (182). – С. 3–10.

2 1,5 млрд рублей инвестиций, 650 новых рабочих мест и ускоренная доставка писем – в Самарской области открыт логистический почтовый центр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.samregion.ru/press\\_center/events/15-mlrd-rublej-investicij-650-novyh-rabochih-mest-i-uskorennaya-dostavka-pisem-v-samarskoj-oblasti-otkryt-logisticheskij-pochtovyj-centr/](https://www.samregion.ru/press_center/events/15-mlrd-rublej-investicij-650-novyh-rabochih-mest-i-uskorennaya-dostavka-pisem-v-samarskoj-oblasti-otkryt-logisticheskij-pochtovyj-centr/). – Дата доступа : 14.09.2022.

3 В Самарской области открыли логистический центр Яндекс.Маркета [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://63.ru/text/economics/2022/04/22/71277920/>. – Дата доступа : 15.09.2022.

4 В Преображенке открыт логистический центр Почты России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://investinsamara.ru/news/2021/20612/>. – Дата доступа : 16.09.2022.

5 **Подолинная, С. Д.** Транспортно-логистические центры. Анализ текущего состояния. Проблемы и перспективы развития / С. Д. Подолинная, Е. Э. Червотенко // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 1. – С. 207–211.

6 Презентационные материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://investinsamara.ru/prezentatsionnye-materialy/>. – Дата доступа : 17.09.2022.

УДК 656.2.035

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЭКСПЕДИТОРСКОГО ВОЗНАГРАЖДЕНИЯ ЗА ОКАЗАННЫЕ УСЛУГИ

*А. Н. СЛАДКЕВИЧ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

*И. А. ЕЛОВОЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**Основные положения формирования экспедиторского вознаграждения.** Общее вознаграждение экспедиторской организации зависит от количества и качества оказываемых транспортно-экспедиционных услуг. В связи с этим должна быть дана характеристика каждого из клиентов экспедиторской организации, позволяющая оценить общее вознаграждение ее для рассматриваемого клиента. Оценка общего вознаграждения экспедиторской организации по каждому клиенту может быть выполнена в абсолютных величинах (ден. ед./договор) или в относительных (в процентах от тарифа). Одновременно должно быть учтено и качество транспортно-экспедиционного обслуживания [2].

В практической деятельности общее вознаграждение оценивается в процентах от тарифа (провозных платежей), что является удобным и простым способом. Однако провозные платежи зависят от расстояния перевозки, уровня тарифной ставки (ден. ед./т) и других параметров. Решение рассматриваемой задачи может опираться на теоретические исследования или на обработку реальных статистических данных, зависящих от нескольких параметров. Преимуществом второго подхода является учет одновременно количественных и качественных показателей, которые могут быть установлены экспертным путем. В то же время использование второго подхода требует учета неопределенности, обусловленной ошибками и некомпетентностью экспертов, статистической погрешностью исходных данных и другими факторами. С учетом вышеизложенного в основу решения рассматриваемой задачи следует закладывать второй подход, т. е. использование статистических данных.

В результате исследований установлено, что в условиях монополии и конкуренции для формирования показателей транспортно-экспедиционного обслуживания и экспедиторского вознаграждения необходимо решить ряд стратегических и оперативных задач.

*Стратегические задачи* связаны с установлением предельных значений экспедиторского вознаграждения, то есть минимальных и максимальных значений. Причем, стратегические задачи направлены на повышение качества транспортно-экспедиционного обслуживания и стремление к эталонному уровню по каждому из показателей, характеризующих высокий уровень такого обслуживания.

*Оперативные задачи* в своей основе связаны с заявками и договорами клиентов. Причем, вознаграждение экспедитора и показатели транспортно-экспедиционного обслуживания должны вписываться в их предельные значения как в условиях монополии, так и в условиях конкуренции на рынке транспортных услуг.

Таким образом, основные положения формирования вознаграждения экспедиторской организации могут быть сведены к следующим этапам:

1) расчет минимального значения вознаграждения экспедиторской организации с учетом неопределенности (рисков);

2) то же в форме процента от тарифа или абсолютного значения с учетом неопределенности (рисков) [3];

3) обоснование количества среднеквадратических отклонений при заданном уровне надежности обслуживания в большую сторону от среднего или минимального значения вознаграждения экспедиторской организации;

4) определение максимального значения вознаграждения экспедиторской организации с учетом неопределенности (рисков);

5) то же в форме процента от тарифа или абсолютного значения с учетом неопределенности (рисков);

б) выбор лучшего варианта вознаграждения с учетом интересов экспедиторской организации и клиента.

**Расчет минимального и максимального значений экспедиторского вознаграждения.** Среднее значение процента или коэффициента вознаграждения  $\bar{\alpha}_b$  для экспедиторской организации определяется на основе отношения

$$\bar{\alpha}_b = \sum_{i=1}^n \Delta C_i / \sum_{i=1}^n C_i, \quad (1)$$

где  $\sum_{i=1}^n \Delta C_i$  – сумма вознаграждения, причитающаяся экспедиторской организации по всем догово-

рам в течение определенного периода времени;  $\sum_{i=1}^n C_i$  – сумма провозной платы и сборов, иных платежей, перечисляемых третьим лицам, которых привлек экспедитор для оказания услуг клиенту за тот же период времени;  $n$  – количество договоров.

По каждому договору на транспортно-экспедиционное обслуживание величина  $C_i$  будет иметь свое значение, которое в своем большинстве будет случайным. Это же в полной мере относится и к значениям  $\Delta C_i$ . В связи с этим величина  $\alpha_{b_i}$  для каждого рассматриваемого значения будет также случайной. В то же время среднее значение коэффициента  $\bar{\alpha}_b$  будет постоянной расчетной величиной в течение рассматриваемого периода времени.

Величины  $\Delta C_i$  и  $C_i$  могут подчиняться различным законам распределения. В соответствии с этим будут неодинаковыми величины коэффициента вознаграждения

$$\alpha_{b_i} = \Delta C_i / C_i. \quad (2)$$

Средний коэффициент вознаграждения будет подвергаться рискам. В итоге *минимальный нижний предел коэффициента вознаграждения*  $\alpha_{b_i}^{\min}$  должен обеспечивать:

1 Возмещение средних издержек экспедиторской организации за определенный период времени, включая нормативную прибыль, налоги и другие выплаты,  $\bar{\alpha}_b$ .

2 Учет рисков, связанных со случайным характером параметров или неопределенностью:

а) оплаты провозных платежей,  $\Delta \alpha_b^{\text{оп}}$ ;

б) изменения потоков грузов, порожних вагонов и контейнеров и др., включая форс-мажорные обстоятельства,  $\Delta \alpha_b^{\text{H}}$ ;

в) поведения клиентов: их ненадежность, появление у них рисков и др. (так называемая репутационная надежность),  $\Delta \alpha_b^{\text{P}}$ .

В конечном итоге минимальная величина коэффициента вознаграждения определяется из соотношения

$$\alpha_{b_i}^{\min} = \bar{\alpha}_b + \Delta \alpha_b^{\text{оп}} + \Delta \alpha_b^{\text{H}} \pm \Delta \alpha_b^{\text{P}}. \quad (3)$$

Формула (3) применима в условиях монополии. В условиях конкуренции следует учитывать применяемую величину коэффициента на рынке  $\alpha_B^k$  и выполнение условия  $\alpha_{B_i}^{\min} \leq \alpha_B^k$ . С целью уменьшения  $\alpha_{B_i}^{\min}$  следует использовать совмещение профессий, автоматизацию выполняемых операций и другие мероприятия.

Максимальное значение коэффициента вознаграждения зависит от многих причин [1]:

- 1 Среднее значение и тенденции к изменению объемов перевозок грузов (увеличение или уменьшение).
- 2 Форма оплаты и источники средств для оплаты сторонним организациям.
- 3 Расчетное значение экспедиторского вознаграждения, определенное с учетом рисков. В результате полученные численные значения величин в пунктах 1–3 будут выражены в явной форме по рассматриваемым альтернативным вариантам.
- 4 Сложность маршрута. Данный показатель применяется при наличии и сравнении нескольких альтернативных вариантов.
- 5 Наличие комплексных услуг может рассматриваться как количественный, так и качественный показатель. В первом случае он может быть рассчитан как коэффициент по отношению к тарифной ставке. Тогда он перейдет в группу первых трех показателей.
- 6 Наличие соответствующих структурных подразделений и филиалов экспедиторской организации.
- 7 Наличие соответствующих договоров со сторонними организациями.
- 8 Валюта договора.
- 9 Деловая репутация, надежность клиента.
- 10 Принадлежность транспортных средств согласно договору.
- 11 Влияние на выполнение показателя «экспорт услуг».

Показатели 4, 6–11 могут рассматриваться как количественные и будет применяться соответствующая методика при сравнении альтернативных вариантов. После выбора лучшего варианта устанавливается значение коэффициента вознаграждения с использованием доверительного интервала («первый» вариант). С помощью доверительного интервала учитывается неопределенность, обусловленная показателями 4, 6–11.

Однако деятельность экспедиторской организации связана с международными перевозками, где существуют иные правила ценообразования, которые обусловлены, в первую очередь, большей степенью неопределенности («второй» вариант). Здесь устанавливается максимальное значение коэффициента вознаграждения экспедитора с заданной надежностью (доверительной вероятностью), а затем предоставляются соответствующие конкретным показателям скидки с установленного коэффициента вознаграждения.

Ранее указывалось, что величины  $\alpha_{B_i}$ ,  $\Delta C_i$  и  $C_i$  могут считаться случайными по причине невозможности предсказания их отклонений от среднего (детерминированного) значения. В результате выполненных исследований установлено, что значения коэффициента вознаграждения экспедитора подчиняются нормированному закону Эрланга  $n$ -го порядка с функцией распределения  $F(\alpha_B)$ .

При этом риск неполучения доходов экспедиторской организации будет составлять 16 % или  $1 - 0,838 = 0,162$ , если значения коэффициента вознаграждения будут находиться в пределах  $\bar{\alpha}_B \pm \sigma$  или  $[\bar{\alpha}_B^{0\sigma} - \sigma < \alpha_B < \bar{\alpha}_B^{0\sigma} + \sigma]$ , где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

При этом значения коэффициента вознаграждения будут распределены по показательному закону. На рисунке 1 приведено графическое изображение наиболее вероятных ситуаций.

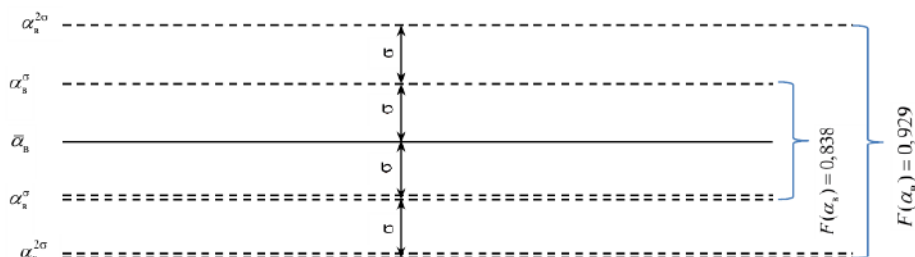


Рисунок 1 – Графическое изображение наиболее вероятных значений коэффициента вознаграждения экспедиторской организации

### Список литературы

- 1 **Еловой, И. А.** Интегрированные логистические системы доставки ресурсов : теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с.
- 2 **Комаров, А. В.** Теория комплексной эксплуатации видов транспорта / А. В. Комаров // ВИНТИ : Транспорт, наука, техника. Ч. I. – 2002. – № 10. – С. 70.
- 3 **Резер, С. М.** Тарифное регулирование логистических схем товаропотоков / С. М. Резер, И. А. Еловой. – М. : ВИНТИ РАН, 2009. – 364 с.

УКД 656.07:338.2

## АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ В ПЕРИОД ТРАНСФОРМАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК

*Ю. И. СОКОЛОВ, З. П. МЕЖОХ, О. В. КОРИШЕВА*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Развитие экономики и повышение уровня экономической безопасности находится в тесной взаимосвязи с возможностями транспортного комплекса. Особую роль в российской экономике занимает железнодорожный транспорт, обеспечивая почти половину грузооборота в стране, а без учета трубопроводного транспорта более 85 % грузооборота. Железнодорожный транспорт участвует не только во внутренних перевозках, но и в международном сообщении, а также транзитных перевозках. При этом сам железнодорожный транспорт зависит от состояния экономики и тенденций ее развития, так как любой экономический спад сразу отражается в падении показателей деятельности транспорта, а, следовательно, и доходов [3]. Текущие изменения в сфере международных отношений и торговли сформировали новые вызовы и угрозы для железнодорожной отрасли и транспорта в целом. Резкое изменение логистических цепочек и рынков сбыта привело к падению показателей деятельности транспорта с одновременной необходимостью поиска подходов по формированию цепочек поставок.

За первые полгода 2022 года наблюдается снижение по многим видам грузов. Например, каменного угля за январь – июнь 2022 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года погружено на 5 % меньше, а именно 176,2 млн т; цемента за аналогичный период погружено на 3 % меньше, 11,8 млн т; зерна погружено на 14,1 % меньше по сравнению с прошлым годом, а именно, 10,5 млн т. Погрузка чёрных металлов и сырьевых грузов также снижается, основной причиной чего служит снижение объемов производства данных видов грузов. Так, железной руды погружено меньше на 1,9 % в январе – июне 2022 года по сравнению с аналогичным показателем 2021 года – 58,3 млн т; лома черных металлов погружено за анализируемый период на 18,2 % меньше по сравнению с прошлым годом – 6,5 млн т; кокса погружено на 9,1 % меньше по сравнению с 2021 годом – 5,2 млн т; погрузка черных металлов также начала снижаться и с середины апреля 2022 года стала меньше показателей 2021 года и в июне 2022 года даже опустилась ниже показателей 2020 года (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика погрузки ключевых видов грузов за первое полугодие 2022 года [2]

Груза	Погружено в июне 2022 г., млн т	Изменение к июню 2021 г., %	Погружено в январе – июне 2022 г., млн т	Изменение к январю – июню 2021 г. %	Погружено вагонов в июне 2022 г., тыс. ед.
Каменный уголь	26,9	– 11,8	176,2	– 5	379,0
Удобрения	5,0	– 3,8	30,6	– 6,1	73,0
Строительные материалы	12,5	+ 1,6	62,5	+ 1,3	185,0
Нефть и нефтепродукты	17,5	+ 4,8	107,0	+ 0,4	301,0
Зерно	1,3	0,0	10,5	– 14,1	19,0
Цемент	2,6	– 10,3	11,8	– 3,0	38,0
Черные металлы	5,0	– 10,7	34,8	+ 1,2	79,0
Кокс	0,8	– 20,0	5,2	– 9,1	16,0
Железная руда	9,5	– 4,0	58,3	– 1,9	136,0
Лом черных металлов	0,8	– 52,9	6,5	– 18,2	14,0

*Примечание – Составлено по данным АНО «ИПЕМ» [2].*

При этом за первое полугодие 2022 года по сравнению с январем – июнем 2021 года рост погрузки произошел по строительным грузам и нефти и нефтепродуктам: +1,3 % и +0,4 % соответственно.

Рост перевозок строительных грузов обусловлен активизацией различных строительных проектов в стране, однако, увеличение спроса на перевозки данных грузов сопровождается определенными сложностями. Так, с начала года образовался дефицит вагонов под перевозку строительных грузов, что спровоцировало рост цен на предоставление вагонов. Однако к концу первого полугодия 2022 года из-за снижения объемов перевозок сформировался, наоборот, профицит вагонов, и цены предоставления вагонов снизились. Снижение цен на вагоны способствовало росту перевозок строительных грузов, но изменение логистических цепочек увеличило спрос на железнодорожные перевозки и грузоотправителям строительных материалов пришлось столкнуться с ограничениями, так как, учитывая строительную специфику, спрос на вагоны под перевозку этого груза возникает зачастую незапланированно. Выделение части вагонного парка из оборота под перевозки строительных грузов вызвало бы необходимость поиска источников возмещения простоя вагонов операторам, поэтому «наиболее рыночным саморегулируемым механизмом являлось бы проведение своевременных тендерных процедур на подряды и заключения победителями тендеров соответствующих договоров с производителями стройгрузов. Это позволило бы внедрить фактор долгосрочного планирования производственной программы, заключения договоров на предоставление вагонов, планирования перевозок в ОАО «РЖД»» [1].

В сегменте контейнерных перевозок также наблюдается отрицательная динамика в связи с изменением логистических цепочек. Основные потоки переориентировались с запада на восток и юг. Основными направлениями сейчас являются Турция и Республика Корея, откуда прибывающие из России грузы направляются по дальнейшим маршрутам. Рост контейнерных перевозок за первые шесть месяцев 2022 года по сравнению с 2021 годом составил лишь 1,5 %, что к концу года может даже перейти в отрицательные значения, так как в июне 2022 года по сравнению с июнем 2021 года падение перевозок в контейнерах составило 4,8 %. Динамика контейнерных перевозок по видам грузов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика контейнерных перевозок по видам грузов [2]

Груз	Доля в структуре контейнерных перевозок В 2022 году, %	Изменение за январь – июнь 2022 года По сравнению с январем – июнем 2021 года, %
Химикаты и сода	11,9	+1,8
Лесные грузы	9,0	-2,5
Промышленные товары	6,4	-6,8
Метизы	5,8	-8,2
Бумага	5,7	+2,7
Машины, станки, двигатели	5,5	-3,4
Черные металлы	3,7	-3,3
Автомобили и комплектующие	3,5	-22,5
Остальные и сборные	2,8	+15,5
Строительные	2,5	+16,6
Цветные металлы	2,1	-11,6
Удобрения	1,5	+90,0
Прочие грузы	39,6	+6,8

*Примечание – Составлено по данным АНО «ИПЕМ» [2].*

Следует выделить рост перевозок удобрений за первые шесть месяцев 2022 года, что связано с существенным ростом транзитных перевозок белорусских удобрений в Китай. Только в мае 2022 года было отправлено 2719 контейнеров, а в июне 2022 года уже 4894 контейнера. Транзитные перевозки являются важнейшим перспективным сегментом, способным повысить доходы железнодорожного транспорта в непростой период, а увеличение контейнерных перевозок в целом должно также стать одним из приоритетных направлений развития железнодорожного транспорта. Проанализированные тенденции работы железнодорожного транспорта подтверждают значимость и ключевую роль транспорта в формировании новых торговых связей и развитии экономики.

#### Список литературы

- 1 АНО «ИПЕМ» [Электронный ресурс] : [официальный сайт]. – Режим доступа : <http://ipem.ru/news/publications/2262.html>. – Дата доступа : 28.09.2022.
- 2 На Северо-Западном направлении экспорт в июне снизился на 17,1 % – до 12 млн тонн [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://ipem.ru/research/rail\\_transport/rail\\_presentations/371.html](http://ipem.ru/research/rail_transport/rail_presentations/371.html). – Дата доступа : 28.09.2022.
- 3 Соколов, Ю. И. Анализ текущего состояния и деятельности транспортного комплекса России в аспекте формирования национальной экономической безопасности / Ю. И. Соколов, О. В. Коришева // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : междунар. сб. науч. тр. – Гомель, 2019. – Вып. 12. – С. 328–334.



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ В ЛОКОМОТИВНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Н. С. ФЕДИВА, Т. И. ЖЕЛУДКОВИЧ*  
*Белорусская железная дорога, г. Минск*

*Е. О. ФРОЛЕНКОВА*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Белорусская железная дорога является одним из крупнейших, а также стратегически важных предприятий Республики Беларусь, которая выступает в качестве связующего звена единой экономической системы республики и обеспечивает стабильную финансово-хозяйственную деятельность крупнейших предприятий страны. Учитывая специфику осуществления финансово-хозяйственной деятельности, возникает строгая необходимость контроля доходов и расходов на всех уровнях финансово-хозяйственной деятельности.

На железнодорожном транспорте система управления затратами включает в себя комплекс последовательно и постоянно осуществляемых организационных и практических работ по формированию методологической базы для своевременного и объективного учета и анализа затрат, выбору методов учета затрат, разработке объективных нормативов и стандартов с целью оптимизации процесса их планирования, калькулирования себестоимости перевозок, координации действий производства и управления для удовлетворения потребительского спроса в железнодорожных перевозках.

Учет затрат – определяющий элемент в системе управления, так как он обеспечивает получение всей необходимой информации о произведенных затратах для управления ими. Учет затрат представляет собой систему сбора, регистрации, обобщения и обработки информации о затратах с целью контроля за ними и их распределения между отдельными объектами калькулирования себестоимости. Следовательно, он формирует информационную базу для всех элементов системы управления.

В настоящее время в состав Белорусской железной дороги входит 6 отделений (унитарных предприятий) – Минское, Барановичское, Брестское, Гомельское, Могилевское и Витебское отделения, объединяющие 367 станций, из них: 4 – пассажирских, 9 – сортировочных, 27 – грузовых, 12 – участковых и 315 промежуточных (в том числе разъезды и обгонные пункты), 17 локомотивных депо, 12 вагонных депо, 20 дистанций пути, 13 дистанций сигнализации и связи, 7 дистанций электроснабжения и другие предприятия. В целях соблюдения единообразия ведения учета активов, обязательств, собственного капитала, доходов и расходов, а также рациональной организации бухгалтерского и налогового учета, руководствуясь Законом Республики Беларусь «О бухгалтерском учете и отчетности», на Белорусской железной дороге принято Положение об учетной политике. Ведение бухгалтерского учета в организациях осуществляется в соответствии с Планом счетов бухгалтерского учета, утвержденным приказом Начальника Белорусской железной дороги.

Планирование (прогнозирование) и учет расходов ведется на базе Номенклатуры расходов Белорусской железной дороги и имеет своей целью:

- правильное определение потребности в ресурсах для оказания услуг (перевозка грузов, пассажиров, багажа, грузобагажа, почты, услуги инфраструктуры), выполнение работ и услуг, производство продукции иных видов деятельности;
- единообразие в классификации расходов, включаемых в себестоимость услуг железнодорожного транспорта, продукции, работ и услуг иных видов деятельности;
- формирование финансовых результатов;
- получение необходимой информации для определения расходов по перевозкам, по продукции, работам и услугам иных видов деятельности, для управления затратами, их анализа и выявления на этой основе резервов их сокращения.

Номенклатура расходов БЖД содержит три части:

Часть I «Производственные расходы организаций железнодорожного транспорта».

Часть II «Расходы общие для всех отраслей хозяйства железной дороги» (общепроизводственные).

Часть III «Управленческие расходы» (общехозяйственные).

В Части I сгруппированы производственные расходы по отдельным технологическим операциям осуществления процесса перевозки грузов и пассажиров, в том числе оказания услуг инфраструктуры, производства продукции, работ и услуг иных видов деятельности. В соответствии с Номенклатурой управление затратами происходит по двум группам учета затрат:

Группа «А» «Расходы по технологическим операциям услуг железнодорожного транспорта общего пользования» (возмещаются за счет тарифов и дополнительных сборов);

Группа «Б» «Расходы по иным видам деятельности» (возмещаются за счет договорных цен).

Группа «А» включает две подгруппы учета затрат:

Подгруппа «А.1» «Расходы по услугам железнодорожного транспорта, возмещаемые за счет тарифов на перевозку грузов и пассажиров и тарифов на услуги инфраструктуры (эксплуатационные расходы)».

Подгруппа «А.2» «Расходы по услугам железнодорожного транспорта, возмещаемые за счет дополнительно установленных сборов, согласно утвержденным дополнительным тарифным ставкам».

В Части II сгруппирован перечень общепроизводственных затрат, в составе которых выделяются расходы по содержанию и эксплуатации автомобильных транспортных средств, технических средств и оборудования железнодорожного транспорта, включающие в себя расходы по их работе, содержанию и ремонту.

В Части III сгруппирован перечень общехозяйственных затрат, включающих в себя расходы по организации управления процессом производства продукции, работ и услуг.

Финансовый учет производственно-хозяйственной деятельности всех предприятий БЖД осуществляется в рамках Единой корпоративной интегрированной системы управления финансами и ресурсами (ЕК ИСУФР).

Программный комплекс ЕК ИСУФР позволяет производить учет расходов укрупненно, путем сравнения статьи в разрезе элементов затрат за несколько лет, можно проследить их динамику, однако выявить причину роста/снижения затрат, эффективность процесса на конкретном предприятии с участием определенных технологий, механизмов, трудовых материальных и иных ресурсов не представляется возможным.

Актуальной проблемой является отсутствие возможности выделения затрат по конкретным бизнес-процессам (элементам бизнес-процессов) и тем самым влияния на их эффективность. Для её решения возникает необходимость изменения существующей методики учета затрат, а также показателей оценки бизнес-процессов, которыми оперирует как их участник, так и владелец.

Основной целью является совершенствование бизнес-процессов в локомотивном хозяйстве посредством оптимизации существующей методики планирования и управления ресурсами предприятия в программном комплексе ЕК ИСУФР.

Модули внедренного в локомотивном хозяйстве программного комплекса ЕК ИСУФР и существующую методику учета расходов необходимо переработать под конкретную специфику или определенный бизнес-процесс. В итоге существующие бизнес-процессы будут выстроены таким образом, что позволят дополнить программный комплекс ЕК ИСУФР параметрами для возможности определения затрат по каждому бизнес-процессу.

Разработка методики и внедрение показателей оценки бизнес-процессов обеспечит возможность анализа бизнес-процессов, а также уменьшит бумажный документооборот, расширит полноту предоставления информации для принятия управленческих решений с целью качественного управления затратами, доходами и результатами деятельности, что позволит повысить эффективность управления предприятиями локомотивного хозяйства.

#### Список литературы

1 Номенклатура расходов Белорусской железной дороги : учеб.-метод. пособие / В. Г. Гизатуллина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 189 с.

2 Шатров, С. Л. Формирование системы управления эффективностью бизнес-процессов в локомотивном хозяйстве: процессы технического обслуживания и ремонта локомотивов / С. Л. Шатров, Н. С. Кузнецова // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2019. – Вып. 12. – С. 342–349.

УДК 656

### ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

*О. А. ХОДОСКИНА, А. В. ЧЕРНЕВСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожный транспорт Республики Беларусь является современной системой, отвечающей не только требованиям народно-хозяйственного комплекса страны, но и чутко реагирующей на

нововведения, появляющиеся и внедряемые в передовых отраслях экономики, актуальные технологические решения, применяемые в конкурирующей области, в том числе и на других видах транспорта.

В современном мире существует большое количество возможностей по оптимизации различных процессов на предприятиях железнодорожного транспорта. Если внедрение различных программ по оптимизации работы способно повысить качество функционирования организации, то руководство готово вложить в это немалые деньги. Одним из наиболее перспективных и уже зарекомендовавших себя при использовании в транспортной сфере является технология «цифрового двойника», позволяющая воспроизводить форму и действия оригинального объекта, будучи синхронизированной с ним. Такой «двойник» значительно облегчает моделирование различных условий и событий, которые могут происходить с объектом в реальном времени и позволяет избежать ситуаций, которые могут нанести вред людям и окружающей среде или минимизировать последствия от них как по времени, так и по затратам различного рода ресурсов. В основе концепции «цифрового двойника» лежит разделение его на три основные части:

- физический продукт в реальном пространстве;
- виртуальный продукт в виртуальном пространстве;
- данные и информация, которые объединяют виртуальный и физический продукт.

Такой подход предполагает, что вся информация, которую можно получить от объекта моделирования, может быть получена от его «цифрового двойника».

Однако применение всего комплекса программных продуктов, который бы охватывал полностью перевозочный процесс, зачастую нецелесообразно по причине как высокой стоимости, так и достаточной сложности практической реализации проекта – разработка и внедрение полномасштабного уникального программного обеспечения, соответствующего потребностям конкретного транспортного предприятия, требует не только больших затрат времени, но и наличия высококвалифицированных сотрудников, которые могли бы создать необходимый программный продукт и поддерживать его работу, а также актуализировать его в соответствии с изменяющимися потребностями и возможностями самого предприятия и транспортного рынка. Поэтому при современной реализации таких моделей выделяю несколько их видов, отвечающих конкретному набору задач:

- прототип – представляет собой виртуальный аналог реального объекта, который содержит все данные для производства оригинала;
- экземпляр – содержит данные обо всех характеристиках и эксплуатации физического объекта, включая трехмерную модель, и действует параллельно с оригиналом;
- агрегированный двойник – вычислительная система из цифровых двойников и реальных объектов, которыми можно управлять из единого центра и обмениваться данными внутри.

В связи с этим в разрезе программы инновационного развития на Белорусской железной дороге одной из таких оптимизационных программ является разработка Гомельского конструкторско-технического центра. Ее применение носит адресный характер и охватывает не весь технологический процесс, а направлено на его «узкие места», оптимизация работы по которым позволит качественно организовать и весь процесс, так как автоматизированная система управления хозяйством сигнализации и связи Белорусской железной дороги (АСУ Ш БЧ) – это программа, которая предоставляет множество решений для оптимизации рабочего процесса компании. С помощью этого программного продукта можно повысить эффективность работы предприятия за счет автоматизации тех операций, которые сотрудникам приходилось выполнять вручную: учет, планирование и управление ресурсами компании. Благодаря внедрению такой программы освобождается время, которое сотрудники могут потратить на решение других актуальных задач. АСЦ Ш БЧ разработана на основе современных информационных технологий, используемых при моделировании работы структурных подразделений железной дороги, базирующихся на создании развитой системы клиентских мест, позволяющих производить ввод, первичную обработку информации непосредственно в местах ее зарождения с дальнейшей передачей информации в единую базу данных об отказах технических средств, автоматики, телемеханики и связи, сбоях в работе устройств АЛСН и КЛУБ, отказах в работе устройств ДИСК КТСМ на Белорусской железной дороге. АСУ Ш БЧ состоит из нескольких подсистем:

- учет и анализ отказов;
- учет приборов и планирование работ по их техническому обслуживанию;
- учет технической оснащенности хозяйства сигнализации и связи.

Подсистема «Учет и анализ отказов». Основным назначением подсистемы является повышение достоверности и оперативности информации об отказах в работе устройств, обслуживаемых дистанциями сигнализации и связи, сокращение затрат труда на обработку этой информации, передачи ее в вышестоящую службу.

Подсистема позволяет:

- вносить данные об отказах с целью длительного хранения и последующего анализа;
- просматривать хранящиеся отказы с различными критериями их выборки (по месту происшествия, по обслуживающему подразделению, какой либо характеристике отказавшего элемента);
- проводить анализ и учет потока отказов в работе устройств;
- получать отчетные документы в требуемом пользователю виде.

Подсистема «РТУ-ТО». Основное назначение подсистемы является автоматизация функций учета работ по замене и ремонту приборов, повышение достоверности и оперативности информации о плановых ремонтах приборов, обслуживаемых дистанциями сигнализации и связи, сокращение времени и затрат труда на обработку этой информации. Контроль службы сигнализации и связи за своевременным проведением работ на дорожном уровне.

Подсистема позволяет:

- создавать и корректировать информацию по каждому прибору (год выпуска, номер, место установки, дата последней проверки, межремонтный срок эксплуатации, наличие запасного фонда);
- проводить анализ и учет потока отказов в работе устройств;
- планировать замену приборов с выдачей технологически необходимой информации;
- контролировать выполнение планов по замене приборов;
- получать отчетные документы в требуемом виде;
- получать данные о технической оснащенности хозяйства сигнализации и связи.

С точки зрения экономической составляющей – внедрение указанного программного продукта позволит значительно сократить затраты Белорусской железной дороги по службе сигнализации и связи, связанные с неожиданно возникающими отказами устройств, несвоевременной заменой деталей и узлов оборудования дистанции сигнализации и связи. Суммарная экономия ресурсов по рассмотренным направлениям поэлементной реализации проекта составит порядка 10 %.

Таким образом, инновационное развитие железнодорожного транспорта на всех его уровнях помогает не только разнообразить весь спектр торгово-экономических, культурных и научно-технических связей, а также, минимизировав затраты, улучшить его положение на транспортном рынке страны.

#### Список литературы

- 1 Материалы IV Международного форума (15–16 декабря 2021 г.) / под ред. В. И. Сырямкина. – Томск : STT, 2022. – 94 с.
- 2 **Ходоскина, О. А.** Место железнодорожных перевозок в транспортном комплексе страны: маркетинговые инновации / О. А. Ходоскина // Мониторинг и анализ в системе эффективного менеджмента на железнодорожном транспорте: реалии и перспективы : материалы VII науч.-практ. Междунар. конф. – Киев : Укрзалізниця, 2019. – С. 23–24.
- 3 **Михальченко, А. А.** Современные подходы в инвестиционной деятельности для развития железной дороги / А. А. Михальченко, В. С. Коцур // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 144–145.

УДК 656.21.001.42

### **RESEARCH ON COMPREHENSIVE OPTIMIZATION OF TRAIN MARSHALLING AND PARKING SCHEME OF INTERCITY RAILWAY BASED ON OPERATION COST**

*HE. HON*

*Guangzhou Railway Polytechnic, China*

*LI. DEWEI*

*Beijing Jiaotong University, China*

#### **1 Optimization model of large and small group train operation scheme in multi-stop mode**

*1.1 Problem Description.* Whether in urban rail transit or intercity railway, compared with the line running a single group of trains, the use of large and small groups of trains can make the transportation capacity and passenger flow of the time and space distribution more matched, can alleviate the waste of transportation capacity, the low frequency of service at some stations, passenger waiting, transfer and long

travel time in transit, etc., based on this, starting from the train operating costs, in the case of fully investigating the OD passenger flow data of intercity railway lines and related operating parameters, study the study of meeting a certain train frequency without crossing the train, Under the constraints of OD service frequency and other constraints, the optimization of the operating cost and train full load rate of intercity railway lines is compared with the use of "single marshalling and station stop mode" compared with the use of "single grouping and station stop mode".

1.2 *Parameter definition of the model.* Taking the operating cost of the train as the optimization goal, and taking the number of trains and stops of the trains in the large and small groups as the decision variables, the optimization model of the operation scheme of the large and small groups of trains in the multi-stop mode is constructed. The parameters involved in the model and their meanings are shown in Table 1 below.

Table 1 – The meaning of parameters in the model

PARAMETERS	MEANING	REMARK
$C_l$	The cost per kilometer of vehicle operation	
$C_s$	The cost of each stop for a vehicle	
$f_k$	he number of trains in the k type	Decision variables
$f_{max}$	The maximum number of open rows in an operating period	
$f_{1min}$	The minimum number of trains opened in large groups	
$f_{2min}$	The minimum number of trains opened in small groups	
$g_k$	The number of vehicles grouped	$g_1 = 8, g_2 = 4$
$L$	Intercity rail line mileage	
$\eta_{max}$	The upper limit of the cross-sectional full load rate	
$\eta_{min}$	Lower bound of the average cross-sectional full load rate	
$L_1$	Total mileage of the small interchange route	
$L_1 + L_2$	Total mileage of the large interchange route	
$a_{k,u}^r$	0,1 variable indicating whether the rth train of the group type k stops at station u,	$a_{k,u}^r = \begin{cases} 1, & \text{stop} \\ 0, & \text{no} \end{cases}$
$C$	Vehicle capacity	
$\eta_d$	The cross-sectional full load rate of the dth interval	
$\eta_{max}$	The upper limit of the cross-sectional full load rate	
$\eta_{min}$	The lower limit of the cross-sectional full load rate	
$Q_{ij}$	Total OD passenger traffic from i station to j station	
$q^i$	A train attracts passenger traffic at i station	
$q_d$	Cross-sectional traffic in the d zone	
$r_{i,j}$	The number of trains that stop at stations i and j	
$U$	A collection of stations along the line	$U = u   u = 1, 2, \dots, U$
$W$	A meeting place at a station along the small interchange	
$B$	A collection of stations in the Large Interchange after the elimination of stations that duplicate the Small Interchange	
$Z$	The objective function of the model	
$\varepsilon_i$	0,1 variable, 1 indicates large intersection	

1.3 *Objective function of the model.* Starting from the actual operation of intercity railways, based on the actual passenger flow OD requirements, it is found that the running cost of trains caused by a single large group of trains and a single stop mode is too high, and the large and small group train operation scheme using the multi-stop mode can reduce the operating costs of the train, so the objective function of the model is to minimize the operating costs of the train. From the perspective of train operation, the train operating cost mainly includes the train operation cost and the train stop cost, of which the operation cost includes the energy consumption cost of the train such as electricity, the line use cost, and the train operation cost is related to the vehicle traveling kilometers and the operating cost of the vehicle per kilometer; The cost of train stops refers to the costs incurred by the train during the stop at the station, which is related to the number of train stops and the cost of each stop. The objective function is as follows:

1.4 Constraints of the model. The constraints of the model mainly include the number of trains, train full load rate, OD service frequency, stop constraint, integer value constraint of variables, and 0,1 variable constraint.

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{k=1}^2 f_k \cdot g_k \cdot L_1 \cdot C_l + (\sum_{r=1}^{f_1} g_1 \cdot \varepsilon_r + \sum_{r=f_1+1}^{f_1+f_2} g_2 \cdot \varepsilon_r) \cdot L_2 \cdot C_l + \\ & + \sum_{k=1}^2 \sum_{r=1}^{f_k} \sum_{w=1}^W a_{k,w}^r \cdot g_k \cdot C_s + (\sum_{r=1}^{f_1} \sum_{b=W+1}^U a_{1,b}^r \cdot g_1 \cdot \varepsilon_r + \sum_{r=f_1+1}^{f_1+f_2} \sum_{b=W+1}^U a_{2,b}^r \cdot g_2 \cdot \varepsilon_r) \cdot C_s. \end{aligned}$$

(1) The upper and lower limits of the number of open rows and columns

Considering the operating costs of the enterprise and the operation safety of the train, and meeting the number of trains in the large and small group trains during peak hours, it is necessary to set upper and lower limits on the number of trains opened in any period:

$$\sum_{k=1}^2 f_k \leq f_{\max}, f_1 \geq f_{1\min}, f_2 \geq f_{2\min}.$$

(2) Full load rate constraint

According to the OD passenger flow demand, the cross-sectional passenger flow can be obtained, and then the cross-sectional full load rate can be obtained. Considering the train capacity, it is necessary to constrain the upper limit of the cross-sectional full load rate and the lower limit of the average cross-sectional full load rate:

$$\eta_d = \frac{\sum_{i=1}^d \sum_{j=d+1}^N q_{ij}}{\sum_{k=1}^2 f_k \cdot g_k \cdot C} \leq \eta_{\max}, \bar{\eta}_d \geq \eta_{\min}.$$

(3) OD service frequency constraints

In order to meet the travel needs of passengers, the number of OD service trains cannot be less than the minimum:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{r=1}^{f_k} a_{k,i}^r \cdot a_{k,j}^r \geq \frac{Q_{ij}}{\min(q^i, q^j)}.$$

(4) Stop constraints

The train operation interchange is divided into two types: large interchange and small interchange, and the stop mode is divided into three types: large station stop, station stop and station choice stop. According to the stop needs of different stations of different interchanges, the specific stops of the trains are restricted as follows: small interchange trains can choose 3 kinds of stops, first and last stops and intermediate 1 stop; Dajiao road trains can choose 3 schemes: station stop, big station stop and intermediate choice of 2 stops; The specific constraints are as follows:

$$\sum_{w=1}^W a_{k,w}^r \cdot (1 - \varepsilon_r) = 2 \text{ or } 3 \text{ or } W, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2;$$

$$\sum_{w=1}^W a_{k,w}^r \cdot (1 - \varepsilon_r) = 2 \text{ or } 3 \text{ or } W, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2;$$

$$(a_{k,1}^r + a_{k,W}^r + a_{k,U}^r) \cdot \varepsilon_r = 3, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2;$$

$$\sum_{u=1}^U a_{k,u}^r \cdot \varepsilon_r = 3 \text{ or } 5 \text{ or } U, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2.$$

(5) Integer variable value constraints

$$f_k \in Z^+.$$

(6) 0,1 variable value constraint

$$a_{1,u}^r = 0, 1; a_{2,u}^r = 0, 1.$$

## 2 Study case analysis

In the proposed train operation plan of the large and small group under the multi-stop mode, 2 trains with 4 cars and 1 train with 8 cars are opened during peak periods, as shown in Table 2, compared with the current train operation plan, the optimization rate of train operating costs reaches 59%, and the optimization of the full load rate of the section reaches 200%, as shown in Table 3.

Table 2 – Multi-stop mode of large and small group trains running plan

Train	Station									Grouping
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4

Table 3 – Optimization results of the train operation scheme of the small and small groups

	Present	After optimization	Optimization amount	Optimization rate
Train operating costs	6270	2560	3710	59%
Cross-sectional full load rate	0.2888	0.8665	0.5777	200%

## 3 Conclusion

It is of great significance to study the optimization of intercity railway train marshalling and stopping scheme from the perspective of operating costs to improve the operation status of enterprises. The optimization model of the large and small group train operation scheme in the multi-stop mode can better adapt to the passenger flow needs in the early stage of intercity railway opening, reduce the operating cost of the train, and improve the full load rate of the section. In the future, with the development of supporting facilities and equipment along the intercity railway line and the gradual formation of the intercity railway network, the passenger flow demand and passenger flow travel characteristics of the intercity railway will also change, so the follow-up research will further optimize the train marshalling scheme, stop plan, departure interval, etc. on the basis of considering the interchange connection between the intercity railway or the intercity railway and the high-speed rail, and improve the matching degree of the train's capacity and passenger flow demand on the basis of reducing the operating cost of the train.

УДК 656.078

### СПЕЦИФИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В НОВЫХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

*А. А. ХОРОШЕВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет;  
Белорусская железная дорога, г. Минск*

Железнодорожный транспорт составляет основу транспортной системы Республики Беларусь и призван обеспечивать своевременное, полное и качественное удовлетворение потребностей населения, организаций и учреждений страны в перевозках. В настоящее время Белорусской железной дорогой обеспечивается около 59,9 % всего грузооборота и 21,5 % пассажирооборота [1]. Существенная важность железнодорожного транспорта обусловлена тем фактом, что, производя перевозки любых грузов в соответствии с потребностями производства, он делает возможным нормальное функционирование и развитие всех отраслей, регионов и предприятий. При этом, работа железнодорожного транспорта осуществляется в условиях наличия ряда внутриотраслевых и внутрифирменных ограничений, снижающих эффективность функционирования и выступающих в качестве отраслевых и корпоративных угроз экономической безопасности.

Так, классический перечень отраслевых угроз, обуславливающих наличие возможности нарушения экономической безопасности железнодорожного транспорта страны, включает:

– смешанный административно-рыночный характер управления – функционирование Белорусской железной дороги производится на конкурентных рынках и в условиях необходимости обеспе-

чения самокупаемости, при этом управление перевозками осуществляется в достаточно жестких административных рамках, в том числе в вопросах тарифообразования;

- убыточность пассажирских перевозок, связанную с предыдущей угрозой и обусловленную регулированием тарифов на пассажирские перевозки со стороны органов государственного управления и установлением их уровня в размере, существенно меньшем реальной себестоимости, а также отсутствия механизма государственного заказа;

- необходимость обслуживания ряда важнейших государственных предприятий по тарифам, равным себестоимости оказания услуг или установленным меньше уровня себестоимости;

- снижение уровня государственного финансирования инвестиционных программ и проектов и переход на финансирование развития за счет собственных средств Белорусской железной дороги, получение значимой величины которых ограничено субсидируемыми пассажирскими перевозками и ограничениями на тарифообразование в грузовых перевозках;

- рост конкуренции в отрасли в совокупности с изменением конъюнктуры национального и мирового логистического рынка; снижение спроса на оказываемые услуги.

Данные угрозы имеют комплексный характер и во многом обусловлены особенностями развития национальной экономики в целом, отличающейся сохранением существенного государственного регулирования в критически важных областях. Минимизация отмеченных угроз в рамках работы железнодорожного транспорта производится лишь в рамках планирования текущей деятельности в объемах, позволяющих покрывать убыточность пассажирского транспорта и осуществлять последовательное и своевременное финансирование инвестиционных проектов.

В группу корпоративных угроз экономической безопасности одновременно входят:

- существенный удельный вес условно-постоянных расходов в себестоимости перевозок, связанный с необходимостью постоянного поддержания нормального технического состояния локомотивного и вагонного парков, а также обеспечения функционирования объектов железнодорожной инфраструктуры;

- снижение уровня маржинальности за счет постоянного роста эксплуатационных затрат и одновременно запаздывающего повышения тарифов, требующих обязательного согласования;

- несовершенство организации корпоративного взаимодействия и недостаточно высокий уровень информатизации и цифровизации, обуславливающие замедление всех бизнес-процессов и не позволяющие осуществлять организацию перевозок с максимальным коэффициентом эффективности.

Обеспечение минимизации вероятности негативного влияния данных (корпоративных) угроз на работу Белорусской железной дороги производится за счет постоянной реализации мероприятий по их устранению, в том числе: 1) разработки мер по сокращению уровня эксплуатационных расходов за счет развития электрического железнодорожного транспорта и автоматизации ряда управленческих функций; 2) постоянного поиска вариантов роста маржинальности, в том числе через согласование роста тарифов на грузовые перевозки; 3) формирование механизма государственного заказа на осуществление пассажирских перевозок в региональном экономклассе и городском сообщениях; 4) постепенного построения цифровой модели Белорусской железной дороги с последовательной цифровизацией всех бизнес-процессов. Совокупность отмеченных мер позволяет обеспечивать эффективное функционирование национального железнодорожного транспорта при одновременном стабильном росте качества оказываемых услуг.

Однако важно отметить, что возникший в 2022 г. военно-политический конфликт и его последствия в значительной степени изменили мировые связи, а это впоследствии привело к необходимости практически полной перестройки как сформированных транспортных, так и финансовых потоков. В сложившихся обстоятельствах перечень существующих угроз экономической безопасности значительно расширился и включил:

1) в рамках отраслевых угроз:

- наличие существенных ограничений в пределах географии поставок, состава перевалочных баз, а также объемов перевозок, обусловленное сокращением пропускной способности и снижением количества согласуемых заявок на международные перевозки;

- неадекватное современной экономической ситуации ограничение роста железнодорожных тарифов, обуславливающее значительное снижение уровня получаемой прибыли;



– наличие ограничений в видах и формах принятия платежей, а также невозможность получения оплат от отдельных стран и банков;

– безответственное и неконтролируемое поведение владельцев собственного подвижного состава, приводящее к возникновению упущенной выгоды ввиду неисполнения поданных ими заявок на перевозку;

– возникновение значимых неконтролируемых факторов, затрагивающих область таможенного оформления и пропуска железнодорожных составов по территории других стран и обуславливающих существенное повышение времени доставки грузов;

2) в рамках корпоративных угроз:

– неполучение оплаты по оказанным услугам ввиду отклонения платежа одним из банков и, как следствие, снижение оборачиваемости денежных средств;

– сокращение объемов перевозок и замена не пользующихся спросом высокомаржинальных грузов на низкомаржинальные, ведущие к снижению уровня выручки;

– повышение уровня информационных атак на корпоративные сервисы, наличие проблем с работой отдельных приложений и программ.

Для обеспечения экономической безопасности Белорусской железной дороге пришлось в кратчайшие сроки налаживать новые варианты сотрудничества, трансформировать выстроенные цепи поставок и политику взаимодействия с руководством и железнодорожными операторами иных стран (в т. ч. в границах ЕАЭС), а также осуществлять поиск резервов, обеспечивающих сохранение лояльного уровня тарифов на осуществляемые грузовые перевозки. Все вышеотмеченное позволило организовать работу национального железнодорожного транспорта таким образом, чтобы обеспечивалось его эффективное функционирование и максимальное удовлетворение потребностей клиентов в доставке грузов. При этом существенный перечень имеющихся в настоящее время угроз экономической безопасности требует дальнейшего реформирования системы управления железнодорожным транспортом, а также определяет необходимость поиска новых подходов к организации экономических процессов в отрасли, основанных на повышении гибкости и адаптивности управленческих систем (в т. ч. за счет цифровой трансформации бизнес-процессов).

#### Список литературы

1 Статистика грузооборота и пассажирооборота [Электронный ресурс] // Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/h-passazhirooborot/>. – Дата доступа : 04.09.2022.

УДК 656.2.064

## МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

*Т. А. ЧУЯСОВА*

*Белорусская железная дорога, г. Гомель*

Организация материально-технического обеспечения предусматривает организацию системы обеспечения производственного предприятия материально-техническими ресурсами и организацию его собственной службы материально-технического обеспечения. Инфраструктура материально-технического обеспечения включает подразделения: складского, транспортного, заготовительного хозяйств. На отдельных предприятиях могут быть также подразделения по переработке отходов производства и тарного хозяйства.

На железнодорожном транспорте создана централизованная система обеспечения структурных подразделений практически всеми видами материальных ресурсов. Централизованное снабжение наряду с отделами материально технического снабжения (ОМТС) осуществляет Белжелдорснаб, являющийся филиалом ГО БЖД. Он определяет потребность железнодорожного транспорта в материальных ресурсах, разрабатывает сводный бюджет запасов и закупок в целом по БЖД, заключа-

ет договоры с поставщиками, объявляет конкурсы на закупку нужных материальных ресурсов, определяет и контролирует ценовую политику на эти ресурсы, способствуя снижению издержек производства. Оплату материальных ресурсов Белжелдорснаб и ОМТС производит за счет собственных средств, которые для этих целей ему выделяет ГО БЖД.

Часть материальных ресурсов с разрешения ГО БЖД железные дороги, заводы и другие филиалы могут приобретать самостоятельно. Это децентрализованные закупки, осуществление которых возможно, когда фактическое наличие материалов ниже установленного норматива (лимита). В таком случае филиалы и их структурные подразделения должны в обязательном порядке соблюдать требование минимизации цен. Суть его в том, что цены на материальные ресурсы, приобретаемые самостоятельно, не должны быть выше цен на аналогичные материальные ресурсы, приобретаемые централизованно.

С точки зрения организации снабжения и применяемой методологии бухгалтерского учета материальные ресурсы на железных дорогах можно разделить на три группы: материалы общего назначения; топливо и смазочные материалы; материалы верхнего строения пути.

Приобретаемые централизованно материалы общего назначения от поставщиков поступают на базы (структурные подразделения) Белжелдорснаба или на склады других филиалов, такие как ОМТС.

На железных дорогах организующим звеном по материалам общего назначения (черные и цветные металлы, метизы, кабельные изделия, лакокрасочные материалы и т. п.) является служба материально-технического снабжения (НХ), в непосредственном ведении которой находится главный склад железной дороги (НХГ).

На отделениях железных дорог организатором снабжения материалами общего назначения выступает отдел материально-технического обеспечения (НОДХ) и его материальные склады (основной и участковые). В их задачу входит обеспечение материалами линейных структурных единиц (депо, станций, дистанций и т. п.).

Линейные структурные единицы для хранения материалов общего назначения имеют склады, или производственные кладовые. Находящиеся в этих кладовых материалы учитывают на балансах структурных единиц или на балансах соответствующих отделений железных дорог (в составе НОДХ).

На всех этапах ведется бухгалтерский учет соответствующих операций по приобретению, отпуску и потреблению материалов.

С точки зрения Белжелдорснаба, являющегося стороной в договорах с поставщиками, поставки материалов БЖД могут быть складскими и транзитными.

При складских поставках материалы от поставщиков сначала поступают на базы Белжелдорснаба, осуществляющие операции по приемке, хранению и отпуску материалов, в том числе по их отгрузке БЖД.

При транзитных поставках материалы от поставщиков согласно разрядке (указанию) Белжелдорснаба поступают непосредственно на склады БЖД, минуя его базы. Но при этом независимо от формы снабжения – складской или транзитной – расчетные документы для оплаты материалов поставщики предъявляют Белжелдорснабу.

Снабжение основными видами топлива осуществляется через созданное в составе Белжелдорснаба топливно-теплотехническое управление. Снабжение структурных подразделений топливом и смазкой находится в ведении службы локомотивного хозяйства. Она определяет потребность дороги в этих материальных ресурсах и при поступлении их на входные пункты дороги переадресовывает конкретным получателям: локомотивным депо, отделениям, заводам и др.

Учет топлива, поступившего на дорогу и отправленного получателям, в том числе сторонним организациям в зависимости от конкретных условий ведет служба материально-технического снабжения (НХ), службы локомотивного хозяйства.

Для хранения топлива и смазки на железной дороге имеются базы при локомотивных депо или отделениях дорог. На эти базы от поставщиков поступают топливо и смазка, которые затем отпускаются на производственные и хозяйственные нужды депо, отделений и других структурных подразделений ГО «БЖД», а также юридическим и физическим лицам.

Основными задачами стратегического планирования материально-технического снабжения является:

- внедрение новейших достижений науки и техники, передового опыта;
- внедрение прогрессивных норм расходования сырья и материалов, топлива, электроэнергии;
- повышение рентабельности производства;
- рациональная организация работы снабженческой службы предприятия;
- комплексное, своевременное и равномерное обеспечение потребности предприятия качественными средствами производства.

Решение каждой из задач обеспечивается выполнением следующих функций:

- изыскание источников покрытия потребности в сырье и материалах, топливе, энергии за счет внутренних ресурсов;
- разработка планов и балансов материально-технического обеспечения подразделений предприятия;
- выявление и установление наиболее рациональных форм снабжения;
- изучение возможности и целесообразности установления длительных хозяйственных связей по поставкам материально-технических ресурсов;
- организация количественного контроля поступающих на предприятие ресурсов, обеспечение их хранения на складах предприятия, соответствующей подготовки и своевременной выдаче для производственного потребления;
- обеспечение надлежащей организации складского хозяйства на предприятии, высокого уровня механизации и автоматизации транспортно-складских операций;
- обеспечение применения компьютерных систем и нормативных условий организации и охраны труда;
- обеспечение учета движения материальных ресурсов на складах предприятия, участие в проведении инвентаризации материальных ценностей.

Одним из основным направлений развития стратегии ОМТС является увеличение объема оказываемых услуг сторонним организациям, за счет чего обеспечивается увеличение прибыли, полученной предприятием.

УДК 657.6:656.2

## **ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЛИНГА В ОРГАНИЗАЦИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*С. Л. ШАТРОВ, А. С. ПИСАРЕВА*

*Белорусский государственный университет транспорта*

*А. В. ДАНИЛЕНКО*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Система управления в условиях ограниченности ресурсов претерпевает качественные изменения, эффективность которых зависит от уровня информационного обеспечения принимаемых решений. Своевременная, полная и достоверная информация составляет основу оптимизации затрат, продаж и финансовых результатов. Формирование подобного рода информации осуществляется в рамках системы контроллинга.

Контроллинг как комплексная информационная система поддержки управленческих решений направлена на координацию взаимодействия контроля их эффективности и менеджмента. Так, если контроль – это обычный процесс отслеживания правильности, целостности и прочих параметров объекта управления, то контроллинг – это система, включающая в себя: сбор информации об объекте управления; анализ данных (например, уровень затрат); планирование действий объекта управления (как правило, на срок до года); прогнозирование показателей объекта управления (как правило, на срок, превышающий 3–5 лет); контроль действий и результатов деятельности объекта управления.

Формирование системы контроллинга включает несколько этапов, представленных на рисунке 1.



Рисунок 1 – Этапы внедрения системы контроллинга

Научно обоснованно выстроенная система контроллинга охватывает все направления деятельности организации, позволяет осуществлять координацию работы структурных подразделений, предвидеть возможные проблемы и применить меры по их недопущению, достигая устойчивости финансового состояния компании. Его основными функциями являются: анализ безубыточности производства, учет по центрам ответственности, нормирование, планирование и бюджетирование.

Особую актуальность анализ безубыточности приобретает в кризисных ситуациях, когда необходимо сокращать объемы производства (работ, услуг), производственную мощность, контингент по причине «сворачивания» бизнеса. Для решения этой задачи необходимо найти ту нижнюю грань сокращения, при которой предприятие уже не получает прибыль, но еще не несет убытки, т. е. точку нулевой прибыли. В настоящее время анализ безубыточности для транспортных компаний решает следующие задачи:

- определение влияния на прибыль изменений цен (тарифов) на услуги грузоперевозок и/или пассажироперевозок;
- определение оптимального объема перевозок для получения желаемой прибыли;
- установление нижней границы цены (тарифов) на оказываемые услуги.

Наиболее предпочтительным для проведения анализа безубыточности и интерпретации его результатов считается показатель точки нулевой прибыли, рассчитанный с учетом осуществляемых видов деятельности и выраженный в физических единицах, а не в стоимостном выражении, например, в физических тонно-километрах. Преимуществами являются:

- возможность сравнения точки нулевой прибыли, рассчитанной в физических единицах, с показателем производственной мощности предприятия;
- меньшая зависимость показателя точки нулевой прибыли, рассчитанной в физических единицах, от ценового фактора.

Учет по центрам ответственности нацелен на формирование информации для управления затратами, доходами, прибылью и т. д.

В качестве центров затрат выступают структурные подразделения (филиалы) отделений железной дороги и предприятия дорожного подчинения, по которым организуется планирование, нормирование и учет эксплуатационных расходов (издержек по перевозкам) для контроля и управления затратами, организации внутреннего хозяйственного расчета.

Центрами прибыли являются отделения железной дороги как основные подразделения, осуществляющие организацию и управление перевозками в регионах.

В качестве реальных центров прибыли могли бы выступать бизнес-процессы, формализованные в системе контроллинга железной дороги, однако это требует трансформации всего механизма финансирования, базирующегося на существующей системе сбора, обработки и представления информации о расходах, доходах и прибыли.

Планирование расходов на всех уровнях управления основывается на аналитически обработанном материале в целом по железной дороге, собранном в ходе предварительного исследования, и

мерах, предусматривающих в перспективе использование системы мониторинга расходов. Планирование расходов железной дороги целесообразно выполнять в целом и по отдельным подразделениям, входящим в ее состав, отдельным видам деятельности, бизнес-процессам и элементам затрат на основе единой номенклатуры расходов, что обеспечивает получение достоверных данных об общей величине расходов и создает сопоставимую базу для экономических расчетов и анализа себестоимости перевозок на всех уровнях управления. В основу планирования расходов положен нормативный метод, основанный на экономически и технически обоснованных нормах и нормах расходования материальных и трудовых ресурсов.

Существующая в настоящее время система финансового управления и планирования содержит ряд позитивных элементов, например, наличие развернутой системы планирования и контроля детализированных затрат, которые необходимо интегрировать с научно обоснованной системой бюджетирования. При этом система бюджетирования строится по принципу «сверху-вниз», т. е. на основе определенного на уровне Управления железной дороги ожидаемого объема доходов рассчитывается «допустимый» уровень затрат. Этот уровень определяется как разность между ожидаемыми доходами, платежами по кредитным и иным обязательствам. «Допустимый» уровень затрат должен быть равен общедорожному бюджету, который в зависимости от стратегических целей развития железной дороги должен быть распределен на бюджеты второго уровня (предприятия, входящие в систему финансирования), которые в свою очередь разработают бюджеты подчиненным отделенческим структурам (филиалам).

Таким образом, формирование научно обоснованной системы контроллинга и ее повсеместное применение в практике хозяйствования транспортных организаций позволит руководству принимать эффективные управленческие решения не только в условиях экономической стабильности, но и в условиях ограниченности ресурсов, а также санкционных ограничений, влияющих на производственные возможности компании.

#### Список литературы

1 Гизатуллина, В. Г. Бухгалтерский управленческий учет на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина, С. Л. Шатров. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 360 с.

2 Шатров, С. Л. Функциональные составляющие экономической безопасности железнодорожного транспорта / С. Л. Шатров, А. В. Даниленко, В. Л. Жигалов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Международ. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 2; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – 2021. – С. 256–258.

3 Шатров, С. Л. Система внутреннего контроля финансово-хозяйственной деятельности предприятий железнодорожного транспорта: состояние и направления развития / С. Л. Шатров // Бухгалтерский учет и анализ. – 2006. – № 10. – С. 8–13.

УДК 338.1(476)

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В КОНТЕКСТЕ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*С. Л. ШАТРОВ, Т. С. ХОХЛЯКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. Л. ЖИГАЛОВ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Безопасность – объективная потребность в отсутствии угроз для человека, субъекта хозяйствования, государства. Широкий перечень видов безопасности: экономическая, политическая, экологическая, информационная, военная, социальная, транспортная и др. предопределяет обобщенную трактовку феномена «безопасность» в научной литературе и нормативно-правовой базе.

Согласно Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 г. «национальная безопасность – состояние защищенности национальных интересов Республики Беларусь от внутренних и внешних угроз» [1]. Применительно к экономической сфере интересов этот же документ определяет экономическую безопасность страны как «состояние экономики, при котором гарантированно обеспечивается защищенность национальных интересов от внутренних и внешних дестабилизирующих явлений».

Тогда, вследствие отсутствия определения в нормативной базе, применительно к субъекту хозяйствования категорию можно трактовать как «качественную характеристику экономической системы, определяющую ее способность поддерживать нормальные условия функционирования». При этом для применения к конкретным отраслевым субъектам хозяйствования такое определение требует адаптации.

Директива Президента Республики Беларусь № 3 от 14.07.2007 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства» по своему содержанию нацелена на экономическую безопасность промышленных организаций: «наибольшую актуальность в сфере экономической безопасности страны приобретают обеспечение сбалансированного развития организаций и повышение эффективности их работы за счет роста добавленной стоимости, увязки объемов промышленного производства с сокращением запасов готовой продукции и увеличением экспортных поставок товаров, высокоэффективных инвестиционных проектов, а также улучшение финансового состояния промышленных организаций в целях создания условий для устойчивого качественного экономического роста» [2]. Транспорт затрагивается лишь косвенно в задачах Совета Министров Республики Беларусь по обеспечению энергетической безопасности страны «принять кардинальные меры по экономии и бережливому использованию топливно-энергетических ресурсов во всех сферах производства, в строительстве, на транспорте и в жилищно-коммунальном хозяйстве».

Применительно к организациям железнодорожного транспорта в нормативной базе безопасность упоминается в Законе Республики Беларусь от 06.01.1999 № 237-3 (ред. от 17.07.2018) «О железнодорожном транспорте»: безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта – состояние защищенности процесса движения транспортных средств железнодорожного транспорта, состояние транспортных средств железнодорожного транспорта и инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования (далее – инфраструктура), а также железнодорожных путей необщего пользования, при которых отсутствует недопустимый риск возникновения транспортных происшествий и их последствий, влекущих за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, окружающей среде, имуществу юридических и физических лиц [3]. Отдельное внимание в законодательстве уделено Правилам по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов внутренним водным транспортом, гражданскими воздушными судами, автомобильным транспортом и железнодорожным транспортом по территории Республики Беларусь.

Таким образом, можно констатировать наличие правового вакуума в области нормативного обеспечения экономической безопасности транспортных организаций. Так, в законодательстве особое внимание уделяется безопасности процесса перевозки, пассажиров и грузов, но не экономической безопасности самого субъекта хозяйствования, осуществляющего эту деятельность, однако последняя имеет прямое влияние на транспортную безопасность и наоборот.

В условиях повышенного риска и влияния негативных экзогенных и эндогенных факторов безопасность является триггером экономически устойчивого развития, как отдельного субъекта хозяйствования, так и транспортной системы в целом. Это обуславливает необходимость исследования широкого спектра инструментов (управление рисками: диверсификация, страхование, хеджирование и др.; техническая защита: охрана, безопасность информации, кадровая политика; финансовая защита: финансовый мониторинг, управленческий учет и контроль, бюджетирование), технологий и факторов, влияющих и обеспечивающих экономическую безопасность хозяйствующего субъекта. Безусловно, наиболее изучены и подвержены огласке внешние угрозы, связанные с промышленным и IT-шпионажем, санкциями в финансовой и технологической сферах. Однако внутренние не менее важны и существенны в изменяющихся условиях хозяйствования: закредитованность, аритмичность объемов работы и ее структуры, ограниченность ресурсов для развития и др. [4].

При изменениях текущего положения дел в республике и за рубежом возможно как появление новых угроз экономической безопасности, так и нивелирование уже существующих. Следует отметить, что, несмотря на то, что угрозы экономической безопасности могут проявляться не сразу (либо остро не стоять перед государством или субъектом хозяйствования), это вовсе не означает, что с ними бороться не следует, и они могут исчезнуть сами по себе. С этой целью на законодательной основе необходимо сформулировать и закрепить основополагающие принципы и нормы правового регулирования функционирования транспортной системы с учетом обеспечения ее экономической безопасности. Такие нормы должны стать элементом нормативно-правовой основы, регламентирующей транспортную безопасность (к примеру, Закон «О транспортной безопасности») в Республи-

ке Беларусь в части установления количественных и (или) качественных требований (цифровые показатели, нормативы, характеристики, правила, методики, классификации и т. д.) к объектам материального мира (в том числе к сырью и материалам (ресурсам), зданиям и сооружениям, транспортным средствам, оборудованию и т. д.); транспортным технологическим процессам (операциям); системам управления (менеджмента); процедурам, методикам, методам и способам поиска, получения, передачи, сбора, обработки, накопления, хранения, распространения и (или) предоставления информации, а также пользования информацией и ее защиты; компетентности граждан и юридических лиц в выполнении работ, оказании услуг.

Поэтому считаем научно обоснованным мнение о том, что категория «экономическая безопасность» в отношении транспортных систем имеет следующее наполнение «состояние экономической среды транспортной системы, обеспечивающее ее защищенность от внутренних и внешних дестабилизирующих угроз совершения актов незаконного вмешательства». При этом согласно Закону Российской Федерации от 08.02.2007 № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» «акт незаконного вмешательства» можно определить как «противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий» [5]. Тогда обеспечение экономической безопасности транспортных систем – это реализация определяемой государством системы экономических мер в сфере организации и функционирования транспортного комплекса, исключающих угрозы совершения актов незаконного вмешательства.

Резюмируя употребленные ранее трактовки, следует отметить, что многообразие определений «экономической безопасности» подтверждает ее сложность и многогранность. Все толкования совпадают в одном – обеспечение экономической безопасности в общем виде является гарантией независимости и условием устойчивого развития субъекта хозяйствования. Поэтому вопросы безопасности в целом, транспортной и экономической безопасности в особенности нуждаются в дальнейшей координации со стороны государства с целью единообразия их правового регулирования и правоприменения, административного управления, научного исследования, в том числе определения компетенции государства и его органов, а также межгосударственных образований и самих субъектов хозяйствования.

#### Список литературы

- 1 Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь : Указ Президента Респ. Беларусь от 09.11.2010 № 575 (ред. от 24.01.2014).
- 2 О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства : Директива Президента Респ. Беларусь № 3 от 14.07.2007.
- 3 О железнодорожном транспорте : Закон Респ. Беларусь от 06.01.1999 № 237-3 (ред. от 17.07.2018).
- 4 Шатров, С. Л. Функциональные составляющие экономической безопасности железнодорожного транспорта / С. Л. Шатров, А. В. Даниленко, В. Л. Жигалов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – 2021. – С. 256–258.
- 5 О транспортной безопасности : Закон Российской Федерации от 08.02.2007 № 16-ФЗ.

УДК 004.056

## АУДИТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

*Т. В. ШОРЕЦ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современное состояние экономических отношений все больше актуализирует вопросы активизации управления процессом обеспечения экономической безопасности субъектов хозяйствования. При этом, если еще несколько лет назад мы рассматривали экономическую безопасность как совокупность условий и факторов, обеспечивающих независимость хозяйственной деятельности предприятий, стабильность и устойчивость, способность к постоянному обновлению и развитию, то сегодня подходы меняются. Одним из важнейших компонентов системы экономической безопасности

предприятия становятся его возможности нейтрализовать угрозы устойчивому функционированию в рамках взаимодействий с отечественными и иностранными бизнес-партнерами. Сегодня необходимо уделять особое внимание угрозам и рискам безопасности, выбору обоснованных стратегий и тактики управления безопасным развитием в условиях высокой турбулентности внешней и нестабильной внутренней среды функционирования компании.

Каждая компания ставит перед собой задачи обеспечения стабильного функционирования и достижение поставленных целей. При этом современные условия финансово-хозяйственной деятельности ставят перед субъектами хозяйствования задачи постоянного соблюдения мер обеспечения экономической безопасности и их развития с целью ее поддержания на должном уровне.

Источниками угроз экономической безопасности предприятия является как внешняя, так и внутренняя среды.

Сегодня информационные технологии составляют неотъемлемую часть внутренней производственной инфраструктуры предприятий, обеспечивая выполнение жизненно важных для функционирования компаний бизнес-процессов. Железнодорожный транспорт является одним из флагманов цифровизации процессов производства и управления среди всех отраслей национальной экономики. Основными направлениями использования информационных систем на железнодорожном транспорте являются разработка и внедрение:

- единого информационного пространства грузовых перевозок и логистики;
- единого информационного пространства пассажирского комплекса;
- сквозных цифровых технологий организации перевозочного процесса;
- единой корпоративной системы управления бизнес-процессами.

Отметим, что все положительные аспекты, связанные с использованием информационных технологий сопровождаются возникновением большого количества абсолютно новых рисков для субъектов экономических отношений. При этом игнорировать использование информационных систем в финансово-хозяйственной деятельности компаний нельзя, так как в современных реалиях они жизненно необходимы всем организациям, а информационные системы, объединяющие все информационные потоки, персонал, ответственный за их развитие и обслуживание, являются неотъемлемой и важнейшей частью бизнес-системы компании, стремящейся конкурировать на рынках товаров и услуг.

Проведенные исследования показали, что в настоящее время информационная безопасность является значимым структурным компонентом в управлении любым предприятием, от которого во многом зависит вся экономическая безопасность организации. Это обусловлено тем, что информация стала одним из ключевых ресурсов, который используется организациями наряду с материальными, трудовыми, финансовыми.

Обеспечение информационной безопасности как структурного элемента экономической безопасности компаний включает в себя:

- разработку и реализацию программ обеспечения безопасности информационных ресурсов, которыми владеет предприятие;
- создание системы технологической защиты информации с помощью различных средств.

В процессе сбора, передачи, обработки и хранения информации возникают угрозы безопасности информационного компонента, следствием чего может стать разрушение, искажение или несанкционированное использование информационных ресурсов компании, что приводит к снижению ценности информации и потере ее конфиденциальности. Это вызывает необходимость разработки системы обеспечения информационной безопасности как структурного компонента экономической безопасности всего предприятия.

Повлиять на негативные процессы, связанные со снижением уровня безопасности информации, может не только совершенствование систем информационной безопасности, но и проверка состояния информационных систем, то есть их аудит.

Аудит информационных технологий – это процесс получения актуальных систематизированных и объективных данных о текущем состоянии информационных технологий с целью оценки их качества и соответствия потребностям как конкретных бизнес-процессов, так и бизнесу в целом.

Результаты аудита информационных технологий могут должны быть основой для разработки рекомендаций по повышению эффективности функционирования всей информационной инфраструктуры компании.



Применения аудита информационных технологий позволяет предприятиям достичь следующих результатов:

- снизить затраты на эксплуатацию информационных систем;
- повысить производительности информационных систем;
- обеспечить рост надежности информационных систем;
- повысить уровень безопасности информационных систем;
- повысить эффективность взаимодействия подразделений компании и снизить коммуникационные издержки.

Процедура проведения аудита информационных технологий включает предварительный (разработка плана и программы аудита), основной (непосредственное проведение аудита) и заключительный (формирование предложений и рекомендаций и подготовка отчета) этапы. В процессе аудита производится обследование и оценка разнообразных аспектов применения информационных технологий в организации, которые включают в себя:

- исследование организации руководства информационными системами компании;
- исследование корпоративных процедур управления жизненным циклом информационных технологий;
- характеристику организации эксплуатации и условий сопровождения информационных сервисов компании;
- обследование сетевой инфраструктуры;
- исследование применяемых процедур обеспечения защиты информационных активов;
- изучение механизмов обеспечения восстановления информационных систем после аварий и катастроф.

Аудит информационных технологий должен проводиться перед принятием решений о создании или модернизации информационных систем, в случаях их неудовлетворительной работы, при возникновении сомнений в качестве закупленного программного обеспечения, при разработке или модернизации системы обеспечения информационной безопасности организации. Результатом аудита является оценка качества использования и управления информационными технологиями, разработка мер по повышению эффективности производственных процессов за счет роста полноты использования существующих систем, их доработки и вывода невостребованных из эксплуатации.

В целом следует отметить, что современные информационные технологии несут в себе значительные возможности для обеспечения роста экономической эффективности производственного процесса и технологического прорыва, но с другой стороны, при их использовании значительно возрастают риски экономической безопасности. Это вызывает необходимость своевременного выявления этих рисков и использования инструментов для их минимизации. Одним из таких инструментов является аудит информационных технологий – обязательное условие для формирования благоприятной среды для инновационного развития любого предприятия. Проведение аудита информационных технологий позволит не только оперативно получать систематизированную и достоверную информацию для оценки текущего состояния информационных систем, но и принимать адекватные решения по управлению ими с целью повышения экономической безопасности предприятия.

УДК 656.003

## **КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*К. А. ЩЕПЕТКОВА, Ю. В. ВЕСЕЛОВА*

*Самарский государственный университет путей сообщений, Российская Федерация*

Экономическая безопасность представляет собой основу состояния экономики страны, обеспечивающая устойчивость ее функционирования в режиме расширенного производства и минимизирующая внешние и внутренние негативные факторы. Институциональные образования, прошедшие в России в конце 1980-х – начале 1990-х годов затронули все отрасли, включая транспортную. Привати-

зация привела к существенным изменениям в соотношении форм собственности в пользу частной собственности. Ускоренное создание конкурентной среды на транспортном рынке, произведенное за счет дробления транспортных комплексов и объединений себя не оправдало и привело к ослаблению отечественных перевозчиков как на международном, так и на внутреннем транспортном рынке. Одновременно произошли резкий рост себестоимости и тарифов на перевозки, снижение инвестиций и уровня безопасности движения транспортных средств.

До настоящего времени тема научно-исследовательской работы остается актуальной, поскольку экономическая безопасность является основой состояния экономики страны, которая обеспечивает стабильность ее функционирования в режиме расширенного производства и минимизацию влияния внешних и внутренних негативных факторов. Эффективное и устойчивое функционирование любого транспортного предприятия достигается локализацией угроз, негативно влияющих на устойчивость входящих в комплекс предприятий. Поддержание должного уровня экономической безопасности играет важную роль и является обязательным условием достижения экономического роста отраслей и национальной экономики в целом [1].

Экономическая безопасность является составной частью национальной безопасности, ее фундаментом и материальной основой. Она органично входит в систему государственной безопасности вместе с обеспечением надежной обороноспособности страны, поддержание социального мира в обществе и т. д. Военная безопасность не может существовать при слабой экономике, а эффективная экономика невозможна в условиях социальных конфликтов.

Чаще всего под экономической безопасностью понимают защищенность экономики страны от внешних и внутренних угроз, которая обеспечивает возможность создавать достойные социально-экономические условия для постоянного функционирования развития личности, общества и государства.

Основопологающей целью обеспечения экономической безопасности предприятия является устойчивость. В условиях постоянно изменяющейся внутренней и внешней среды предприятию необходимо развиваться, расти и работать. Это характеризует устойчивость [2].

Предприятие достигает основных функциональных целей экономической безопасности за счет максимально эффективного использования корпоративных ресурсов, необходимых для достижения бизнес-целей. Этот показатель рекомендуется только в состоянии устойчивости, то есть при устранении угроз негативного воздействия на экономическую безопасность предприятия. Среди важнейших функциональных целей экономической безопасности предприятия выделяют следующие.

- 1 Обеспечение финансовой устойчивости и независимости предприятия.
- 2 Обеспечение технологической независимости и достижения конкурентоспособности технологического потенциала предприятия.
- 3 Высокая эффективность менеджмента.
- 4 Высокий уровень квалификации персонала и его интеллектуального потенциала.
- 5 Экологичность работ, минимизация разрушительного влияния производственного процесса на состояние окружающей среды.
- 6 Надежная правовая защищенность деятельности предприятия.
- 7 Защита информационной среды, коммерческой тайны и достижение высокого уровня информационного обеспечения работы.
- 8 Обеспечение безопасности персонала, капитала, имущества и коммерческих интересов.

Каждая цель экономической безопасности предприятия, в свою очередь, имеет структуру подцелей, которые обуславливаются функциональной целесообразностью и характером работы субъекта хозяйствования. Разработка и контроль за выполнением целей и подзадач предприятия является неотъемлемой частью системы обеспечения экономической безопасности [3].

Основными факторами, влияющими на экономическую безопасность предприятия, являются:

- уровень конкурентоспособности;
- инвестиционный климат;
- финансовое состояние;
- выполнение государством обязательств по финансированию.

Обеспечение экономической безопасности предприятия строится на принципах законности, юридического равенства, целесообразности, непосредственности и непрерывности.

В условиях расширения самостоятельности регионов, реформирования экономики России, работу транспортной инфраструктуры следует рассматривать как один из основных факторов стабилизации экономического положения страны и обеспечения ее экономической безопасности.

Важная роль в повышении эффективности работы транспорта отводится поддержанию надлежащего уровня экономической безопасности как одного из особенно важных условий достижения стабильности национальной экономики в целом [4].

В настоящее время, действующим регламентом государственного регулирования в секторе экономической безопасности предлагается: формирование структуры органов исполнительной власти, отвечающих за экономическую безопасность; постоянный мониторинг экономической ситуации и т. д.

Одной из главных особенностей России является ведущая роль магистральных железных дорог в экономической сфере. Несмотря на различные неблагоприятные экономические факторы, усиление конкуренции на рынке грузовых перевозок, железнодорожный транспорт России обеспечивает устойчивое удовлетворение спроса на перевозки и способствует развитию экономики страны.

Стабильная и бесперебойная работа железнодорожного транспорта является залогом устойчивого функционирования отраслей материального производства, повышения эффективности использования ресурсов и т. д. Всё это в полной мере определяет стратегическое значение отрасли железнодорожных перевозок в нейтрализации угроз экономической безопасности России [5].

Экономическая безопасность транспортного предприятия как один из ресурсов предприятия стратегического значения оказывает существенное влияние на принятие тех или иных управленческих решений. В силу его важности информация о нем используется практически на каждом этапе процесса формирования различных управленческих решений. При этом обеспечение экономической безопасности должно учитывать преимущественное повышение того типа безопасности, который обладает наибольшим потенциалом угроз. В основе решений по преимущественному обеспечению того или иного типа экономической безопасности должна лежать методика оценки зависимости угроз отдельного транспортного предприятия.

#### Список литературы

1 **Маханько, Г. В.** Экономическая безопасность и конкурентоспособность региона как важнейшая составляющая экономической безопасности России / Г. В. Маханько, Е. С. Шалагинова // Современные проблемы социально-экономического развития : сб. материалов 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Махачкала, 21 февраля 2014 года. – Махачкала : Апробация, 2014. – С. 111–113.

2 **Фокина, В. А.** Проблемы обеспечения экономической безопасности на транспорте / В. А. Фокина // Актуальные проблемы государства, права и гуманитарных наук : сб. материалов междунар. науч.-метод. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов, Нижний Новгород, 21–22 ноября 2018 г. – Нижний Новгород : ВГУВТ, 2018. – С. 300–306.

3 **Еремина, А. А.** Внедрение системы управления проектами на предприятии / А. А. Еремина, Ю. В. Веселова, М. В. Кизимиров // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 215–218.

4 **Быченко, О. В.** Экономическая конъюнктура на транспорте как индикатор его экономической безопасности / О. В. Быченко, О. Г. Быченко // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 ноября 2021 г. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 210–212.

5 **Ротанова, Д. Е.** Проблемы экономической безопасности на железнодорожном транспорте / Д. Е. Ротанова, А. С. Исаков // Актуальные вопросы современной экономики. – 2019. – № 1. – С. 80–85.

УДК 331

## РОЛЬ ТРАНСПОРТА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

*Н. В. ЯШКОВА*

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

Экономическая безопасность региона имеет большое значение для его стабильного развития.

Понятие «экономическая безопасность» в мировой науке и практике появилось в начале XX века. Считается, что термин «экономическая безопасность» ввел в лексикон Т. Рузвельт.

В современной экономической литературе уделяется большое внимание вопросам экономической безопасности региона. Одним из первых отечественных исследователей проблемы экономической безопасности считается Л. И. Абалкин. Он в своих работах определяет экономическую безопасность как «совокупность условий и факторов, обеспечивающих независимость национальной экономики, ее стабильность и устойчивость, способность к постоянному обновлению и совершенствованию» [1].

А. Д. Архипов и А. Е. Городецкий считают, что экономическая безопасность – способность экономики обеспечивать эффективное удовлетворение общественных потребностей на межнациональном и международном уровнях [2].

На экономическую безопасность региона оказывают влияние как внешние, так и внутренние факторы. Если проводить ранжирование факторов по степени их влияния на экономическую безопасность, то наибольшее влияние оказывают внешние факторы.

Одной из отраслей экономики региона (Нижегородской области) является транспортная отрасль, которая имеет большое значение для его функционирования, оказывает влияние на формирование экономической безопасности.

Для оценки экономической безопасности региона используется достаточно широкий перечень индикаторов. Одним из них является динамика экономического роста, которая характеризует динамику производства валового регионального продукта.

В регионе происходит ежегодное изменение доли транспортной отрасли в валовом региональном продукте. Наибольшую долю в структуре ВРП занимает железнодорожный транспорт. На его долю, по данным 2021 года, приходилось 8,2 %, что выше уровня 2019 года. Доля автомобильного транспорта напротив имеет тенденцию к сокращению. По данным 2021 года, он составлял 2,55 %. Доля водного транспорта составляет 1 % от ВРП. Динамика изменения доли транспорта (по видам) представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Динамика доли транспорта в ВРП

За 2019–2021 гг. происходит ежегодное увеличение темпа роста валового регионального продукта в области, однако темп экономического роста остается ниже порогового значения, что указывает на наличие угроз экономической стабильности региона. В автомобильном транспорте происходит экономический спад, на это указывает отрицательный темп прироста, который имеет тенденцию к увеличению.

Темп экономического роста на железнодорожном транспорте региона (рассчитанный через темп роста валового регионального продукта, созданного отраслью) имеет устойчивую тенденцию к росту. За 2019–2021 гг. темп роста в отрасли увеличился на 5,65 %. На протяжении всего указанного периода данный показатель выше порогового значения, что является положительной динамикой. Изменение темпа роста на железнодорожном транспорте представлено на рисунке 2.

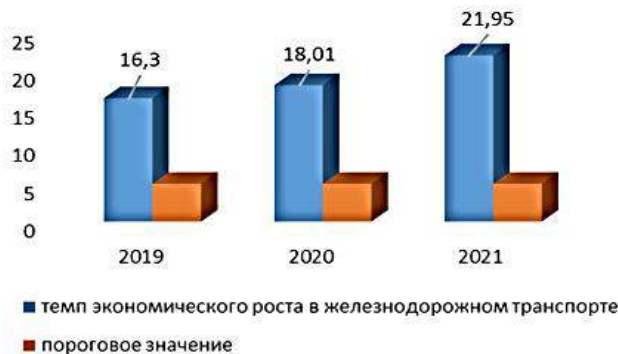


Рисунок 2 – Динамика темпа экономического роста на железнодорожном транспорте

На территории региона также функционируют водный и автомобильный транспорт. Валовой

региональный продукт, произведенный указанными видами транспорта, имеет тенденцию к сокращению, соответственно тем роста имеет отрицательное значение. Это свидетельствует о том, что из всех видов транспорта только железнодорожный обеспечивает устойчивое развитие экономики региона и способствует формированию ее экономической безопасности.

Индикатором экономической безопасности региона со стороны социальной сферы является уровень оплаты труда и соотношение его с минимальным размером. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение средней заработной платы в отрасли с минимальной заработной платой

Вид транспорта	Год		
	2019	2020	2021
Автомобильный	2,5	3,6	3,9
Железнодорожный	4,07	4,74	4,78
Водный	3,2	3,4	3,9
Пороговое значение	3:1		

В среднем по Нижегородской области происходит увеличение минимальной начисленной заработной платы. Аналогичная динамика наблюдается по среднемесячной заработной плате на каждом виде транспорта. Наибольший уровень заработной платы наблюдается на железнодорожном транспорте. В 2018 г. она на 56 % превышала среднемесячную заработную плату на автомобильном транспорте и на 28 % – на водном транспорте. В 2021 году указанное соотношение составило 23 и 21 % соответственно.

Если рассматривать индикатор экономической безопасности – соотношение среднемесячной и минимальной заработной платы, то на всех видах транспорта данный индикатор выше порогового значения. Исключение составлял автомобильный транспорт в 2019 г. (индикатор был ниже порогового значения).

Это указывает на то, что угрозы для социальной безопасности региона со стороны транспортного комплекса отсутствуют.

Проведенные исследования показали, что основную роль в обеспечении экономической безопасности региона играет железнодорожный транспорт.

Для повышения роли транспорта в обеспечении экономической безопасности региона необходимо:

- развивать мультимодальные пассажирские перевозки. Организация мультимодальных пассажирских перевозок позволит сформировать эффективную систему транспортного обслуживания населения, сочетать различные виды транспорта с целью использования преимуществ каждого вида и оптимизировать временные и финансовые затраты. С этой целью необходимо составить маршруты движения разных видов пассажирского транспорта так, чтобы время стыковки позволяло пассажирам добраться от одного вида транспорта до другого, либо обеспечивать трансферт от места прибытия до места отправления;
- развивать туристические маршруты с использованием мультимодальных перевозок.

#### Список литературы

- 1 **Абалкин, Л. А.** Экономическая безопасность России: угрозы и их отражение / Л. А. Абалкин // Вопросы экономики. – 1994. – № 12. – С. 4.
- 2 **Архипов, А.** Экономическая безопасность : Оценки, проблемы, способы обеспечения / Л. Архипов, А. Городецкий, Б. Михайлов // Вопросы экономики. – 1994. – № 12. – С. 38–39.

# 10 ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ УГРОЗЕ И ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

УДК 656.08

## ПОДХОД РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТ АКТОВ НЕЗАКОННОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

*А. В. АГЕЕВ*

*Министерство транспорта Российской Федерации, г. Москва*

В настоящее время в Российской Федерации на государственном уровне сформирована и функционирует скоординированная система защиты транспортного комплекса от актов незаконного вмешательства, в основе которой лежат положения Федерального закона «О транспортной безопасности», а также изданные в его развитие правительственные и ведомственные нормативные правовые акты.

В соответствии с Федеральным законом «О транспортной безопасности» под транспортной безопасностью понимается состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства.

Целями обеспечения транспортной безопасности являются устойчивое и безопасное функционирование транспортного комплекса, защита интересов личности, общества и государства в сфере транспортного комплекса от актов незаконного вмешательства.

Федеральным законом определено понятие «акт незаконного вмешательства» как противоправное действие (бездействие), в том числе террористический акт, угрожающее безопасной деятельности транспортного комплекса, повлекшее за собой причинение вреда жизни и здоровью людей, материальный ущерб либо создавшее угрозу наступления таких последствий.

Также определено понятие «субъекты транспортной инфраструктуры» – юридические лица, индивидуальные предприниматели и физические лица, являющиеся собственниками объектов транспортной инфраструктуры и (или) транспортных средств или использующие их на ином законном основании.

Необходимо отметить, что определения вышеназванных понятий («транспортная безопасность», «акт незаконного вмешательства», «субъекты транспортной инфраструктуры»), данные в Федеральном законе «О транспортной безопасности», соответствуют определениям, данным этим понятиям в Стратегии обеспечения транспортной безопасности на территориях государств-участников СНГ при выполнении перевозок в международном сообщении, утвержденной решением Совета глав правительств СНГ от 29 мая 2015 г., и в Соглашении об информационном взаимодействии государств-участников СНГ в области обеспечения транспортной безопасности, подписанном главами правительств государств-участников СНГ 30 мая 2014 г. в городе Минске.

**В соответствии с Федеральным законом «О транспортной безопасности» в Российской Федерации обеспечение транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры возлагается на субъекты транспортной инфраструктуры.**

В целях реализации Федерального закона «О транспортной безопасности» постановлениями Правительства Российской Федерации утверждены:

- требования по обеспечению транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры по видам транспорта на этапе их проектирования и строительства (являются обязательными для исполнения застройщиками объектов транспортной инфраструктуры);
- требования по обеспечению транспортной безопасности, учитывающие уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и объектов транспортной инфраструктуры, не подлежащих категорированию, по видам транспорта (являются обязательными для исполнения субъектами транспортной инфраструктуры).

Требования по обеспечению транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры по видам транспорта на этапе их проектирования и строительства определяют комплекс мер, которые обязан выполнить застройщик объектов в целях обеспечения транспортной безопасности на этапе их проектирования и строительства.

Положениями Требований предусмотрено, что застройщик по согласованию с компетентным органом в области обеспечения транспортной безопасности устанавливает предварительную категорию строящегося объекта транспортной инфраструктуры, исходя из количества категорий и критериев категорирования.

В отношении строящегося объекта транспортной инфраструктуры, не подлежащего категорированию, установление предварительной категории не проводится.

#### **На этапе проектирования**

Проектирование категорированного объекта транспортной инфраструктуры должно осуществляться с учетом его предварительной категории или присвоенной категории реконструируемого объекта транспортной инфраструктуры, а также обеспечения реализации требований по обеспечению транспортной безопасности.

Проектирование объекта транспортной инфраструктуры, не подлежащего категорированию, осуществляется с учетом реализации требований по обеспечению транспортной безопасности для объектов транспортной инфраструктуры, не подлежащих категорированию.

В проектной документации, разрабатываемой для строительства объекта транспортной инфраструктуры с учетом необходимости оснащения техническими средствами обеспечения транспортной безопасности, должны быть предусмотрены проектные решения:

- обеспечивающие предотвращение несанкционированного доступа (перемещения) на объект транспортной инфраструктуры физических лиц, транспортных средств, грузов и иных материально-технических объектов;

- определяющие схемы перемещения на объекте транспортной инфраструктуры пассажиров, грузов, багажа и иных материальных объектов;

- определяющие схемы объекта транспортной инфраструктуры с указанием предполагаемых границ зоны транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры и ее частей;

- определяющие схемы расположения и техническое оснащение на объекте транспортной инфраструктуры специального помещения или части помещения (поста (пункта) управления обеспечением транспортной безопасности) для управления техническими средствами обеспечения транспортной безопасности и силами обеспечения транспортной безопасности;

- направленные на оснащение объекта транспортной инфраструктуры техническими средствами (устройствами), обеспечивающими взаимодействие сил обеспечения транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры с силами обеспечения транспортной безопасности иных объектов транспортной инфраструктуры и (или) транспортных средств, с которыми осуществляется технологическое взаимодействие, а также с уполномоченными подразделениями органов Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Министерства внутренних дел Российской Федерации и территориальными органами Федеральной службы по надзору в сфере транспорта;

- определяющие схемы расположения на объекте транспортной инфраструктуры специальных помещений или частей помещений, участков (контрольно-пропускных пунктов (постов)) для осуществления пропускного режима, проведения досмотра, дополнительного досмотра и повторного досмотра в целях обеспечения транспортной безопасности;

- направленные на оснащение объекта транспортной инфраструктуры техническими средствами обеспечения транспортной безопасности, в том числе обеспечивающими проведение досмотровых мероприятий, и схемы размещения технических средств обеспечения транспортной безопасности;

- определяющие схему размещения и техническое оснащение автоматизированной системы, обеспечивающей сбор, накопление, обработку и хранение данных, доступ к данным с технических средств обеспечения транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры, а также их передачу уполномоченным подразделениям Федеральной службы безопасности Российской Федерации, Министерства внутренних дел Российской Федерации и территориальным органам Федеральной службы по надзору в сфере транспорта;

- обеспечивающие защиту от несанкционированного доступа к техническим средствам обеспечения транспортной безопасности, автоматизированной системе, обеспечивающей сбор, накопле-

ние, обработку, хранение и передачу в электронном виде данных с технических средств обеспечения транспортной безопасности;

– направленные на реализацию мероприятий, предусмотренных на период строительства объекта транспортной инфраструктуры.

#### **На этапе строительства**

Застройщик обязан организовать на строящемся объекте транспортной инфраструктуры следующие мероприятия:

– досмотр в целях обеспечения транспортной безопасности;

– пропускной и внутриобъектовый режимы, обеспечивающие контроль за входом (выходом) физических лиц, въездом (выездом) транспортных средств, вносом (выносом), ввозом (вывозом) грузов и иных материальных объектов, в том числе в целях предотвращения возможности размещения или попытки размещения взрывных устройств (взрывчатых веществ), угрожающих жизни или здоровью персонала и других лиц;

– мероприятия по защите от актов незаконного вмешательства, учитывающие особенности строительства отдельных объектов транспортной инфраструктуры, предусмотренные законодательством Российской Федерации.

Застройщик в срок не позднее 30 суток со дня подписания договора на строительство объекта транспортной инфраструктуры обязан разработать, утвердить и направить в Федеральную службу по надзору в сфере транспорта или ее территориальные органы утвержденный план обеспечения транспортной безопасности строящегося объекта транспортной инфраструктуры, отражающий сведения о реализуемых мерах.

#### **На этапе эксплуатации**

Требования по обеспечению транспортной безопасности, учитывающие уровни безопасности для различных категорий объектов транспортной инфраструктуры и некатегорированных объектов транспортной инфраструктуры по видам транспорта являются обязательными для исполнения субъектами транспортной инфраструктуры и регламентируют выполнение ими ряда организационных и инженерно-технических мероприятий в зависимости от уровней безопасности объектов.

Так, субъекты транспортной инфраструктуры в целях обеспечения транспортной безопасности **категорированных объектов** транспортной инфраструктуры обязаны:

– обеспечить проведение категорирования объекта, представить в компетентный орган в области обеспечения транспортной безопасности полную и достоверную информацию о субъекте транспортной инфраструктуры и объекте;

– с учетом утвержденной категории объекта обеспечить проведение оценки уязвимости объекта транспортной инфраструктуры, а также разработку и реализацию плана обеспечения транспортной безопасности;

– назначить лицо, ответственное за обеспечение транспортной безопасности в субъекте транспортной инфраструктуры, а также утвердить организационно-распорядительные документы, которые направлены на реализацию мер по обеспечению транспортной безопасности.

Необходимо отметить, что план обеспечения транспортной безопасности объекта реализуется поэтапно, не позднее двух лет со дня присвоения категории объекту.

В соответствии с планом обеспечения транспортной безопасности объекта транспортной инфраструктуры субъект транспортной инфраструктуры должен привлечь для защиты объекта подразделения транспортной безопасности, в задачу которых входит проведение досмотровых мероприятий сертифицированными техническими средствами обеспечения транспортной безопасности. Данные подразделения должны быть аккредитованы для этой цели в установленном законодательством порядке. Сотрудники подразделений транспортной безопасности должны быть аттестованы соответствующими организациями.

Также субъекты транспортной инфраструктуры должны оснастить объект транспортной инфраструктуры техническими средствами обеспечения транспортной безопасности, к которым относятся системы и средства сигнализации, контроля доступа, досмотра, видеонаблюдения, аудио- и видеозаписи, связи, оповещения, сбора, обработки, приема и передачи информации, предназначенные для использования на объектах в целях обеспечения транспортной безопасности. Данные техниче-



ские средства подлежат обязательной сертификации в соответствии с национальным законодательством. Требования к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и порядок их сертификации определяются Правительством Российской Федерации.

В целях обеспечения транспортной безопасности субъектами транспортной инфраструктуры для объектов транспортной инфраструктуры, *не подлежащих категорированию*, разрабатываются и утверждаются паспорта обеспечения транспортной безопасности, определяющие меры, реализуемые субъектом транспортной инфраструктуры по исполнению соответствующих требований по обеспечению транспортной безопасности.

Так же, как и в случае с категорированными объектами транспортной инфраструктуры, субъекты транспортной инфраструктуры должны назначить лицо, ответственное за обеспечение транспортной безопасности, утвердить соответствующие организационно-распорядительные документы. В соответствии с паспортом объекта транспортной инфраструктуры привлечь для защиты объекта аккредитованные подразделения транспортной безопасности, а также оснастить объект транспортной инфраструктуры сертифицированными техническими средствами обеспечения транспортной безопасности.

В целях выработки консолидированных предложений и решений по внесению изменений в нормативные правовые акты в области обеспечения транспортной безопасности в Минтрансе России образована Межведомственная рабочая группа (МРТ) по совершенствованию законодательства и нормативно-правовых основ в области обеспечения транспортной безопасности. В состав МРТ входят представители заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, собственников объектов, а также транспортного сообщества.

УДК 621.791

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕРЫВИСТЫХ И СПЛОШНЫХ СВАРНЫХ ШВОВ

*С. М. БОБРИЦКИЙ, М. В. ЛАТУН*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Сварка находит широкое применение в строительной отрасли при изготовлении зданий и сооружений, в том числе и мостовых. В сварных конструкциях для этих объектов могут использоваться нахлесточные и тавровые сварные соединения с прерывистыми швами. Обычным основанием для такого технического решения считается стремление к экономии ресурсов и снижению затрат на изготовление конструкции за счет снижения массы слабо нагруженных сварных швов [1]. Однако сложившаяся практика в этом вопросе не вполне корректна и не позволяет обеспечить достижение высоких экономических показателей. Поэтому существующие рекомендации требуют определенного уточнения.

Для корректного решения данной проблемы большое значения имеют достоверные сведения об особенностях напряженно-деформированного состояния соединений с прерывистыми швами. Однако такие сведения в опубликованных литературных данных отсутствуют, что делает актуальными все попытки пролить свет на эти особенности. Можно предположить, что крайние точки каждого из элементов прерывистого сварного шва испытывают значительную концентрацию эксплуатационных напряжений. Возможность такой концентрации обусловлена сгущением сплошного силового потока при разветвлении той его части, которая приложена в областях, соответствующих промежуткам между отдельными элементарными швами.

Основные размеры угловых сварных швов определяют расчетом из условия прочности, описываемого общеизвестным соотношением [2]:

$$\frac{P}{\beta Lk} \leq [\tau'], \quad (1)$$

где  $P$  – нагрузка, воспринимаемая прерывистым швом;  $\beta$  – коэффициент, учитывающий глубину проплавления и зависящий от способа сварки;  $L$  – суммарная длина всех участков прерывистого шва;  $k$  – катет углового сварного шва.

Теперь можно рассмотреть два равнопрочных шва, параметры которых будут связаны соотношением:

$$L_1 k_1 = L_2 k_2 \quad (2)$$

если  $k_1 = n k_2 (n > 1)$ , то  $L_2 = L_1 / n$ .

Из двух рассмотренных швов прерывистым может быть только шов 1, имеющий больший катет. Сравним объемы сплошного и прерывистого швов:

$$V_1 = 0,5 k_1^2 L_1; \quad (3)$$

$$V_2 = 0,5 k_2^2 L_2 = 0,5 \frac{k_1^2}{n^2} L_1 n = \frac{V_1}{n}. \quad (4)$$

Последнее соотношение показывает, что сплошной шов имеет меньший объем, чем равнопрочный ему шов прерывистый. Поэтому применение прерывистых швов с экономической точки зрения может быть оправдано только в том случае, когда сплошной шов будет недогруженным даже при минимально возможном значении катета шва. Если учесть, что по данным Г. А. Николаева [2] минимальное значение катета равно 3 мм, то экономия от замены такого сплошного шва прерывистым не может быть значительной. Кроме того, при такой замене следует учитывать концентрацию напряжений, обусловленную наличием непроваренных участков, и их пониженную коррозионную стойкость.

Следовательно, по технико-экономическим показателям непрерывные швы имеют более низкую ресурсоемкость и более высокую несущую способность одновременно. Поэтому в практике проектирования и изготовления сварных конструкций следует применять сварные швы с минимально возможным катетом и соответственно максимально возможной длины. Такой подход позволяет не только повысить несущую способность таврового соединения, но и сократить расход ресурсов, необходимых для его изготовления. По мнению авторов, результаты данного анализа создают хорошую основу для разработки новых конструкций сварных соединений с повышенными технико-экономическими характеристиками, достигаемыми за счет увеличения общей длины сварного шва. При этом необходимо учитывать принцип декомпозиции эксплуатационных напряжений [3, 4]. Особенно это касается правильного учета напряжений, обусловленных изгибом из-за асимметрии соединения [5], что позволяет более корректно учитывать причины неравномерного распределения рабочих напряжений.

Значительное количество прерывистых сварных швов имеется в металлических конструкциях автомобилей БелАЗ. Один из них имеет катет  $k_1 = 8$  мм при длине участка 200 мм и шаге 400 мм. Такой прерывистый шов можно заменить сплошным с катетом  $k_2 = 4$  мм

В соответствии с выражением (4) замена прерывистого шва сплошным позволит уменьшить объем сварного шва. Стоит отметить, что с уменьшением объема сварного шва снижается расход сварочной проволоки и затраты на электроэнергию потраченную для её расплавления, снижаются в 2 раза. Одновременно устраняются затраты рабочего времени на разметку участков прерывистого сварного шва, а также неизбежные потери времени на возбуждение дуги вначале каждого участка и аналогичные потери, обусловленные необходимостью заварки кратера в конце каждого из провариваемых участков. В итоге, заметным образом повышаются показатели производительности труда на данной операции.

Кроме того, в сплошном шве отсутствуют незаваренные участки и соответственно зазоры между свариваемыми элементами, в которых может задерживаться атмосферная влага при плохом затекании краски в эти зазоры. Поэтому прерывистые швы могут иметь пониженную коррозионную стойкость.

Результаты сравнительного компьютерного расчета напряженного состояния, произведенного с помощью программы ANSYS, показали снижение уровня максимальных напряжений с 10,2 до 3,32 МПа, т.е. в 3,07 раза.

## Список литературы

- 1 Цумарев, Ю. А. Техничко-экономическая эффективность применения прерывистых сварных швов / Ю. А. Цумарев // Сварочное производство. – 2013. – № 2. – С. 58–60.
- 2 Николаев, Г. А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование / Г. А. Николаев, В. А. Винокуров. – М. : Высш. шк. – 1990. – 446 с.
- 3 Работоспособность стыковых соединений, сваренных на весу / Ю. А. Цумарев [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. Физико-технические науки. – 2010. – № 2. – С. 107–112.
- 4 Лягун, Т. С. Декомпозиция напряженного состояния при оценке прочности неразъемных соединений / Т. С. Лягун // Вестник машиностроения. – 2022. – № 8. – С. 56–59.
- 5 Цумарев, Ю. А. Влияние изгиба на концентрацию напряжений в паяных соединениях / Ю. А. Цумарев // Сварочное производство. – 2015. – № 9. – С. 43–45.

УДК 614.8

## ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*У. В. ГРИНЕВИЧ, Д. А. БЕЛЯЕВ*

*Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

Авиационная безопасность – состояние защищенности гражданской авиации от актов незаконного вмешательства в её деятельность.

Республика Беларусь стремится обеспечить безопасность полетов в полном соответствии с требованиями Международной организации гражданской авиации (ИКАО).

Любые факторы, связанные с полетами воздушных судов, метеорологическим и аэронавигационным обслуживанием, летной годностью, перевозкой опасных грузов и другие, могут повлиять на безопасность всей авиационной системы.

Несмотря на то, что авиация является самым безопасным видом транспорта, происшествия на борту воздушных судов случаются, хотя и происходят достаточно редко. Однако многие люди боятся перелетов, и всячески пытаются их избежать. Причина кроется в том, что самолет представляет собой ограниченное пространство с большим скоплением людей, и его функционирование предполагает нахождение на большой высоте над землей. Во время падения, пожара в салоне самолета или жесткой посадки выжить удастся далеко не всем. Виной этому порой становится недостаток информации о том, как следует себя вести при той или иной чрезвычайной ситуации на борту воздушного судна, а также невнимательное отношение к указаниям бортперсонала.

Рассмотрим основные угрозы авиационной безопасности с непредсказуемыми последствиями, в том числе и катастрофическими.

### 1 Техническая неисправность.

Техническая неисправность – это неисправность воздушного судна, которая может угрожать безопасности пассажиров и экипажа, а также перевозке грузов.

Основные технические неисправности воздушного судна – это различные трещины, деформации и разрушения, коррозия, износ. В настоящее время только в 15–20 % случаях причиной авиакатастроф является техническая неисправность воздушного судна, порядка 80 % составляет человеческий фактор.

### 2 Турбулентность.

Турбулентность – это неупорядоченное движение, которое в общем случае возникает в жидкостях, газообразных или капельных средах, когда они обтекают непроницаемые поверхности или же когда соседние друг с другом потоки одной и той же жидкости (газа) следуют рядом или проникают один в другой.

Различают три фактора, которые влияют на появление турбулентности:

- тепловой, когда теплый воздух поднимается через более холодный;
- механический, когда горная или искусственная структура изменяет направление потока воздуха;
- сдвиг, когда воздушное судно проходит вдоль границы между двумя потоками противоположно движущегося воздуха.

### 3 Удар молнии.

В среднем на каждый коммерческий самолёт приходится по одному удару молнии в год. Пилоты сталкиваются с молнией один раз за три тысячи часов полета – то есть, лишь раз в несколько лет ра-

боты в коммерческой авиации. Пассажиры обычно проводят в небе меньше времени, чем пилоты, значит, их шанс попасть в такую ситуацию еще ниже.

Удар молнии чаще всего поражает воздушное судно во время взлета или посадки. Большинство случаев приходится на период, когда самолет набирает высоту или снижается. В 96 % ударов молний происходит внутри грозового облака.

Удары молний случаются и тогда, когда самолет не находится в центре грозы, а пролетает мимо нее. Молния может ударить и «среди ясного неба», например, когда самолет пролетает рядом с перистыми облаками, которые остались от прошедшего грозового фронта.

После удара молнии пилоты проверяют все системы на работоспособность; если обнаружены неполадки – они сажают самолет в ближайшем аэропорту. Даже если системы работают нормально, самолет, в который попала молния, должен быть тщательно осмотрен техниками после посадки.

4 Анонимные сообщения об угрозах деятельности гражданской авиации.

5 Террористический захват воздушного судна.

6 Агрессивное поведение пассажиров на борту.

Порядок действий пассажиров воздушных судов в аварийной ситуации регламентирован документацией и предписаниями предприятия производителя авиационной техники. Конкретная информация пассажирам о правилах поведения и действиях при возникновении аварийной (нештатной) ситуации на борту в зависимости от типа воздушного судна доводится уполномоченными представителями эксплуатанта авиационной техники перед каждым полетом.

Однако далеко не все авиапассажиры имеют представление о наиболее распространенных чрезвычайных ситуациях, которые могут возникнуть во время полета. И уж тем более о том, как вести себя в экстренных ситуациях. Обучение потенциальных авиапассажиров правилам поведения в экстренных ситуациях следует осуществлять в рамках общего курса безопасности жизнедеятельности уже с раннего возраста. Знание четкого порядка действий поможет действовать более уверенно и грамотно, что значительно увеличит шансы на благополучный исход авиапутешествия.

Современные методики действия экипажа и пассажиров воздушного судна при пожаре, разгерметизации, попадании в зону турбулентности и грозового фронта, аварийной посадке или падении самолета за многолетнюю историю авиационного транспорта разработаны и доказали свою эффективность на примере реальных авиационных авариях и катастрофах.

Но в последнее время авиационная отрасль стала гораздо чаще сталкиваться с такими угрозами авиационной безопасности:

- как анонимные сообщения об угрозах деятельности гражданской авиации;
- захват, угон авиалайнера или угроза таких действий;
- агрессивное поведение пассажиров на борту.

Возникновение такого рода чрезвычайных ситуаций на борту авиалайнера требует от экипажа и пассажиров не только четкого соблюдения последовательности технологических и поведенческих действий, но и определенной моральной и психологической подготовленности.

Вопросы подготовки авиационного летного и технического персонала к действию в случае угроз авиационной безопасности и актов незаконного вмешательства в деятельность гражданской авиации должны находиться под пристальным вниманием при подготовке (переподготовке и повышении квалификации) авиационных специалистов.

#### Список литературы

1 Национальная программа по безопасности полетов гражданской авиации Республики Беларусь : утв. постановлением совета Министров Респ. Беларусь 22 августа 2019 г., № 563.

2 Авиационная безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://caa.gov.by/ru/aviabezopasnost-ru/>. – Дата доступа : 19.09.2022.

3 **Гриневич, У. В.** Чрезвычайные ситуации на борту воздушного судна гражданской авиации / У. В. Гриневич, Д. А., Беляев, И. А. Разумник / Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы : сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Минск : УГЗ, 2022.

4 Действия при ЧС на борту самолета: аварийном взлете, посадке, разгерметизации и пожаре [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://fireman.club/statyi-polzovateley/deystviya-pri-chs-na-bortu-samoleta-avariynom-vzlete-posadke-razgermetizatsii-i-pozhare/>. – Дата доступа : 05.02.2022.

5 Аварийные ситуации на борту самолета [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://парковка-во-внуково.рф/info/avariynye-situatsii-na-bortu-samoleta/>. – Дата доступа : 05.02.2022.

6 Молнии часто попадают в самолёты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://meduza.io/cards/molnii-chastopopadayut-v-samolety-eto-opasno>. – Дата доступа : 26.09.2022.

## ПЛАНИРОВАНИЕ ВОИНСКИХ ПЕРЕВОЗОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*П. Г. ДЕМИДОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Подвоз материальных средств является одной из основных задач материального обеспечения. Он организуется и осуществляется в любых условиях обстановки для создания установленных запасов вооружения, военной техники, боеприпасов, горючего, продовольствия, вещевого, медицинского, ветеринарного имущества и других материальных средств, восполнения их расхода и потерь в войсках, в соединениях, воинских частях и организациях материального обеспечения. Подвоз материальных средств включает: подготовку материальных, транспортных средств, сил и средств для выполнения погрузочно-выгрузочных работ; погрузку материальных средств; перевозку их от мест производства, хранения, заготовок и ремонта до пунктов назначения; выгрузку материальных средств или перегрузку их в транспортные средства получателя.

В современных условиях большое значение придается повышению качественных показателей боевой готовности войск. Широкое использование различного вида транспорта составляет основу подвижности и маневренности, которое и является важнейшим условием боевой готовности войск в современной войне.

Для того, чтобы успешно своевременно спланировать и организовать подвоз материальных средств войскам (силам), органы военного управления тыловым обеспечением должны иметь научно-методический аппарат, в виде математических зависимостей, применяемых по определенным методикам. Однако выбор и применение методик для выполнения расчетов по подвозу зависят от конкретной оперативно-тыловой обстановки, характера и вида боевых действий, наличия исходных данных, требуемой степени точности результатов расчетов, а также от выделенного лимита времени на принятие решения и планирование тылового обеспечения. Расчеты выполненные даже по самым точным методикам и имеющие большую степень достоверности становятся не нужными, если результаты получены с опозданием. В ходе ведения боевых действий, при выработке методики расчетов, в соответствии с критерием оценки эффективности (оперативности), спланированных мероприятий подвоза материальных средств, необходимо исходить из наличия времени.

С учетом того, что воинские перевозки выполняются на местности, актуальной является задача планирования перевозок на основе использования современных геоинформационных систем (ГИС), обеспечивающих детальную обработку цифровой информации о местности, представленной цифровой картой местности (ЦКМ).

Под ГИС понимается аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных, информации и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с анализом, моделированием, прогнозированием и управлением процессами боевых действий и их обеспечения.

ГИС обеспечивает хранение информации в виде набора тематических слоев (рисунок 1), которые объединены на основе географического положения. Этот гибкий подход доказал свою ценность при решении разнообразных реальных задач: для отслеживания передвижения транспортных средств и материалов, детального отображения реальной обстановки и планируемых мероприятий, моделирования боевых действий и их обеспечения и др.

В ЦКМ, являющейся составным элементом ГИС, любая географическая информация содержит сведения о пространственном положении и свойствах того или иного объекта, будь то железнодорожный или автодорожный мост, железнодорожная станция, магистраль и т. п. Необходимость применения такой детальной информации обусловлена требованием высокой точности разрабатываемых планов.

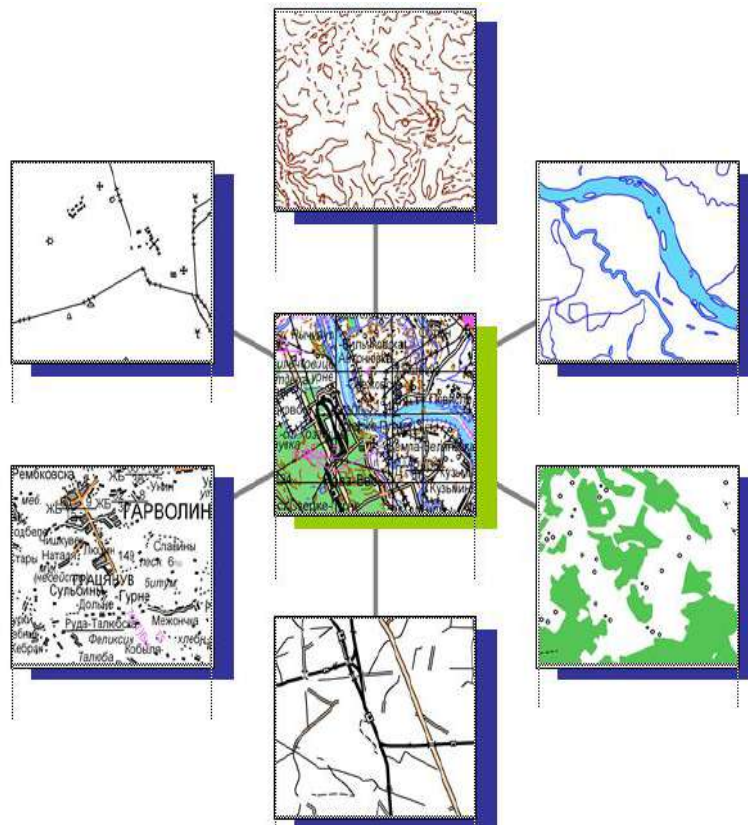


Рисунок 1 – Хранение информации в геоинформационной системе

Наличие детальной информации о местности позволяет использовать дискретные математические методы для решения задач выбора оптимальных маршрутов для комбинированных перевозок и рационального распределения перевозок по видам транспорта (например, используя методы на основе теории графов, линейного программирования и др.).

К сожалению, существующие методики решения задач планирования перевозок не в полной мере учитывают многие факторы и, как правило, не учитывают наличие информации о местности, что не обеспечивает выполнения требований, предъявляемых к транспортному обеспечению Вооруженных Сил Республики Беларусь в современных условиях. В результате все это неблагоприятно сказывается на успешном выполнении войсками поставленных боевых задач.

В связи с вышесказанным существует необходимость разработки новой методики планирования комбинированных воинских перевозок на основе учета детальной информации о местности. Целью разработки такой методики является принятие обоснованных решений по планированию перевозок из многообразия возможных.

УДК 621.321

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

*И. С. ДЕМИДОВИЧ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Активное внедрение в различные области жизни человека светодиодного (LED – англ. Light-emitting diode) освещения связано со значительными преимуществами данного источника света, основными из которых является экономичность и длительный срок службы. Благодаря наиболее высокому КПД среди всех источников света, получить требуемую освещенность можно с осветительного устройства меньшей мощности, а также меньшей массы и габаритов в сравнении с

устройствами на традиционных источниках света. В таком случае для питания освещения будет необходима меньшая мощность источника энергии.

Строительство транспортных объектов зачастую проводится вдали от населенных пунктов, соответственно не всегда есть доступ к энергосети. В этом случае для питания электрооборудования применяются передвижные электроагрегаты и электростанции. Однако генераторы имеют ряд особенностей и недостатков: шумность, достаточно высокая стоимость получаемой электроэнергии, необходимость технического обслуживания двигателя, потребление топлива при работе без нагрузки.

Часть потребителей электроэнергии, особенно маломощных, целесообразно запитывать от аккумуляторных батарей. К таким потребителям можно отнести освещение, маломощный инструмент, электронное оборудование.

Питание от аккумуляторов имеет ряд преимуществ перед генератором:

- меньшая стоимость кВт·ч электроэнергии;
- бесшумность работы;
- отсутствие выхлопа токсичных газов;
- быстрое и простое включение и выключение аккумуляторного источника питания;
- более высокая надежность [2].

Для питания от аккумуляторного источника наилучшим образом подходят светодиодные осветительные приборы. Однако для реализации всех преимуществ этой технологии, а также обеспечения высокой надежности и долговечности, конструкция светильников должна учитывать некоторые особенности светодиодных излучателей. К таким особенностям относится постепенная деградация кристалла светодиода под действием повышенных температур, в результате чего со временем снижается световой поток.

#### **Обеспечение теплового режима работы светодиодов**

Общеизвестно, что срок службы светодиода зависит от используемого полупроводникового материала, а также отношения тока светодиода к количеству выделяемого тепла. Световая отдача постепенно снижается, и после того как она достигнет 50 % от начального значения, ожидаемый срок службы светодиода по определению истекает. Достижимый срок службы светодиодов может составлять от нескольких десятков тысяч до 100 000 часов, но только в отсутствие воздействия высоких температур, которые радикально его сокращают. Мощность излучения, или световой поток светодиода, сильно зависит от температуры р-п перехода кристалла. Это значит, что КПД существенно уменьшается с ростом температуры. Хотя светодиод и называют «холодным излучателем», в свет преобразуется не вся его электрическая энергия. Как и в других полупроводниковых устройствах, большая ее часть (70–80 %) превращается в тепло. Именно поэтому, в отличие от тепловых излучателей (например, ламп накаливания), светодиоды нуждаются в обязательном регулировании температурных режимов (охлаждении). Эффективность светодиода определяется как отношение светового потока к общему количеству подаваемой на светодиод электрической мощности и выражается в люменах на ватт (лм/Вт). При всех великолепных характеристиках высокоэффективных белых светодиодов их длительная и бесперебойная работа, а значит, воплощение в жизнь новых технологий освещения возможны только при соблюдении граничных условий, накладываемых на температурные режимы [1].

Текущая форма / геометрия светодиодных ламп на сегодняшнем рынке – это копия лампы накаливания с драйвером, расположенным внутри радиатора. Естественно, температура на радиаторе станет рабочей температурой драйвера. Температура на электролитическом конденсаторе обычно используется в качестве измерения времени жизни драйвера. Желаемая температура конденсатора составляет 105 °С / 10000 часов, но его рабочая температура составляет 115 °С внутри корпуса. Это является фатальным для светодиодной лампы, и низкое качество является в этом случае естественным результатом.

В традиционной линейной люминесцентной лампе форма трубки является разумной конструкцией вследствие наличия двух электродов с обоих концов для возбуждения плазмы. Однако светодиод имеет другие характеристики и совершенно другую технологию. Форма трубки не может обеспечить достаточный механизм отвода тепла, необходимый для корпусов светодиодов. Исполняя светодиодные излучатели в форме трубки, деградация светодиодов и повреждение драйвера из-за перегрева происходит быстрее. Светодиодная лампа традиционной формы и светодиодная трубка – это проектные отказы, которые заставляют новую технологию (новые функции) переходить в старую, существующую форму.

### Стабилизация питания светодиодов

Большинство светодиодов питаются постоянным током при напряжении от 3 до 3,4 В. При этом ключевым параметром является сила тока, индивидуально нормируемая производителем для каждой разновидности чипа. При превышении установленного производителем предела возникает перегрев и быстрая деградация кристалла, а также снижение КПД. Поэтому, для обеспечения длительной и безотказной работы светильника, сила тока, проходящего через светодиоды должна регулироваться драйвером светильника. При этом нужно учитывать нелинейность вольт-амперной характеристики светодиодов, которая представлена на рисунке 1.

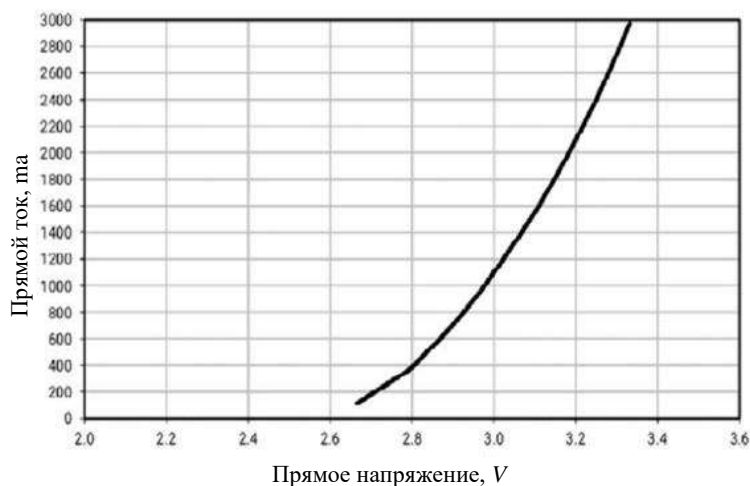


Рисунок 1 – Вольт-амперная характеристика светодиода белого свечения Cree XM-L T6

Таким образом, конструкция современных светодиодных светильников не должна привязываться к существующим форм-факторам других технологий, так как форма классических ламп накаливания или люминесцентных ламп не рассчитывалась под необходимый отвод тепла. Также важнейшую роль играет применение в конструкции драйвера – устройства, регулирующего силу тока, проходящего через светодиод.

### Список литературы

- 1 Ноэль, Л. Охлаждение и регулирование температурных режимов светодиодов / Л. Ноэль // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – Т. 3. – № 5. – С. 13–15.
- 2 Демидович, И. С. Применение аккумуляторных источников питания при строительстве / И. С. Демидович, Ю. А. Коновалов, В. А. Савин // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. : в 2, Гомель, 21–22 мая 2020 года ; под общ. ред. А. А. Поддубного. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 121–123.

УДК 629

## БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Д. А. ДЕЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На сегодняшний день дается множество определений такого обширного понятия, как «транспорт», но по своей сути в каждом определении имеется в виду следующее: **транспорт** — *ведущая отрасль экономики, осуществляющая перевозку пассажиров и грузов. Транспорт является основой географического разделения труда и активно воздействует на размещение производства.* В малом энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона транспорт определяется как *совокупность средств для передвижения грузов, войск и тому подобное.*



**Транспортная система** – комплекс различных видов транспорта, находящихся в зависимости и взаимодействии при выполнении перевозок. Обычно термин «транспортная система» употребляется применительно к государству, региону или крупному городу.

Транспортная безопасность достигается проведением единой государственной политики в области обеспечения транспортной безопасности, системой мер экономического, политического, организационного и иного характера, адекватных угрозам жизненно важным интересам личности, общества и государства в транспортной сфере.

Сегодня понятие транспортной безопасности преимущественно трактуется как предупреждение терроризма на транспорте. Антитеррористический императив транспортной безопасности носит объективный характер и в целом обусловлен значительным ростом террористических актов в мире, а также степенью его опасности непосредственно для транспортного комплекса. Другой ее составной частью являются защита транспортной сферы от иных, в том числе – криминальных форм незаконного вмешательства в действия транспорта, а также от различного рода чрезвычайных ситуаций (происшествий).

В наиболее общем виде понятие "транспортная безопасность" может быть определено:

- как система предупреждения, противодействия и пресечения преступлений, включая терроризм, в транспортной сфере;
- система предупреждения на транспорте чрезвычайных происшествий природного и техногенного характера;
- система недопущения либо минимизации материального и морального ущерба на транспорте от преступлений и чрезвычайных происшествий;
- система направленная на повышение экологической безопасности перевозок, экологической устойчивости транспортной системы;
- система реализации целей национальной безопасности в транспортном комплексе в целом.

Системный характер понятия транспортной безопасности определяет необходимость комплексного, системного решения проблем, имеющих в этой сфере.

Транспортная безопасность призвана обеспечить:

- 1) безопасные для жизни и здоровья пассажиров условия проезда;
- 2) безопасность перевозок грузов, багажа и грузобагажа;
- 3) безопасность функционирования и эксплуатации объектов и средств транспорта;
- 4) экономическую (в том числе – внешнеэкономическую) безопасность;
- 5) экологическую безопасность;
- 6) информационную безопасность;
- 7) пожарную безопасность;
- 8) санитарную безопасность;
- 9) химическую, бактериологическую, ядерную, и радиационную безопасность;
- 10) мобилизационную готовность отраслей транспортного комплекса.

Основными угрозами на транспорте являются:

- террористические и диверсионные акции (угон или захват воздушных, морских, речных судов, железнодорожного подвижного состава, автотранспорта, взрывы на железнодорожных вокзалах, на транспорте, диверсии против гидротехнических сооружений и др.);
- иные случаи незаконного вмешательства в функционирование транспорта, криминальные действия против пассажиров;
- криминальные действия против грузов;
- чрезвычайные происшествия (аварии), обусловленные состоянием транспортных технических систем (их изношенностью, аварийностью, несовершенством), нарушением правил эксплуатации технических систем, в том числе, нормативных требований по экологической безопасности при перевозках, а также природными факторами, создающими аварийную обстановку и влекущими за собой материальные потери и человеческие жертвы.

В целях повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте необходимо:

- наладить контроль за соблюдением требований нормативных актов по безопасности движения и эксплуатации транспортных и иных технических средств, связанных с перевозочным процессом, организацией работ по предупреждению и ликвидации аварийных и чрезвычайных ситуаций, последствий стихийных бедствий, крушений и аварий;

- определить перечень материальных и технических средств, подлежащих хранению в запасе у владельцев инфраструктуры железнодорожного транспорта и перевозчиков, для принятия незамедлительных мер по устранению последствий крушений, аварий, стихийных бедствий (заносы, наводнения, пожары и другие), вызвавших нарушение работы;
- установить правила нахождения граждан и размещения объектов в зонах опасности, проведения в них работ, проезда и перехода через железнодорожные пути;
- создать систему согласования с перевозчиками опасных грузов на особых условиях;
- установить медицинские противопоказания к работам, непосредственно связанным с движением поездов, а также порядок проведения обязательных специальных медицинских осмотров персонала, в том числе направленных и на определение психофизиологической пригодности к профессии;
- усовершенствовать систему обеспечения безопасности движения через железнодорожные переезды;
- установить порядок проведения проверок знаний и повышения квалификации работников, связанных с движением поездов и маневровыми работами, а также ответственных за погрузочно-разгрузочные работы.

#### Список литературы

- 1 Организация пассажирских железнодорожных перевозок : пособие для студентов общеобразовательных учреждений среднего профессионального образования. – М. : Академия, 2008.
- 2 **Атанова, М. А.** Основы организации билетно-кассовой работы пассажирских железнодорожных перевозок / М. А. Атанова, И. Н. Шутов : учеб. пособие. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. – 184 с.

УДК 342.9

## БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*Н. М. ДОВНАР*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Бурный рост инновационных технологий в последние десятилетия не обошел стороной и железнодорожный транспорт. Благодаря им современные поезда стали более скоростными, надежными и более эффективными в выполнении своего прямого назначения – перевозок. Быстрая доставка грузов и пассажиров в пункты назначения сочетаются с экологической чистотой современных поездов.*

**Интеллектуальные датчики для автоматической проверки путей** – Но не только сами поезда постоянно совершенствуются. Гигантский объем информации, который связан с железнодорожными перевозками, требует внедрения новых систем обработки этого информационного потока.

Компанией Siemens, начата разработка и внедрение датчиков, которые напрямую связаны с обеспечением безопасности движения на железных дорогах. Эти датчики должны подавать в реальном времени данные, например, о разрывах железнодорожного полотна с помощью системы GPS-позиционирования.

**Дроны – дополнительная мера по обеспечению безопасных пассажирских перевозок** – Такие беспилотные устройства предполагается использовать для улучшения безопасности перевозок. Используя автоматизированные системы зондирования, эти аппараты могут применяться для проверки путей перед движущимся составом, определяя возможные преграды на пути следования и контролировать движение поезда в автономном режиме. Дроны можно применять для наблюдения за людьми на платформах, что позволит оперативно сообщать о людях и вещах оказавшихся на пути. Так же это выявлять подозрительных людей и предметы. Потому терроризм на транспорте одна из актуальных тем на сегодняшний день.

Сегодня понятие транспортной безопасности преимущественно трактуется как предупреждение терроризма на транспорте. Антитеррористический императив транспортной безопасности носит объективный характер и в целом обусловлен значительным ростом террористических актов в мире, а также степенью его опасности непосредственно для транспортного комплекса. Другой ее состав-

ной частью являются защита транспортной сферы от иных, в том числе - криминальных форм незаконного вмешательства в действия транспорта, а также от различного рода чрезвычайных ситуаций (происшествий).

Для обеспечения безопасности пассажиров на станциях особенно в зимний период необходимо освещение.

Рабочее освещение на станциях, территориях переездов, привокзальных площадях, обгонных путях, пассажирских платформах, пешеходных мостах, в грузовых депо и других объектах выполняется с помощью систем наружного освещения. Все железнодорожные объекты должны иметь освещение пяти категорий:

- рабочее – используется в нормальном режиме деятельности;
- дежурное – применяется в нерабочее время;
- охранное – обеспечивает освещение периметра территории;
- резервное – служит запасным источником при отключении рабочего света;
- эвакуационное — используется для вывода персонала и посетителей в случае ЧП.

Наиболее универсальным вариантом являются прожекторы разных размеров и форм. Они создают мощный поток направленного света, который можно перемещать по вертикали и горизонтали благодаря поворотной конструкции прибора. Также на железнодорожных объектах применяются навесные и наземные светильники с галогенными, ксеноновыми и светодиодными лампами.

При разработке систем освещения важно обеспечить равномерность светораспределения. Для этого нужно не только правильно выбрать подходящие светильники и прожекторы, но и грамотно разместить их на территории.

Мы предлагаем использовать при устройстве освещения станций светодиодные ленты и панели, устанавливая их на краях посадочных платформ для того чтобы в темное время суток обозначить ее край. Так же использовать их для освещения направления движения, мест для курения, переходов и других объектов, чтобы упростить пассажирам поиск нужных им участков станции и уменьшить вероятность происшествий связанных с травматизмом среди пассажиров.

Разработка освещения железнодорожных объектов обязательно должна начинаться с анализа территории. Только учитывая специфику работы станции или парка путей, их расположение и имеющуюся инфраструктуру, можно создать высокоэффективную систему с отличными показателями экономичность, удобства эксплуатации и безопасности.

#### Список литературы

- 1 Организация пассажирских железнодорожных перевозок : пособие для студентов общеобразовательных учреждений среднего профессионального образования. – М. : Академия, 2008.
- 2 **Атанова, М. А.** Основы организации билетно-кассовой работы пассажирских железнодорожных перевозок / М. А. Атанова, И. Н. Шутов : учеб. пособие. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. – 184 с.

УДК 678.8: 656.02

### **ПРИМЕНЕНИЕ ШПАЛ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

*К. В. ЕФИМЧИК, Е. Ф. КУДИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель*

В настоящее время любой вид транспорта представляет потенциальную угрозу здоровью и жизни человека. Технический прогресс одновременно с комфортом и скоростью передвижения принес и значительную степень угрозы. В зависимости от вида транспортной аварии возможно получение множественных травм и ожогов, в том числе опасных для жизни человека.

Безопасность движения поезда на железнодорожном транспорте – свойство движения поезда находиться в неопасном состоянии за расчетное время, когда отсутствует угроза сохранности жизней и здоровья пассажиров, технического персонала, населения, сохранности грузов, объектов хозяйствования, технических средств транспортной системы.

В настоящее время во всем мире производят огромное количество изделий из ПКМ с различными физико-механическими характеристиками.

Применение ПКМ при производстве подвижного железнодорожного состава как пассажирского, так и грузового, обеспечивает его облегчение, удешевление, долговечность и меньшие затраты на эксплуатацию. Одновременно с этим особенно важны весовые показатели для высокоскоростного движения на существующих линиях. Снижение массы является определяющим критерием для обеспечения оптимального расположения центра тяжести кузовов вагонов, что очень важно для наклона кузова при движении на крутых поворотах с высокой скоростью [1].

Для изготовления конструкций из ПКМ, элементов интерьера и экстерьера подвижного состава железнодорожного транспорта в основном применяется технология контактного формования. Контактное формование изделий в открытых формах осуществляют двумя методами: ручной укладкой и напылением.

Необходимо отметить, что к композиционным материалам, применяемым в транспортном машиностроении, предъявляют высокие требования к характеристикам пожаробезопасности: горючести, дымообразующей способности, тепловыделению при горении, токсичности. Поэтому, в качестве основы для связующего используются пожаростойкие полиэфирные смолы. На рисунке 1 представлено применение ПКМ в современном железнодорожном транспорте.

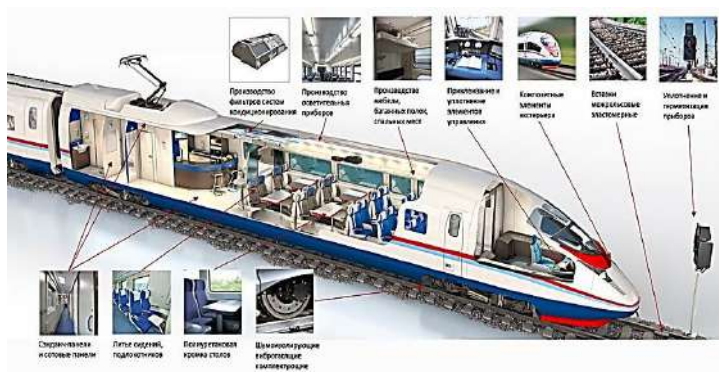


Рисунок 1 – Применение ПКМ в железнодорожном транспорте

Следующим перспективным направлением применения ПКМ является изготовление шпал. Железнодорожные шпалы выполняют важнейшую функцию. Шпалы обеспечивают неизменность расположения рельсовых нитей, передают давление от подвижного состава на балласт и земляное полотно [2].

В настоящее время на железных дорогах в Республики Беларусь применяются следующие основные типы шпал:

- деревянные, которые в основном производятся из сосны, лиственницы, кедра, березы;
- железобетонные, которые состоят из натянутых струн арматуры, залитых бетоном.

Самым главным недостатком деревянной шпалы является то, что при неправильной обработке шпалы подвергаются гниению, соответственно, и срок эксплуатации уменьшается. Также деревянные шпалы, пропитанные ядовитым креозотом, несут серьезную угрозу экологии. Они загрязняют почву, водоемы, попадая туда с дождевой водой, а также оказывают пагубное влияние на здоровье человека. Еще одним недостатком деревянных шпал является неоднородность из размеров, что влечет за собой неоднородность упругости.

Недостатками железобетонных шпал являются: повышенная электропроводность, хрупкость, чувствительность к ударам, высокая жесткость пути, что приводит к более быстрому износу рельс в местах стыков, значительная масса шпалы (в среднем 270 кг/шт.), сложность монтажа, высокая стоимость.

Бетонные шпалы не несут угрозы для экологии, но из-за отсутствия их вторичной переработки и должной утилизации возникают огромные свалки.

С 1990-х годов некоторые страны мира начали внедрять полимерные шпалы на железные дороги, в том числе и на скоростные (Япония, Китай). Так же активно начинают интересоваться данным видом шпал и другие страны мира, особенно страны с жарким влажным климатом (США, Индия,

Таиланд и Филиппины). США является мировым лидером по производству таких шпал, так как до сих пор в США большое количество шпал из дерева, и в ходе поисков более экономичных решений для замены деревянных американские компании все больше склоняются в пользу полимерных шпал [3]. На рисунке 2 представлены шпалы из ПКМ.



Рисунок 2 – Применение ПКМ для изготовления шпал

В разных регионах мира разработан ряд технологий изготовления композитных шпал. Эти технологии стали потенциальной альтернативой деревянным шпалам. В отличие от стали и бетона, композитные шпалы можно спроектировать таким образом, чтобы они имитировали поведение древесины. При этом рельсовые пути с деревянными шпалами требуют обязательного технического обслуживания, а композитные шпалы практически не требуют технического обслуживания и более рациональны с экологической точки зрения.

Таким образом применение шпал из полимерного композиционного материала позволяет улучшить безопасность движения поездов на железнодорожном транспорте, путем увеличения жизненного цикла шпал и срока безремонтной эксплуатации.

#### Список литературы

- 1 **Богданов, А.** Пластики на рельсах / А. Богданов // Пластик. – 2013. – № 8 (126). – С. 16–22.
- 2 **Дориомедов, М. С.** Полимерные композиционные материалы в железнодорожном транспорте России (обзор) / М. С. Дориомедов // Труды ВИАМ. – М., 2016. – Вып. 7.
- 3 Официальный сайт научно-популярного журнала «Композитный мир» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://compositeworld.ru/articles/app/id5f109a3ea2d6046ed2ebe0b8?ysclid>. – Дата доступа : 15.05.2022.

УДК: 331.45: 614.8.084

## ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ЛИКВИДАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*М. С. ЗАКРУТА*

*Минский вагоноремонтный завод, Республика Беларусь*

*В. В. ШАТАЛОВА*

*Минский радиотехнический колледж, Республика Беларусь*

Значительная часть перевозимых грузов несет в себе в процессе перевозки потенциальную опасность для людей, транспортной и прилегающей к ней инфраструктуре, окружающей природной среды в силу присущих им «опасных свойств», то есть способности при определенных условиях вызвать взрыв, пожар, отравление, заболевание, облучение людей и животных, коррозионное разрушение и другие виды негативного воздействия. Такие вещества, материалы, изделия, разнородные по своим свойствам и составу, перевозка которых осуществляется различными видами транспорта практически повсеместно в мире, объединены общим понятием «опасные грузы» [1].

Согласно главы 1 статьи 1 Закон Республики Беларусь от 06.06.2001 № 32-3 «О перевозке опасных грузов» дадим определение «Опасные грузы» – вещества, материалы и изделия, обладающие свойствами, проявление которых при перевозке может послужить причиной взрыва и (или) пожара, привести к гибели, заболеванию, травмированию, отравлению, облучению или ожогам людей и (или) животных, а также вызвать повреждение транспортных средств, коммуникаций, сооружений, технических устройств и иного имущества и (или) нанести вред окружающей среде [2].

Основными видами опасности при транспортировке грузов принято считать: пожароопасность, взрывоопасность, токсичность, радиационную опасность, инфекционную опасность, коррозионность.

Опасные грузы в соответствии с международными требованиями, установленными Типовыми правилами ООН (Рекомендации по перевозке опасных грузов) классификации веществ и изделий, по характеру опасных свойств подразделяются на следующие классы [2, 3]:

Класс 1 Взрывчатые вещества и изделия.

Класс 3 Легковоспламеняющиеся жидкости.

Класс 4.1 Легковоспламеняющиеся твердые вещества, самореактивные вещества и твердые десенсибилизированные взрывчатые вещества.

Класс 4.2 Самовозгорающиеся вещества.

Класс 4.3 Вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой.

Класс 5.1 Окисляющие вещества.

Класс 5.2 Органические пероксиды.

Класс 6.1 Ядовитые (токсичные) вещества.

Класс 6.2 Инфекционные вещества.

Класс 7 Радиоактивные материалы.

Класс 8 Едкие (коррозионные) вещества.

Класс 9 Прочие опасные вещества и изделия.

Особенности организации работ по ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами отдельных классов:

Класс 1. Взрывчатые вещества и изделия. При проведении аварийно-спасательных и восстановительных работ с грузами класса 1 необходимо учитывать их особую опасность, способность принести значительный ущерб жизни и здоровью людей, а также жилым и производственным объектам, транспортной инфраструктуре.

Класс 2 (газы). При проведении аварийно-восстановительных работ с этими грузами необходимо учитывать, что в емкостях (цистернах, баллонах) имеет место избыточное давление.

Класс 3 (легковоспламеняющиеся жидкости). Общим свойством грузов этого класса в случае утечки является способность создавать над поверхностью взрывоопасную концентрацию.

Класс 4.1 (легковоспламеняющиеся твердые вещества, самореактивные вещества и твердые десенсибилизированные взрывчатые вещества). При тушении пожаров с грузами подкласса 4.1 необходимо учитывать, что недостаточное увлажнение груза может способствовать самовозгоранию после прекращения горения.

Если в аварийную ситуацию попали вагоны с опасными грузами класса 4.2 (самовозгорающиеся вещества), следует обратить внимание на то, что некоторые из них (фосфор желтый, металлоорганические соединения) способны самовозгораться при контакте с воздухом.

Грузы класса 4.3 (вещества, выделяющие воспламеняющиеся газы при взаимодействии с водой) характеризуются высокой активностью по отношению к воде.

Классы 5.1 (окисляющие вещества) и 5.2 (органические пероксиды). Специфичность свойств опасных грузов данных классов определяется их способностью при нагревании разлагаться с образованием кислорода (разложение пероксидов может носить характер взрыва), что способствует развитию пожара в условиях аварийной ситуации.

Класс 6.1 (ядовитые (токсичные) вещества). При ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами класса 6.1 необходимо учитывать, что они способны причинить вред здоровью, вызывать отравления, заболевания или привести к смерти человека при попадании в организм через органы дыхания, органы пищеварения или кожу.

При ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами класса 6.2 (инфекционные вещества) необходимо учитывать, что указанные вещества содержат болезнетворные микроорганизмы, опас-

ные для людей и животных, способные вызывать инфекционные заболевания. Пролиты и россыпи грузов этого класса необходимо обработать веществами, содержащими «активный хлор», при этом следует избегать попадания веществ в водоемы.

Класс 7 (радиоактивные материалы). При возникновении аварийных ситуаций с радиоактивными материалами необходимо учитывать следующие опасные факторы, которые могут создать опасность для здоровья и явиться причиной загрязнения окружающей среды: превышение допустимого уровня ионизирующего излучения, наличие радиоактивных веществ в окружающей среде, наличие подвергшихся радиоактивному загрязнению лиц, а также загрязненных объектов.

Класс 8 (едкие (коррозионные) вещества). При проведении аварийно-восстановительных работ с опасными грузами данного класса необходимо учитывать, что при непосредственном контакте эти вещества вызывают повреждения живой кожной ткани, глаз, а при утечке и просыпании - повреждение и даже разрушение перевозимых грузов или транспортных средств.

Класс 9 (прочие опасные вещества и изделия). Если в аварию попали вагоны с опасными грузами класса 9, следует обратить внимание на то, что данный класс включает опасные грузы с различными физико-химическими свойствами, в том числе опасные для окружающей среды, перевозимые при повышенной температуре.

В случае получения информации о возникновении чрезвычайной ситуации соответствующие должностные лица обязаны [4]:

- осуществить разведку очага аварийной ситуации и зоны возможного заражения на наличие аварийно химически опасных веществ, опасных биологических агентов, определить границы опасной зоны, принять меры по ее ограждению и оцеплению;

- при необходимости провести эвакуацию населения близлежащей территории (радиус зоны эвакуации определяется исходя из свойств и количества груза, особенностей местности и погодноклиматических условий);

- оценить пожарную обстановку;

- выявить людей, подвергшихся воздействию ядовитых (токсичных) и едких веществ, биологически опасных препаратов, и организовать оказание им медицинской помощи;

- разработать план ликвидации аварийной ситуации.

В плане ликвидации аварийной ситуации должно быть:

- характеристика очага поражения;

- оценка возможности возникновения пожара и взрыва для аварийно-восстановительных подразделений и населения;

- силы и средства, привлекаемые для ликвидации аварийной ситуации, и порядок их использования;

- организация управления ходом работ;

- организация динамического газового и радиационного контроля работы участников ликвидации аварийной ситуации с использованием индивидуальных средств защиты.

В необходимых случаях вопросы ликвидации аварийной ситуации решаются совместно с представителями местной администрации, территориальными службами МЧС республики, органами здравоохранения и внутренних дел, промышленными предприятиями и организациями.

При формировании плана ликвидации аварийной ситуации обязательно использование аварийной карточки на конкретный опасный груз.

#### Список литературы

1 **Гарин, В. М.** Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях / В. М. Гарин, М. А. Папсуев, А. В. Ковалов. – Ростов н/Д. : РГУПС, 2001. – 116 с.

2 О перевозке опасных грузов : Закон Респ. Беларусь от 06.06.2001 № 32-3 (ред. от 10.12.2020).

3 Об утверждении Правил по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом (вместе с Правилами по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом) : постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 28.12.2021, № 85 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ilex-private.ilex.by/view-document/BELAW/178297/>. – Дата доступа : 21.11.2022.

4 ТКП 238-2010(02190) Организация и проведение работ при возникновении аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их железнодорожным транспортом по территории Республики Беларусь [Электронный ресурс] // – Режим доступа : [https://www.rw.by/uploads/userfiles/files/tkp\\_238-2010.pdf](https://www.rw.by/uploads/userfiles/files/tkp_238-2010.pdf). – Дата доступа : 21.11.2022.

## СОЦИАЛЬНАЯ РЕКЛАМА НА ТРАНСПОРТЕ КАК ФАКТОР ПРОФИЛАКТИКИ ЭКСТРЕМИЗМА

*Н. М. ЗВЁЗДКИН, В. Н. ВОРЕПО, В. А. БУЛЫБЕНКО*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Термин «экстремизм» происходит от латинского слова *extremus* – крайний и характеризует приверженность к крайним взглядам и мерам. Согласно Закону Республики Беларусь «О противодействии экстремизму» под экстремизмом следует понимать деятельность по планированию, организации, подготовке и совершению посягательств на независимость, территориальную целостность, суверенитет, основы конституционного строя, общественную безопасность путем: насильственного изменения конституционного строя, создания экстремистского формирования, распространения заведомо ложных сведений, осуществления террористической деятельности, разжигания расовой, национальной, религиозной вражды, реабилитации нацизма и т.д. [1].

Таким образом, экстремизм представляет собой деструктивное социальное явление, включающее практику применения крайних, в том числе насильственных, форм и методов деятельности, основанных на предубеждениях, заблуждениях и фобиях.

Проблема экстремизма, в целом не свойственная для белорусского общества, актуализировалась на фоне вызовов, с которыми пришлось столкнуться стране в последние годы (пандемия, попытки дестабилизации социально-политической обстановки, санкционное давление, эскалация военно-политической напряженности по периметру границ и т. д.).

Одним из инструментов профилактики экстремизма является социальная реклама. В настоящее время она становится все более популярной в Республике Беларусь, в связи с чем необходимо активное ее использование в качестве инструмента формирования общественного мнения. Миссия социальной рекламы по борьбе с экстремизмом заключается в консолидации государственных, общественных и частных усилий в разрешении этой проблемы. Как и другие виды рекламы, она обладает рядом специфических черт.

Согласно Закону Республики Беларусь «О рекламе» социальная реклама представляет собой рекламу прав, охраняемых законом интересов или обязанностей организаций или граждан, мероприятий в сферах здравоохранения, образования, культуры, спорта, социальной защиты населения, обеспечения государственной и общественной безопасности, сохранения историко-культурного, духовного наследия, профилактики правонарушений, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также иных явлений, связанных с защитой или удовлетворением общественных или государственных интересов [2].

Социальная реклама использует тот же инструментарий, что и коммерческая: видеоролики, аудиосообщения, печатная продукция и т.д. Основное отличие социальной рекламы от коммерческой заключается в цели. В то время как коммерческие рекламодатели стимулируют благожелательное отношение к тому или иному товару или рост его продаж, цель социальной рекламы заключается в привлечении внимания к общественному явлению.

Транспортная инфраструктура представляет собой важный ресурс, позволяющий размещать различную социально значимую информацию в различных формах. Эффективность информационной работы с населением в системе общественного транспорта во многом обусловлена значительными объемами пассажиропотока. Например, в первом полугодии 2022 года Белорусская железная дорога перевезла около 35,8 млн пассажиров [3].

Важно обратить внимание, что социальная реклама на транспорте воздействует на самые разнообразные категории населения. Естественный интерес к изучению содержимого «транзитной» рекламы обусловлен длительностью пребывания как в транспортном средстве, так и возле транспортной инфраструктуры. Внешняя реклама посредством применения средств и возможностей дизайна помогает создавать привлекательный эстетический вид средствам передвижения (автобусы, троллейбусы, трамваи) и динамично вписываться в окружающую среду.

Внутренняя реклама, как правило, размещается в виде плакатов, листовок, видео- и аудиороликов, запускаемых внутри транспортного средства. В силу своей специфики социальная реклама на



транспорте обладает относительно большой продолжительностью воздействия. Это повышает запоминаемость информации, не вызывая эффект «неприятия».

Важным направлением профилактики деструктивных процессов в социуме является популяризация патриотических ценностей. Яркими примерами социальной рекламы, формирующей гражданско-патриотическое сознание, применяемой на транспорте, являются: видеоролики, транслируемые в поездах Белорусской железной дороги, раскрывающие тематику социально-экономического развития Беларуси, популяризирующие природные богатства и историческое наследие; исторические троллейбусы (маршруты), имеющие соответствующее визуальное оформление в виде информационных надписей и рисунков, а также предлагающие пассажирам аудиоэкскурсию в ходе перемещения по маршруту движения и т.д. Положительный общественный резонанс получил проект «Поезд победы», направленный на сохранение исторической памяти о подвиге советского народа в годы Великой Отечественной войны.

Таким образом, социальная реклама является важнейшим коммуникационным каналом становления системы ценностей в белорусском обществе, поддержания ценностей предыдущих поколений. Она выполняет «социоинтегративную функцию», содействует позитивным социальным изменениям, обеспечивает стабилизацию и гармонизацию общественных отношений [4].

Формирование в общественном сознании неприятия экстремизма во всех его проявлениях посредством социальной рекламы на транспорте – одно из важных и действенных направлений в профилактике деструктивных общественных явлений. В связи с этим необходимо дальнейшее совершенствование данного направления за счет расширения базы размещения, а также креативного подхода к разработке материалов социальной рекламы.

#### Список литературы

1 О противодействии экстремизму : Закон Респ. Беларусь [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H10700203/>. – Дата доступа : 12.09.2022.

2 О рекламе : Закон Респ. Беларусь [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=h10700225/>. – Дата доступа : 13.09.2022.

3 За 7 месяцев Белорусская железная дорога перевезла почти 36 миллионов пассажиров [Электронный ресурс] // Белорусская железная дорога: новости. – Режим доступа : [https://www.rw.by/corporate/press\\_center/corporate\\_news/2022/08/za-7-mesyatsev-2022-goda-belorusskaya-zheleznaya-doroga-perevezla-pochti-36-millionov-passazhirov/?ysclid=180odeuhb6723230020/](https://www.rw.by/corporate/press_center/corporate_news/2022/08/za-7-mesyatsev-2022-goda-belorusskaya-zheleznaya-doroga-perevezla-pochti-36-millionov-passazhirov/?ysclid=180odeuhb6723230020/). – Дата доступа : 13.09.2022.

4 **Калачёва, И. И.** Социальная реклама как феномен общественной и научной рефлексии в белорусском обществе [Электронный ресурс] / И. И. Калачёва // Теория и методы исследований коммуникации : сб. науч. ст. Вып. 3 / под ред. О. В. Терещенко. – Минск : БГУ, 2014. – Режим доступа : <http://elib.bsu.by/handle/123456789/111594>. – Дата доступа : 13.09.2022.

УДК 614.847.1

## СТРАХОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЫДВИЖНЫХ ТРЕХКОЛЕННЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ЛЕСТНИЦ

*С. В. ИВАНОВ, Д. М. КОВШАР*

*Филиал «Институт профессионального образования»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Гомель*

Важнейшей составляющей в работе современных спасателей-пожарных является соблюдение требований правил безопасности. Главной задачей Министерства по чрезвычайным ситуациям является спасение жизни и здоровья людей, однако, если работник МЧС должным образом не обеспечит собственную безопасность, то на помощь людям он прийти уже не сможет, и более того – ресурсы, предназначенные для выполнения боевой задачи, будут привлечены для спасения этого работника. Конечно, в работе Министерства по чрезвычайным ситуациям всегда присутствует такое понятие, как «обоснованный профессиональный риск» – правомерное действие работника МЧС (группы работников) при ликвидации ЧС, направленное на достижение целей по спасанию людей и ликвидации причин, способных привести к травмированию и гибели людей, при осуществлении

которого имеется вероятность наступления неблагоприятных последствий, в том числе и для самого работника Министерства по чрезвычайным ситуациям (группы работников). Однако в большинстве случаев нарушение правил безопасности вызвано такими причинами:

- как недостаточная подготовка работников;
- сознательные действия работников для экономии времени, сил и т. д.;
- отсутствие технических возможностей.

И если с первыми двумя причинами можно успешно разобраться с помощью различных как педагогических, так и психологических методик, то последний пункт влечет за собой не только влияние на личный состав, но и необходимость совершенствования материально-технической базы подразделений по чрезвычайным ситуациям.

Одним из примеров наиболее травмоопасных видов работ являются работы на высоте. Для проведения таких работ в подразделениях используются пожарные лестницы, как ручные, так и автомобильные, при работе с которыми следует применять страхующие приспособления, исключающие падение работающих.

Наиболее часто используемой ручной пожарной лестницей является трехколенная пожарная лестница – лестница, состоящая из нескольких телескопически перемещающихся под действием канатной тяги колен. Работа с ней требует наличия определенных навыков и выполнения определенных правил, одним из которых является страховка лестницы. Работа на лестнице допускается только при условии постоянного нахождения у нее страхующего. Сам же процесс страховки лестницы осуществляется путем удержания ее за тетивы первого колена, не допуская охвата пальцами внутренней стороны тетивы. При использовании на чрезвычайных ситуациях в условиях дефицита времени и иных факторов данный способ неудобен – при условии нахождения на руках работника средств защиты рук единственным вариантом является расположение кончиков пальцев страхующего в узких пазах направляющих второго колена, что вместе с необходимостью переноса веса всего тела вниз создает на пальцы существенную нагрузку и не позволяет долго осуществлять качественную страховку.

Решением данной проблемы может являться создание дополнительных выдвижных элементов, закрепленных на внутренней стороне тетив между 4-й и 5-й ступенями первого колена, которые страхующий сможет выдвинуть, зафиксировать и полноценно обхватить руками, тем самым осуществляя страховку более качественно и в течение более длительного времени. При укладке лестницы в транспортное положение данные элементы будут сложены и зафиксированы между тетивами в одной плоскости со ступенями, что не создаст проблем при укладке лестницы на штатные крепления автомобиля и последующих снятиях с них.

Также проблема отсутствия страховки существует и при использовании автомобильных пожарных лестниц. При продвижении по разложенным коленам, особенно ближе к концу, спасатель, находясь в средствах защиты и зачастую нагруженный определенным количеством пожарно-технического вооружения, рискует потерять равновесие и сорваться вниз. Также при работе автолестницы не исключены случаи ее перекоса в горизонтальной плоскости в результате взаимодействия лестницы с элементами конструкций либо неисправностей механизмов, отвечающих за выравнивание и горизонтирование платформы и (или) пакета колен, что также влечет опасность для тех, кто движется или работает на ней. Для страховки работников в вышеописанных случаях может работать специальный трос, закрепленный на последней ступени первого колена и приходящий на основание последнего колена. В транспортном положении трос будет уложен, при раскладывании лестницы за счет выдвигания первого колена трос будет прокладываться посередине и поверх ступеней всех колен лестницы, обеспечивая беспрепятственное движение работников, использующих для страховки карабин на пожарном поясе. По мере складывания лестницы трос принудительно возвращается в транспортное положение (например, укладывается на вращающийся барабан в основании последнего колена).

Вышеописанные технические решения позволят существенно уменьшить фактор риска при использовании пожарных лестниц и повысить эффективность выполнения правил безопасности.

#### Список литературы

1 Об утверждении Боевого Устава органов и подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь : приказ М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 04.01.2021, № 1.

2 Об утверждении правил безопасности в органах и подразделениях Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь : приказ М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 16.06.2022, № 200.

3 ГОСТ 12.2.047-86. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 22 с.

## ЛИКВИДАЦИЯ ПОЖАРОВ В ПОДВИЖНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Д. П. КАРПЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При перевозке опасных грузов (сжиженных газов, горючих жидкостей, твердых горючих материалов и т. д.), анализируя аварийные ситуации на железной дороге, авария может иметь два принципиальных варианта развития:

– авария без пожара (опрокидывание вагонов, сход с путей, разлив или утечка опасных грузов и т. д.);

– авария, сопровождающаяся пожаром (горение цистерн, горение вытекающего или разлитого продукта, других вагонов, станционных сооружений, зданий и т. д.).

Наиболее сложными и опасными авариями являются те, которые связаны с пожаром, т.к. ликвидация последствий аварий связана, в первую очередь, с необходимостью ликвидации горения.

В результате горения аварийная ситуация усугубляется, а в случае непринятия эффективных мер борьбы с огнем именно развитие пожара создает условия, при которых размеры и последствия аварии существенно увеличиваются.

Сложность тушения пожаров заключается в том, что при пожаре задерживается введение огнетушащих веществ до выяснения физико-химических свойств грузов и обесточивания электроконтактной сети над горящим подвижным составом.

### **Особенности тушения пожаров в вагонах с опасными грузами**

При горении в грузовом подвижном составе время распространения огня по всему грузовому вагону составляет не более 20 мин. Через 30–40 мин пол в вагоне прогорает, а груз попадает на железнодорожные пути. Скорость распространения огня вдоль подвижного состава в среднем составляет 1,4 м/мин, по подвижному составу на соседних путях – 0,4 м/мин. Скорость роста площади пожара в первые 10 мин свободного горения подвижного состава достигает 3–4 м/мин, а в последующие 10–50 мин – 7–8 м/мин.

При обнаружении пожара в вагоне, груженом хлопко-волокном и другими аналогичными грузами, локомотивная бригада после остановки поезда организует тушение пожара на месте первичными средствами пожаротушения. Как правило, следует ликвидировать пламенное горение и пролить тюки водой без их выгрузки. Окончательная ликвидация пожара с выгрузкой груза производится на станциях.

Наиболее эффективным средством тушения кип хлопко-волокна, ваты и других волокнистых грузов является вода со смачивателем и без смачивателя в виде распыленных струй, а также пена, средней или высокой кратности.

В необходимых случаях для подачи огнетушащих веществ в очаг пожара и в места наиболее интенсивного горения пробиваются отверстия непосредственно в крышах и стенах кузовов вагонов (контейнеров). Вскрытие дверей и люков вагонов, контейнеров, а также упаковки груза, находящегося на открытом подвижном составе, производится только после выяснения рода груза и полного боевого развертывания пожарного поезда, пожарных автомобилей и подготовки необходимых средств пожаротушения.

Участок железнодорожного пути, на котором производилась ликвидация пожара в цистернах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями, прилегающая к нему территория должны быть взяты под наблюдение пожарной службой или специально выделенными для этой цели работниками до полного удаления остатков разлитой жидкости. Применение открытого огня на путях, залитых горючими жидкостями и заход туда локомотивов запрещается.

### **Особенности тушения пожаров в вагонах с опасными грузами**

При обнаружении пожара в пути следования поезда в вагонах с легковоспламеняющимися грузами локомотивной бригадой одновременно с вызовом пожарной службы производится расцепка состава и удаление горящих вагонов или цистерн от других вагонов на расстояние более 200 м. Для ликвидации пожара в подвижном составе с опасными грузами средства пожаротушения вводятся внутрь вагона (контейнера) через боковые и крышечные люки, двери и отверстия дымовытяжных труб.

В таких случаях, локомотивная бригада или работники станции после удаления горящего вагона на расстояние более 200 м обязаны своими силами установить его охрану с целью недопущения подхода людей к вагону. Лица, назначенные для охраны, должны находиться за укрытием в безопасной зоне. Руководитель прибывшего пожарного подразделения обязан обеспечить подачу в зону горения мощных водяных струй.

В целях предотвращения несчастных случаев от возможного взрыва (цистерн, баллонов), подача водяных струй должна осуществляться только из-за укрытия. Нахождение в прилегающей к месту пожара зоне людей, не занятых тушением пожара, запрещается.

Для тушения горящего газа, выходящего через неплотности запорных устройств или образовавшиеся трещины цистерн, подается углекислый газ и вода компактными струями под давлением. После ликвидации горения факела газа, не прекращая охлаждения цистерны, в местах выхода газа, устраняется его утечка. При невозможности ликвидировать факел горящего газа допускается свободное выгорание при непрерывном охлаждении поверхности котла цистерны водяными струями.

#### Список литературы

- 1 О пожарной безопасности : Закон Респ. Беларусь, 15 июня 1993 г., № 2403-ХП // КонсультантПлюс. Беларусь [Электронный ресурс] / ЮРСпектр, Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
- 2 Инструкция по тушению пожаров в подвижном составе на железнодорожном транспорте (РД РБ БЧ 40.007-98). – М. : ВНИИПО, 2000.
- 3 Руководство по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. – М. : УВО МПС, ВНИИЖТ, 2001.

УДК 624.87

### КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОНТОННОГО ПАРКА ПП-2005М

*П. А. КАЦУБО, Е. В. ПЕЧЕНЕВ, Б. А. ЖОГАЛЬ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Подвоз материальных средств, переброска сил и средств, а также передислокация вооружения, военной и специальной техники через водные преграды остается неотъемлемой частью вооруженных конфликтов и тылового обеспечения войск.

Способов преодоления водных преград множество, от переезда реки в брод, до сооружения инвентарных мостовых переходов с использованием табельных конструкций.

Наиболее распространенное и современное решение для выполнения такой задачи являются понтонные мосты и переправы. К их достоинствам относятся высокий темп сборки мостового перехода и повышенная маневренность систем понтонного парка.

Одной из крайних разработок в этой области является понтонный парк типа ПП-2005М (рисунок 1). По основным функциям и возможностям она аналогична паркам старших моделей. Однако ряд современных решений и компонентов позволил значительно улучшить основные технические и эксплуатационные характеристики.



Рисунок 1 – Понтонный парк ПП-2005М [1]

В основу проекта ПП-2005М легла хорошо зарекомендовавшая себя и проверенная временем концепция многокомпонентного понтонного парка. Он включает в себя несколько десятков различных изделий и образцов техники разных классов и разного назначения.

Понтонный парк перевозится автомобилями КамАЗ-63501 в количестве до 42 единиц. Эти автомобили относятся к классу повышенной проходимости, отличающиеся хорошими ходовыми качествами. Базовое шасси получило специально доработанную платформу, включающую в себя лебедки и другие приспособления для транспортировки понтонных звеньев, лодок и другого имущества. Автомобили оборудованы приспособлениями для сбрасывания звеньев на воду, а также для подъема его обратно.

Мостовая переправа, собранная из таких звеньев включает в себя 32 речных звена, 4 прибрежных звена. Перемещение по воде обеспечивают буксирно-моторные катера. Разрабатывалось речное звено ПП-2005М с нуля, остальные элементы были заимствованы с других комплектов понтонных парков.

Внешний вид нового понтонного парка аналогичен имеющимся. Сам парк состоит из 4 понтонных корпусов, у которых шарнирное соединение с торсионами для открывания понтонов. Палуба состоит из металлического настила, служащего для передвижения личного состава, техники, а также для установки специального оборудования.

Звенья соединяются между собой замками новой конструкции, надежными и долговечными.

Концевые понтоны звена оборудованы подвижным обтекателем и дополнительными замками.

Звено нового типа по своим габаритам не отличается от предыдущих моделей. Вес составляет 8,35 т. С учетом модернизации повысилась грузоподъемность с 22,5 до 25 т. Осадка звена при максимальном нагружении достигает 0,65 м.

Моторное звено представляет собой самоходную платформу уменьшенных габаритов с собственной силовой установкой и водометным двигателем. Моторное звено может соединяться с другими понтонами, перевозить груз массой до 10 тонн. Обеспечивает высокую маневренность и развивает скорость до 12 узлов. Буксирно-моторные катера используются для перемещения паромов по воде.

Понтонный парк ПП-2005М предназначен для оперативного перемещения в указанный район и наведения наплавного моста или паромной переправы. Максимальная длина наводимого понтонного моста составляет 268 м, ширина 14 м. Мост обеспечивает пропуск техники в двухпутном направлении максимальной нагрузкой 120 т.

Новая конструкция речных звеньев обеспечивает эксплуатацию переправы при скорости течения до 3 м/с.

Из понтонного парка ПП-2005М можно собрать 8 паромных переправ грузоподъемностью до 90 т, 4 переправы грузоподъемностью 190 т или 2 по 380 т.

При создании понтонного парка разработчики руководствовались имеющимися наработками, что в свою очередь упрощает его разработку, а в дальнейшем и обучение личного состава при применении. При этом новые разработки, технологические процессы и компоненты увеличивают его тактико-технические показатели.

Понтонные парки, в том числе ПП-2005М, играют важную роль в обеспечении подвоза материальных средств, переброски сил и средств, а также передислокации вооружения, военной и специальной техники через водные препятствия [1].

#### Список литературы

1 Понтонный парк ПП-2005М [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://en.topwar.ru/198708-pontonnyj-park-pp-2005m.html>. – Дата доступа : 19.09.2022.

УДК 656.2:629.4.023

### **АНАЛИЗ СРЕДСТВ КРЕПЛЕНИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*С. В. КИРИК, С. М. БОБРИЦКИЙ, Е. В. ПЕЧЕНЕВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях железнодорожный транспорт остается основным видом наземного транспорта, используемым для выполнения воинских перевозок на большие расстояния.

Важным этапом, требующим значительных затрат времени при выполнении воинских перевозок, является погрузка вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ) на открытый подвижной состав [1]. Продолжительность погрузки и выгрузки воинских эшелонов значительно зависит от способов закрепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе, обученности личного состава воинских эшелонов правилам погрузки, размещения и крепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе, подготовки водителей (водителей-механиков), а также перевозимой техники.

На данный момент актуальной является проблема совершенствования средств крепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе, что позволит сократить время, затрачиваемое на погрузку (выгрузку).

Одним из способов решения данной проблемы является использование для закрепления ВВСТ на железнодорожном подвижном составе многооборотных средств крепления, таких как универсальные многооборотные крепления, металлические шпоры, и табельных креплений.

Для крепления колесной техники могут использоваться различные виды многооборотных средств крепления.

Универсальные многооборотные крепления УМК ЛК применяются для закрепления военной колесной техники массой от 1,5 до 16 тонн, диаметром колеса техники до 1260 мм, при её перевозке железнодорожным транспортом в составе воинских эшелонов и транспортов под охраной. Комплект УМК ЛК состоит из четырех продольных, четырех поперечных упоров, дополнительных элементов крепления (четырёх крепёжных планок, двадцати четырёх саморезов) и одного Г-образного ключа. Масса комплекта 76,0 кг.

При перевозке и закреплении военной колесной техники массой от 1,5 до 16 тонн, диаметром колеса техники до 1260 мм, размещенной над сцепом платформ, при её перевозке железнодорожным транспортом в составе воинских эшелонов и транспортов под охраной используются удлиненный поперечный упор комплекта УМК ЛК.

Универсальные многооборотные крепления УМК ТК применяются для закрепления военной колесной техники массой от 16 до 22 тонн, диаметром колеса техники до 1600 мм, при её перевозке железнодорожным транспортом в составе воинских эшелонов и транспортов под охраной. Комплект УМК состоит из четырех продольных, четырех поперечных упоров, дополнительных элементов крепления (четырёх крепёжных планок, двадцати четырёх саморезов) и одного Г-образного ключа. Масса комплекта 130,0 кг.

В состав комплектов УМК ЛК и УМК ТК входят также пружинная (мягкая) растяжка или жёсткая растяжка (рисунок 1).



Рисунок 1 – Закрепление колесных машин при помощи УМК ЛК и УМК ТК

Универсальное многооборотное крепление МККТ Л1 предназначено для крепления самоходных и несамоходных транспортных и колёсных средств и установок общего и специального назначения массой до 20,6 т и диаметром колеса до 1260 мм включительно, при их перевозках на железнодорожных платформах в составе грузовых поездов.

Для крепления гусеничной техники могут использоваться универсальные многооборотные крепления УМК СР.

Применяется для перевозки гусеничной техники (БМП-1, БМП-2 и установок, смонтированных на их базе) массой до 14,0 тонн, с шириной трака гусениц не более 300 мм при их транспортирова-

нии на железнодорожных платформах в составе воинских эшелонов и транспортов с сопровождением. В состав комплекта входят скоба с фиксатором УМК СР, стержень с захватом УМК СР, клин УМК СР, гайка УМК СР, шайба УМК СР, растяжка жесткая для УМК СР.

Применяются для закрепления военной гусеничной техники массой до 50 тонн, с шириной гусеницы от 240 до 580 мм при ее перевозке железнодорожным транспортом в составе воинских эшелонов и транспортов под охраной (рисунок 2).



Рисунок 2 – Закрепление гусеничной техники при помощи УМК

Применение многооборотных средств крепления для закрепления ВВСТ на подвижном составе позволяет сократить время на погрузку (выгрузку) и закрепление ВВСТ на железнодорожном подвижном составе, а также уменьшить сроки доставки воинских эшелонов и транспортов к месту назначения. Помимо этого применение многооборотных средств крепления существенно снизить затраты Министерства обороны Республики Беларусь на материалы, применяемые для закрепления ВВСТ при перевозке железнодорожным транспортом.

#### Список литературы

1 Кирик, С. В. Повышение эффективности воинских перевозок / С. В. Кирик, Д. В. Малашков. // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы VII Междунар. научн.-практ. конф в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. А. А. Поддубного. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 38–39.

УДК 656.2

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТ АКТОВ НЕЗАКОННОГО ВМЕШАТЕЛЬСТВА

*И. И. КОНОНОВ, Н. М. СОСЕВИЧ*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Борьба с преступлениями в современных условиях, защита от терроризма и иных актов незаконного вмешательства в транспортной сфере предполагает разработку новых технологий, позволяющих быстро и результативно предотвращать подобные проявления. Степень защищенности транспортной инфраструктуры зависит от применения более широкого спектра научно-практических методик. Посредством применения только досмотровой техники невозможно обеспечить полную безопасность на объектах транспортной инфраструктуры и транспортных средствах.

Данные обстоятельства вынуждают искать другие возможные направления защиты от актов незаконного вмешательства. Действия территориальных органов МВД России на транспорте не всегда бывают своевременными. Одним из главных недостатков этого является отсутствие мобильности и оперативности, большая площадь обслуживаемых территорий, а также отсутствие возможности получения актуальной информации о состоянии оперативной обстановки на месте чрезвычайной ситуации.

Субъекты транспортной инфраструктуры чаще обращаются к помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), прежде чем направить на разрешение критических ситуаций группу быстрого реагирования. БПЛА используются для периметрового и пограничного контроля, оповещений, преследований правонарушителей т.п.

В настоящее время сфера беспилотной авиации переживает бурный рост во всем мире. На рынок этого сегмента современной техники выходят страны, ранее не осуществлявшие научной разработки и производства данных высокотехнологичных комплексов, а именно: Индия, Пакистан, Иран, Сирия, Польша, Чехия, Норвегия. Отличительной чертой отечественного рынка беспилотных систем является слабое финансирование со стороны государства.

Предлагаемые беспилотные летательные аппараты на станции должны обеспечивать:

- высокоточную съемку станции и прилегающей территории;
- анализ происшествий. Снимки с камеры беспилотника фиксируют все детали аварий и пути проезда/подхода к месту происшествия;
- мониторинг людей и территории. Дроны дают возможность оценить обстановку и выявить нарушителя;
- отслеживание нарушителей. Оснащение БПЛА тепловизионными камерами для ночной съемки, а снятые им изображения пропускаются через систему распознавания лиц для идентификации личности;
- беспилотный дистанционный мониторинг территорий с целью обнаружения попыток совершения АНВ;
- мониторинг и передача данных по радиоактивному и химическому заражению местности и воздушного пространства в заданном районе;
- мониторинг состояния железнодорожных путей;
- обеспечение взаимодействия как между силами обеспечения транспортной безопасности станции, так и с силами обеспечения транспортной безопасности других ОТИ.

Задачи для применения беспилотных летательных аппаратов можно классифицировать на четыре основные группы:

- обнаружение АНВ;
- участие в предотвращении АНВ;
- поиск и спасение пострадавших;
- оценка ущерба от АНВ.

Для эксплуатации БПЛА при оценке защищенности информации необходимы операторы, которые закончили обучение по программам использования БПЛА, имеющие практический опыт работы с БПЛА и должны быть допущены приказом организации к самостоятельным работам данного вида.

В таких задачах старший оператор должен оптимальным образом выбрать маршрут, скорость и высоту полета БПЛА, чтобы охватить район наблюдения за минимальное время или количество пролетов с учетом секторов обзора телевизионных и тепловизионных камер. Данные о попытке совершения АНВ следует передавать в реальном режиме времени для оповещения сил обеспечения транспортной безопасности и принятия возможных срочных мер по их предотвращению.

Использование БПЛА на станции удобно тем, что они маневреннее и быстрее ГБР. БПЛА можно отправить на разведку какой-либо определенной территории и, после того как дрон соберет нужную информацию, решить, нужно ли отправлять на то место группу быстрого реагирования.

Для объектов транспортной инфраструктуры предпочтительнее применять мультироторные дроны, представляющие собой летающую платформу с 3, 4, 6, 8, 12 бесколлекторными двигателями с пропеллерами. В полете дрон держит горизонтальное положение относительно поверхности земли и может зависать над определенным местом, перемещаться влево, вправо, вперед, назад, вверх и вниз, а также поворачиваться вокруг своей оси.



Беспилотные летательные аппараты, применяемые в целях обеспечения транспортной безопасности, должны удовлетворять требованиям к техническим средствам согласно Постановления Правительства РФ № 969 от 29.09.2016 г. «Об утверждении требований к функциональным свойствам технических средств обеспечения транспортной безопасности и Правил обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности».

Алгоритм работы БПЛА при поступлении сигнала тревоги с использованием автоматизированных базовых станций обслуживания:

- 1 На систему пультовой охраны поступает сигнал тревоги из одного из секторов.
- 2 Система формирует полетное задание для беспилотника и запрашивает у аппарата информацию о готовности на взлет (ограничениями могут быть метеоусловия, незаряженность аккумулятора).
- 3 По завершению самодиагностики на пульте оператора БПЛА становится активной команда «На взлет».
- 4 После получения команды открывается базовая станция и беспилотник летит в заданный сектор.
- 5 Беспилотник начинает передавать видеосигнал на мачту приема, установленную на крыше здания.
- 6 По прибытию в назначенный сектор беспилотник начинает облет территории с использованием тепловизора, камеры ночного видения, прожектора.
- 7 В любой момент полетное задание может быть изменено оператором или можно перевести аппарат в ручной режим и управлять им с пульта охраны.
- 8 При обнаружении посторонних на территории может быть использован захват цели и аппарат будет следовать за целью до прибытия группы захвата.
- 9 В случае если тревога оказалось ложной, оператор может направить беспилотник на базу, в противном случае БПЛА сам отправится на базу при достижении критической отметки заряда аккумулятора.
- 10 По возвращению на базу аппарат переходит в режим «Зарядка».

БПЛА может сэкономить большой объем средств за счет оптимизации количества сотрудников подразделения охраны. Примерно 95 % срабатывания сигнализации и вызовов ГБР являются ложными. На больших объектах, таких как железнодорожные станции, может быть несколько групп быстрого реагирования (ГБР). Часть из них вполне можно заменить беспилотником с базовой станцией, который по сигналу тревоги будет обследовать заданный сектор на предмет необходимости вызова на объект ГБР.

Исходя из ориентировочных расчётов технико-экономических показателей автоматизированные станции с автономными коптерами взамен части ГБР могут окупиться менее чем за один год.

УДК 614.846.63

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦИСТЕРН ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*С. Г. КОРОТКЕВИЧ, В. А. КОВТУН*

*Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Минск*

В Республике Беларусь ежегодно происходит более 5 тыс. пожаров, на которых погибает более 500 человек, при этом прямой материальный ущерб составляет порядка 34 млн бел. руб. [1, 2]. Одним из определяющих факторов в борьбе с пожарами является своевременное прибытие аварийно-спасательных подразделений Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС), которое во многом зависит от наличия современной и надежной техники. К основным транспортным средствам специального назначения относятся пожарные автоцистерны, количество которых в подразделениях МЧС в 2021 году составило 2027 единиц, из них 61,8 % смонтированы на шасси Минского автомобильного завода (МАЗ).

Согласно статистике более 60 % от всех пожаров в нашей стране происходит в сельской местности, а также в природных экосистемах, что вызывает необходимость осуществлять движение пожарных автоцистерн по проселочным дорогам, а также в условиях бездорожья. Кроме того, ежедневное следование пожарных автомобилей к месту возникновения чрезвычайных ситуаций происходит в режимах «ускорение», «торможение», «поворот» [3]. При таких условиях конструкции цистерн испытывают значительные инерционные нагрузки, передаваемые через раму шасси и от перевозимой жидкости. Проведенный анализ показал, что общее количество ремонтируемых ци-

стерн пожарных автомобилей в год по причине нарушения герметичности конструкции составляет порядка 85–100 единиц, что значительно снижает боевую готовность подразделений МЧС, при этом материальные затраты превышают 200 тыс. бел. руб.

Современные цистерны пожарных автомобилей имеют форму тонкостенных оболочечных конструкций прямоугольного сечения. Анализ исследований, посвященных проектированию цистерн, показал, что большинство работ направлено на повышение устойчивости автоцистерн при движении, а также снижение гидродинамической нагруженности их конструкций от колебаний жидкости. Однако существующие методики расчета не позволяют исследовать характер формирования напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн при различных режимах эксплуатации пожарных автомобилей, а также влияние геометрических параметров конструктивных элементов на уровень возникающих напряжений в наиболее ответственных узлах.

Разработка подходов по выбору рациональных параметров элементов, повышающих прочность конструкций цистерн, обеспечит их длительный межремонтный период и повысит конкурентоспособность разрабатываемых в настоящее время автомобильных цистерн. Весьма мало исследований посвящено анализу влияния режимов эксплуатации автомобилей на напряженно-деформированное состояние цистерн прямоугольного сечения и их запас прочности. Таким образом, работа была направлена на повышение эксплуатационной надежности цистерн прямоугольного сечения пожарных автомобилей. В качестве объекта исследований выбраны наиболее распространенные модели цистерн объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автомобилей на шасси МАЗ-5337.

Для повышения эксплуатационной надежности цистерн пожарных автомобилей предложена новая расчетная методика, которая основана на двухэтапном подходе, включающем экспериментальное установление максимальных значений ускорения, возникающего в конструкциях под действием инерционных нагрузок, и разработку адаптированных к режимам движения пожарных автомобилей 3D конечно-элементных моделей.

При проведении исследований были выделены параметры и условия, характеризующие особенности режимов движения пожарных автомобилей к месту возникновения чрезвычайных ситуаций: режим № 1 – движение по прямому участку асфальтированной дороги со скоростью 50±2 км/ч; режим № 2 – движение по грунтовой дороге категории VI-б с допустимой скоростью 20–30 км/ч [4]; режим № 3 – движение по прямому участку асфальтированной дороги со скоростью 50±2 км/ч с последующим замедлением двигателем до скорости 10–15 км/ч для вхождения в левый поворот на 90°; режим № 4 – ускорение с места по прямому участку асфальтированной дороги до скорости 30±2 км/ч и экстренное торможение до полной остановки.

В результате комплекса проведенных исследований разработан ряд конструктивных изменений, который обеспечивает повышение запаса прочности конструкций и позволил провести модернизацию серийных цистерн [5–7]. Опытная реализация разработки осуществлена в конструкциях цистерн объемом 5 м<sup>3</sup> четырех пожарных автомобилей на шасси МАЗ-5337, эксплуатируемых в аварийно-спасательных подразделениях МЧС Республики Беларусь Гомельской области.

Проведено техническое диагностирование модернизированных цистерн пожарных автомобилей с применением визуального метода неразрушающего контроля. Обследование цистерн осуществлялось после проведения работ по их модернизации, а также ежегодно в пожарных аварийно-спасательных подразделениях, эксплуатирующих данную технику (таблица 1).

Таблица 1 – Данные о количестве ремонтов цистерн объемом 5 м<sup>3</sup> пожарных автомобилей (ПА) на шасси МАЗ-5337, модернизированных в процессе эксплуатации

№ ПА	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	В	Р	0	Р	0	0	Р	0	Р/М	0	0	0	0
2	–	В	0	0	Р	0	Р	Р	0	Р/М	0	0	0
3	В	0	Р	Р	0	Р	0	Р	0	Р/М	0	0	0
4	В	0	0	Р	0	Р	Р	0	Р	Р/М	0	0	0

*Примечание* – В – год ввода в эксплуатацию; М – год проведения модернизации; Р – год проведения ремонта; 0 – год без ремонта.

В результате обследований установлено, что модернизация цистерн пожарных автомобилей позволила увеличить их межремонтный период в 1,5–2 раза. Полученные результаты позволяют повысить боевую готовность подразделений МЧС и эффективность использования пожарной аварийно-спасательной техники на территории Республики Беларусь.

## Список литературы

- 1 Сведения о чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс] // МЧС Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://mchs.gov.by/ministerstvo/statistika/svedeniya-o-chs>. – Дата доступа : 18.01.2022.
- 2 Анализ обстановки с чрезвычайными ситуациями в Республике Беларусь в 2016 году / А. В. Жовна [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2017. – № 1 (41). – С. 24–30.
- 3 **Высоцкий, М. С.** Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн / М. С. Высоцкий, Ю. М. Плесакачевский, А. О. Шимановский / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. – Минск : Белавтоагропротроение, 2006. – 320 с.
- 4 Автомобильные дороги = Аўтамабільныя дарогі : СН 3.03.04-2019. – Введ. 26.12.19 (с отменой ТКП 45-3.03-19-2006 (02250)). – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 55 с.
- 5 **Ковтун, В. А.** Компьютерное моделирование и исследование напряжённо-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / В. А. Ковтун, С. Г. Короткевич, В. А. Жаранов // Вестник Ун-та гражд. защиты МЧС Беларуси. – 2018. – № 1. – Т. 2. – С. 81–90. – DOI : 10.33408/2519-237X.2018.2-1.81.
- 6 **Ковтун, В. А.** Исследование влияния геометрических параметров элементов конструкции цистерны на ее прочностные характеристики при модернизации пожарных автомобилей / В. А. Ковтун, С. Г. Короткевич // Вестник Ун-та граждан. защиты МЧС Беларуси. – 2020. – Т. 4, № 3. – С. 316–327. – DOI : 10.33408/2519-237X.2020.4-3.316.
- 7 **Ковтун, В. А.** Цистерна пожарного автомобиля: полез. модель ВУ 12486 / В. А. Ковтун, С. Г. Короткевич. – Опубл. 28.02.2021.

УДК 621.355.9

## ИНФОРМАЦИОННАЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

*С. А. КОШЕЛЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Все системы передачи данных, используемые сегодня в контуре безопасного управления движением поездов (в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи – ЖАТС) как на отечественных, так и на зарубежных железных дорогах, можно разделить на два больших класса – «закрытые» и «открытые» системы [1].

Закрытой системой передачи данных (closed transmission system) является система, объединяющая установленное количество (или установленное максимальное количество) участников и обладающая фиксированными и хорошо известными возможностями, в которой риск несанкционированного доступа считается пренебрежимо малым. Открытая система передачи данных (open transmission system) представляет собой систему, объединяющую неизвестное количество участников и имеющую неизвестные, непостоянные и неподтвержденные возможности по предоставлению услуг связи, при использовании которой следует оценить риск несанкционированного доступа.

Таким образом, в случае организации передачи данных в системах ЖАТС с помощью собственной железнодорожной телекоммуникационной сети (например, при помощи сетей радиосвязи стандартов GSM-R и TETRA, сетей проводной и радиосвязи собственных уникальных стандартов) мы имеем дело с закрытой системой передачи данных. В случае же использования каналов связи сетей коммерческих операторов (например, сетей сотовой связи стандарта GSM) имеет место открытая система передачи данных.

Рассмотрим основные угрозы и способы их устранения при использовании открытых систем связи как наиболее уязвимых с точки зрения возникновения опасных событий [2, 3].

Каждая угроза может быть рассмотрена как набор опасных событий, ее создающих. Идентифицировав опасные события, необходимо построить зависимость между ними и возможными угрозами. Это делается для подтверждения отсутствия дополнительных угроз и проверки корректности применения принятого подхода. Для снижения риска [4], связанного с выявленными угрозами, должны быть рассмотрены и применены в той степени, которая диктуется спецификой конкретного приложения, следующие функции обеспечения безопасности:

1 Проверка достоверности сообщения – состояния информации, в котором она может быть использована по назначению и известен источник ее происхождения.

2 Проверка целостности сообщения – состояния полноты и неизменности информации.

3 Проверка своевременности сообщения – состояния информации, определяющего ее доступность в срок и в соответствии с требованиями.

4 Проверка упорядоченности потока сообщений.

При доказательстве безопасности должно быть показано, что в соответствии с матрицей «Угрозы/Меры защиты» для каждой возможной угрозы предусмотрено противодействие в виде одного или нескольких средств защиты.

Существует много возможных факторов, которые необходимо учитывать при рассмотрении реальных систем связи, поскольку ими определяются решения по противодействию идентифицированным угрозам. Возможно, например, что система железнодорожной сигнализации использует канал передачи данных корпоративного или коммерческого оператора в соответствии с договором, условиями которого ограничивается ответственность этого оператора. Важна также степень защиты информации, уже реализованная в используемой сети. От этого в значительной степени может зависеть значимость угроз для пользовательских данных, а следовательно, и требования к мерам защиты.

#### Список литературы

- 1 Плеханов, П. А. Вопросы обеспечения безопасности железнодорожных телекоммуникационных систем международных транспортных коридоров / П. А. Плеханов // Бюллетень результатов научных исследований. – 2012. – № 3 (2). – С. 85–97.
- 2 BS EN 50159:2010 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety-related communication in transmission systems. – М. : Стандартиформ, 2010. – 68 с
- 3 Ефанов, Д. В. Обеспечение безопасности движения за счет технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Транспорт Урала. – 2011. – № 3 (30). – С. 44–48.
- 3 Ефанов, Д. В. Непрерывное диагностирование устройств СЦБ / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 6. – С. 18–20.

УДК 349.6

## ИНФОРМИРОВАНИЕ ОБ УГРОЗЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИЛИ О ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

*А. А. КРОТ*

*Филиал «Институт профессионального образования»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Гомель*

В соответствии с действующим законодательством республики Беларусь [1] Министерства, другие республиканские органы государственного управления, государственные организации, подчиненные Правительству Республики Беларусь, организуют сбор, обработку, обмен и передачу информации о чрезвычайных ситуациях (далее – ЧС) и представляют ее в Министерство по чрезвычайным ситуациям (далее – МЧС).

Исходя из характера происхождения ЧС, территориального распространения и объема технических и материальных ресурсов, которые необходимы для ликвидации последствий ЧС, группа, вид и уровень ЧС определяются классификатором чрезвычайных ситуаций. При этом, с учетом классификационных карточек ЧС определяются масштабы последствий ЧС и экономические убытки, после чего рассматривается суммарный набор пороговых значений классификационных признаков [2].

В ходе развития дежурно-диспетчерских служб (далее – ДДС) экстренного реагирования на чрезвычайные ситуации (далее – ЧС) резко возрос спектр выполняемых задач для такого специалиста как диспетчер. Уже к привычной ситуации, связанной с сообщениями о пожарах, добавились задачи по реагированию на очень большой спектр различных чрезвычайных и нештатных происшествий, а также консультирование граждан. Специалист ДДС экстренного реагирования при нарушении условий жизнедеятельности общества является в какой-то степени определяющим звеном в вопросах обеспечения безопасного функционирования экономики города, района или целого региона. От его квалифицированных действий в целом зависит оперативность ликвидации чрезвычайных и других нештатных ситуаций, а также снижение социально-экономических потерь [3].

С учетом установившейся практики и в целях реализации законодательства в вопросе обмена сведениями о ЧС между Гомельским областным управлением МЧС и Республиканским унитарным предприятием «Гомельское отделение Белорусской железной дороги» был установлен порядок взаимодействия

при возникновении и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, авариях и инцидентах при перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом.

Для удобства работы диспетчерскими службами был определен конкретный перечень, порядок, сроки и формы предоставления оперативной информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Информация предоставляется устно в течение 10 минут:

- об угрозе возникновения (возникновении) ЧС, аварийной ситуации на объектах и территориях отделения железной дороги (НОД-4) БелЖД – дополнительно указывается наличие в составе грузового поезда вагонов с опасными грузами, наличие течи (просыпки) груза, № аварийной карточки на опасный груз, повреждения объекта или подвижного состава, наличие пострадавших;

- о дорожно-транспортном происшествии с участием железно-дорожного транспорта – дополнительно указывается наличие пострадавших людей, степень повреждения объекта или подвижного железнодорожного состава;

- об угрозе утечки химически опасных веществ, перевозимых по железной дороге (об инциденте) – дополнительно указывается № аварийной карточки опасного груза (АХОВ), утечка, просыпка которого выявлена, степень и характер повреждений вагонов, тары, площадь территории загрязняемой АХОВ;

- о событии, приведшем к повреждению железнодорожного пути или иным нештатным ситуациям, в результате которых произошел перерыв движения поездов – дополнительно указывается характер и объем повреждений, наличие сошедшего состава, наличие пострадавших;

- о пожарах (загораниях) на объектах железной дороги и железнодорожном подвижном составе – дополнительно указывается наличие в составе поезда вагонов с опасными грузами, есть ли утечка, просыпка груза, № аварийной карточки на груз, степень повреждения объекта или подвижного состава;

- об обнаружении подозрительных предметов на объектах железной дороги или на подвижном железнодорожном транспорте – дополнительно указывается количество эвакуированных людей (пассажиров, персонала), задержано движение поездов, и т.п.;

- об угрозе террористического акта или взрыве на объектах железной дороги или на подвижном железнодорожном транспорте – дополнительно указывается количество эвакуированных людей (пассажиров, персонала), задержано движение поездов, и т.п.;

- о последствиях обильных осадков и сильных снегопадов, сложных отложений, снежных заносов – дополнительно указывается количество задержанных поездов, сведения о перевозке пассажиров автотранспортом;

- о последствиях паводков и наводнений, ливней и повреждении коммуникаций железнодорожной инфраструктуры – дополнительно указывается количество задержанных поездов, сведения о наличии пострадавших и т.п.;

- об обнаружении источника особо опасной инфекции в поездах, на вокзалах и объектах железной дороги – дополнительно указывается сведения об источнике ООИ, количество пострадавших или направляемых в карантин, сведения о задержанных поездах и т.п.

Таким образом, утверждение конкретного порядка обмена информацией о ЧС позволяет дежурному персоналу оперативно реагировать на возникшие ЧС. В ходе информационного обмена должностные лица организуют взаимодействие, уточняют характеристику объекта железной дороги, где произошла чрезвычайная ситуация, динамику развития ЧС и масштабы ЧС, сведения о задействованных силах и средствах в ликвидации ЧС, прогнозируемые последствия от ЧС и ориентировочное время ликвидации ЧС (аварии, происшествия, пожара).

#### Список литературы

1 О порядке сбора информации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и обмена этой информацией : постановление Совета Министров Республики Беларусь 23 августа 2001 г. № 1280 (в ред. постановлений Совмина от 07.02.2011 № 143 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mchs.gov.by/upload/iblock/f21/f21a4fba0e1ecf8d3edd51cfb95ebb1a.pdf>. – Дата доступа : 05.07.2022.

2 Инструкция по классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 19 февраля 2003 г., № 17 // Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://mchs.gov.by/zakonodatelstvo-v-sfere-deyatelnosti-mchs/nra-mchs/prikazy>. – Дата доступа : 05.07.2022.

3 Применение деловых игр при подготовке специалистов дежурно-диспетчерских служб экстренного реагирования / А. А. Крот // Заметки ученого. – 2022. – № 4. – С. 179–184.

## АВАРИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*А. А. КРУПСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорт, г. Гомель*

Основными причинами аварий и катастроф являются неисправности путей подвижного состава, средств сигнализации и блокировки, ошибки диспетчеров, невнимательность и халатность машинистов. Чаще всего происходит сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары и взрывы непосредственно в вагонах.

Не исключаются размыты железнодорожных путей, обвалы, оползни, наводнения. При перевозке опасных грузов таких, как газы, легковоспламеняющиеся, взрывоопасные, едкие, ядовитые и радиоактивные вещества, происходят взрывы, пожары цистерн и других вагонов. Ликвидировать такие аварии довольно сложно. Вспомним Арзамас. В июне 1988 г. в 300 м от вокзала взорвались три вагона с промышленной взрывчаткой. Уничтожены: локомотив, 11 вагонов, 250 м ж.-д. путей, разрушены вокзал и 185 близлежащих зданий. После взрыва образовалась воронка глубиной 26 м, диаметром 53 м.

Ровно через год в июне в Башкортостане произошла страшная железнодорожная катастрофа. Разрушено 350 м пути. Взрывная волна сбросила с полотна 11 вагонов, 7 из которых полностью сгорели. В октябре 1988 г. на станции Свердловск-Сортировочная при выполнении маневровых работ произошел взрыв двух вагонов с опасными грузами. В результате взрыва погибло 4 человека, 87 госпитализировано, более 600 семей остались без крова. К сожалению, количество аварий на железнодорожном транспорте не сокращается.

### Список литературы

1 **Ефанов, Д. В.** Обеспечение безопасности движения за счет технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Транспорт Урала. – 2011. – № 3 (30). – С. 44–48.

2 **Ефанов, Д. В.** Непрерывное диагностирование устройств СЦБ / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 6. – С. 18–20.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ УГРОЗЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МАССОВЫХ БЕСПОРЯДКОВ

*А. А. ЛУДОВ, К. В. АНИСОВЕЦ*

*Белорусский государственный университет транспорт, г. Гомель*

Общая нестабильность геополитической ситуации уже оказывает непосредственное воздействие на социально-политическую обстановку во всех постсоветских государствах без исключения. В частности, существуют значительные риски, связанные с использованием протестных настроений, присущими определенным социальным слоям, деструктивными силами. Как показывает новейшая история, инициация деструктивных действий, нацеленных на нарушение функционирования транспортной инфраструктуры, является одной из значимых компонент арсенала так называемых гибридных войн. Следовательно, разработка методов защиты критически важной транспортной инфраструктуры от потенциальных угроз, определяемых доктриной «управляемого хаоса», является актуальной задачей. В данной работе рассматриваются технологии, которые могут быть использованы для решения указанной задачи, основанные на использовании нелетальных вооружений. Как отмечается в [1, 2], существующие технические средства противодействия массовым беспорядкам, особенно в условиях, когда использование жестких силовых методов признается нецелесообразным по политическим причинам того или иного характера, являются недостаточно эффективными. В частности, это относится к импульсным кинетическим средствам (резиновые пули, дубинки и водометы), электрошокерам, а также светозвуковым спецсредствам [2]. Так, операции по установлению контроля над толпой требуют использования нелетальных спецсредств, имеющих дальность эффективного действия порядка 100 м, недостижимую даже для самых новых кинетиче-

ских спецсредств; конкретно, дальность эффективного действия современного кинетического оружия ограничивается 30–50 м при рассеянии точки попадания 40 см. Дальность доставки ирритантов составляет 100–150 м, что обеспечивается только гранатами, которые имеют ряд недостатков, также перечисленные в [2]. К ним, в частности, относятся негерметичный корпус, низкая надежность срабатывания, низкий коэффициент использования ирританта (0,5–5 %) и т. д. Наиболее щадящим с точки зрения воздействия на здоровье человека являются средства воздействия, основанные на использовании ультразвука; как отмечается в [3], интерес к акустическому (сонарному) оружию сегодня велик как никогда. Этот вопрос обсуждается в литературе уже несколько десятилетий [4–6]. Его преимущества очевидны: акустические колебания способны влиять на психику человека, порождать страх, невидимые препятствия, повергать в панику целые подразделения [2], причем существует возможность регулировать степень воздействия (от создания ощущений дискомфорта до болевого порога и выше), что делает его применимым для противодействия массовым беспорядкам (разгон толп).

Информация о разработке новых видов нелетальных вооружений, разумеется, по большей части носит закрытый характер. Однако анализ косвенных сведений в открытых источниках, включая патентную активность, позволяет [1, 2, 7], сделать вывод о том, что целый ряд стран активно разрабатывает способы эффективного применения новых видов средств психологического и акустического воздействия. Создание генераторов акустических воздействий, ориентированных на дистанционные воздействия, сталкивается с трудностями, связанными с фундаментальными физическими особенностями распространения звуковых волн в воздушной среде. Создание узконаправленного пучка требует использования излучателей больших размеров. Дифракционные эффекты (в том числе дифракция на неоднородностях среды) приводят к резкому уширению спектра пространственных частот изначально направленной волны. При генерации волн повышенной мощности возникают различного рода нелинейные эффекты, которые также препятствуют возможности реализации любых систем, обеспечивающих дистанционное акустическое воздействие. Наиболее просто реализовать источник ультразвука с широкой диаграммой направленности. В этом случае можно перейти на максимально дешевые источники звука [1], размещаемые на беспилотных летательных аппаратах, в том числе и планерного типа, дешевизна которых позволяет использовать одноразовые средства доставки. Воздушная струя, обеспечивающая генерацию звука, реализуется при помощи управляемого горения смеси, близкой по составу к типовым порохам. В частности, можно использовать композитный материал на основе полимерных матриц и наиболее дешевых разновидностей бездымного пороха [1], что обеспечивает регулировку скорости сгорания рабочего композита и, следовательно, амплитуды газового потока, обеспечивающего генерацию звука. Использование полимерной матрицы также обеспечивает удобство брикетирования, снижение требований к условиям хранения боеприпаса и т. д.

Наиболее перспективным для создания генераторов ультразвука, использующих сгорание рабочего тела, представляется использование акустически активных сред [8, 9], которые позволяют реализовать аналог лазера для акустического диапазона. Излучение, распространяющееся через акустически активную среду, возрастает по амплитуде. При размещении такой среды внутри резонатора возникает положительная обратная связь, обеспечивающая генерацию когерентного излучения. На основании аналогии между оптически и акустически активными средами уже ставился вопрос о создании аналога лазеров для акустических колебаний. Однако их эффективность пока остается недостаточной, но при переходе к дистанционным средствам доставки достаточно использовать только сам факт усиления звука в неравновесной среде, образованной высокотемпературными продуктами сгорания композита. Следовательно, процессы контролируемого горения пороха в полимерной матрице могут быть использованы для прямого увеличения эффективности генерации акустических колебаний в механических устройствах. Наиболее простым в изготовлении является резонатор, представляющий собой тороид, заполненный акустически активной средой, и подсоединенный к стандартному механическому генератору ультразвука. Устройства такого типа также могут быть размещены на беспилотных летательных аппаратах, уровень сложности которых ненамного превышает уровень сложности систем, применяющихся в спортивном моделировании.

#### Список литературы

1 Организация пассажирских железнодорожных перевозок : пособие для студентов общеобразовательных учреждений среднего профессионального образования. – М. : Академия, 2008.

2 Атанова М. А. Основы организации билетно-кассовой работы пассажирских железнодорожных перевозок : учеб. пособие / М. А. Атанова, И. Н. Шутов. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007, 184 с.

## КОНЦЕПЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

*П. Н. МУРАВЕЙКО, А. Л. БАНЬКОВСКИЙ*  
*Совет Безопасности Республики Беларусь, г. Минск*

Фундаментальной основой обеспечения национальной безопасности Республики Беларусь является Концепция национальной безопасности Республики Беларусь, утвержденная Указом Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 года № 575 (далее – Концепция) [1]. В ходе ее реализации в стране сформирована и устойчиво функционирует система обеспечения национальной безопасности во всех сферах жизнедеятельности общества. Однако с момента принятия ее последней редакции складывающаяся геополитическая ситуация, мировая и региональная безопасность претерпели существенные изменения. С учетом этого, в соответствии с поручением Президента Республики Беларусь, Государственным секретариатом Совета Безопасности с 2021 года проведена работа по обновлению данного стратегического документа [2].

Подготовка обновленной редакции Концепции осуществляется в составе специально созданной межведомственной рабочей группы с участием всех заинтересованных государственных органов. В результате скоординированной работы изменения коснулись практически всех разделов документа, который обновился почти на 70 процентов.

Первоначально проанализирована оценка состояния национальной безопасности за последние 12 лет, динамика ее изменения, причины первоочередных проблем, адекватность основных угроз и их источников. Среди ключевых факторов следует выделить существенное нарастание геополитической нестабильности, а также трансформацию всего спектра рисков, вызовов и угроз национальной безопасности Беларуси. Существенно деградировала архитектура международной безопасности, что привело к серьезному обострению военно-политической обстановки в мире. Рецессия мировой экономики в условиях пандемии [3] способствовала отказу глобальных игроков от мирного диалога. Значительно сократилось международное сотрудничество. Риски для национальной безопасности несет в себе беспрецедентное санкционное давление на республику. Продолжается милитаризация Европы и наращивание военного потенциала НАТО. Планомерно растут расходы на оборону [4]. «Особая и исключительная» роль ряда мировых центров силы официально закрепляется в их концептуальных документах. Такой подход в полной мере нашел свое отражение в принятой 12 октября текущего года новой Стратегии национальной безопасности США. Кроме того, в разделе об углублении союза США с Европой впервые упоминается Беларусь. Одновременно приоритизируется и традиционно закрепляется американский принцип «Америка прежде всего» [5].

Специальная военная операция в Украине обусловила возникновение новых вызовов и угроз национальной безопасности [6]. Особое внимание получили вопросы обеспечения биологической безопасности. Существенно возросло целенаправленное деструктивное информационное воздействие на общество. При этом манипуляции общеизвестными фактами и размывание исторической и национальной самобытности направлены на ослабление патриотических чувств граждан и девальвацию моральных ценностей в обществе [7].

Дополнительно углубленно изучен зарубежный опыт концептуализации основ обеспечения национальной безопасности (ФРГ, Франции, Великобритании, стран постсоветского пространства), а также сложившаяся отечественная практика разработки документов стратегического планирования. Анализ основополагающих документов в данной области свидетельствует о многообразии подходов к их разработке и совершенствованию, обусловленных особенностями государственного устройства и геополитическим положением страны [8]. Общие руководящие документы зарубежных стран в этой области представляют собой, как правило, модель национальной безопасности в состоянии, позволяющем поддерживать существующие ценности и обретать новые жизненные блага путем определенной системы мер. При этом они отражают главные национальные интересы с очевидным приоритетом неделимой (внешней и внутренней) государственной безопасности.



Действующая Концепция в данном контексте по своей форме, структуре и содержанию является всеобъемлющим и комплексным документом, который ни в чем не уступает зарубежным подходам, адекватно вписывается в мировую и отечественную практику [9].

В ходе работы над документом существенной модернизации подвергся понятийно-категориальный аппарат, устранен ряд пробелов. Уточнена и дополнена система характеристик национальной безопасности. Например, определение понятия «национальная безопасность» дано через призму устойчивого развития. Во внешнеполитической сфере учтены санкции и пограничная проблематика, экономической – более развернутые данные по внешней торговле и ВВП, научно-технологической – развитие технологий и кадры, демографической – вопросы смертности, продолжительности жизни и внутренней миграции, информационной – эффективность информационного обеспечения государственной политики, военной – особенности военно-политической обстановки.

Выделены новые национальные интересы, которые также получили свое концептуальное закрепление в системе обеспечения национальной безопасности. Они отражены в новой редакции Конституции Республики Беларусь. В первую очередь, речь идет о вопросах национальной самобытности, благополучии и процветании, сохранении исторической правды, социальной ответственности граждан (а не только государства), безопасности персональных данных, развитию атомной энергетики и иных.

Внедрен ряд принципиально новых подходов. Например, конституционная категория «народ» и его всемерная защита включены в перечень стратегических национальных интересов государства, чего нет в действующей редакции Концепции [10]. В положения Концепции добавлена новая сфера – биологическая безопасность, с учетом всех тех мировых сдвигов, которые вызывают биологические угрозы.

В контексте обеспечения транспортной безопасности следует отметить, что актуализированы подходы по вопросам защиты критической инфраструктуры, в том числе на объектах транспорта, коммуникаций, связи.

Существенное внимание параллельно уделено научному сопровождению всех исследований, оценок, выводов и предложений. Широко задействован научно-экспертный потенциал страны. Тематика обновления Концепции национальной безопасности, в первую очередь – всё, что касается ее структуры, содержания, методологии, понятийного аппарата, новых мировых и национальных процессов и тенденций, состояния безопасности различных сфер, целенаправленно озвучено в течение 2021–2022 годов более чем на 35 республиканских и международных научно-практических конференциях в системе НАН, Академии управления, Минэкономики, Минздрава, ГПК, а также органов силового блока и так далее.

За этот период по тематике обновления Концепции опубликовано более 200 статей, а также множество материалов в популярных изданиях и СМИ, в том числе российских. Вопросы концептуализации озвучены и обсуждены в ходе ряда международных встреч и межмидовских консультаций.

Таким образом, в целом обновленная редакция Концепции национальной безопасности Республики Беларусь вобрала в себя все последние изменения, ключевые мировые и региональные тенденции, актуализированы имевшиеся и закреплены новые меры по защите национальных интересов в различных сферах. В то же время сохранена преемственность по отношению к действующей Концепции, ее базис, структура, теоретическая и методологическая основа остались без кардинальных изменений.

#### Список литературы

1 Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь : Указ Президента Респ. Беларусь, 9 нояб. 2010 г., № 575 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – № 276. – 1/12080.

2 Лукашенко потребовал подготовить «абсолютно откровенную» Концепцию нацбезопасности [Электронный ресурс] // Белорусское телеграфное агентство. – Режим доступа : <https://www.belta.by/president/view/lukashenko-potreboval-podgotovit-absolutno-otkrovennuju-kontseptsiju-natsbezopasnosti-524625-2022/>. – Дата доступа : 16.11.2022.

3 Хренин, В. Пандемия работает на создание в мире системы управляемого хаоса [Электронный ресурс] / В. Хренин // Белорусское телеграфное агентство. – Режим доступа : <https://www.belta.by/society/view/hrenin-pandemija-rabotaet-na-sozdanie-v-mire-sistemy-upravljajemogo-haosa-447225-2021/>. – Дата доступа : 16.11.2022.

4 Польша в будущем году доведет расходы на оборону до 3 % ВВП [Электронный ресурс] // ТАСС. – Режим доступа : [https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/13951823?utm\\_source=google.com&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.com&utm\\_referrer=google.com](https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/13951823?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com). – Дата доступа : 16.11.2022.

5 National Security Strategy of the United States of America. October 12, 2022 [Electronic resource] // White House Government: Official Website. – Mode of access : <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Biden-Harris-Administrations-National-Security-Strategy-10.2022.pdf>. – Date of access : 16.11.2022.

6 Вольфович: Беларусь прикрывает свою южную границу от диверсионно-разведывательных групп, радикалов и оружия [Электронный ресурс] // БелТА. – Режим доступа : <https://www.belta.by/society/view/volfovich-belarus-prikryvaet-svoju-juzhnuju-granitsu-ot-diversionno-razvedyvatelnyh-grupp-radikalov-i-492008-2022/>. – Дата доступа : 16.11.2022.

7 Историческая политика в национально-государственном строительстве современной Беларуси / А. А. Коваленя [и др.] // Гісторыя і грамадазнаўства. – 2019. – № 4 (94). – С. 3–12.

8 **Минасян, С. В.** Мировой опыт принятия концепции национальной безопасности / С. В. Минасян // 21-й ВЕК [Электронный ресурс]. – 2006. – № 2 (4). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/>. – Дата доступа : 16.11.2022.

9 **Баньковский, А. Л.** Основополагающие законодательные, доктринальные, стратегические, концептуальные документы в сфере национальной безопасности в зарубежных практиках на постсоветском пространстве, в странах ближнего и дальнего зарубежья / А. Л. Баньковский, Э. Г. Головки // Основные направления совершенствования системы национальной безопасности : тезисы докладов Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 19 нояб. 2021 г. / ред. кол. С. Я. Аземша [и др.]. – Минск : Строймедиа-Проект, 2021. – С. 31–39.

10 **Коваленя, А. А.** Защита народа Беларуси – стратегический национальный интерес / А. А. Коваленя, П. Н. Муравейко, А. Л. Баньковский // Беларуская думка. – 2022. – № 10. – С. 4–13.

УДК 614.841.2.001.5

## ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ

*В. Н. ПАСОВЕЦ, В. А. КОВТУН, Ш. ТАГИЕВ*

*Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Минск*

Пожары на автомобилях наносят значительный ущерб экономике, создают угрозу жизни и здоровью людей. В промышленно развитых странах пожары на автотранспортных средствах составляют 5–12 % от общего числа пожаров. При этом гибель людей на пожарах, связанных с автомобильным транспортом, достигает 6–15 % от общего количества погибших на пожарах [1].

Доля горючих материалов, применяемых при производстве легковых автомобилей с бензиновым двигателем, составляет 9–12 % от его общей массы и с каждым годом возрастает [2–4]. А современный грузовой автомобиль в среднем содержит 120–450 кг резинотехнических изделий, 120–200 кг дизельного топлива, 50–70 кг моторного и трансмиссионного масла, 4–6 кг пенополиуретана, 1,8–2,9 кг полиэтилена, 2,6–3,8 кг полихлорвинила, 2,5–3,4 кг картона, 9–10 кг искусственной кожи. При этом теплота сгорания дизельного топлива составляет  $43,59 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , моторного и трансмиссионного масла –  $41\text{--}42 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , резинотехнических изделий –  $32\text{--}34 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , пенополиуретана –  $24,3 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , полиэтилена –  $47,14 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , полихлорвинила –  $14,31 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , картона –  $13\text{--}14 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ , искусственной кожи –  $17\text{--}18 \text{ МДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ . Пожарная нагрузка грузового автомобиля находится в пределах 10300–14500 МДж [5, 6].

Большинство автомобилей полностью сгорают за время от 45 минут до часа без добавления каких-либо инициаторов горения. Широкомасштабное применение полимерных материалов привело к тому, что современные автомобили при сгорании имеют более высокие скорости выделения теплоты по сравнению с ранее произведенными [7]. При этом высокие скорости выделения тепла из горящего автомобиля, расположенного, например, на городских улицах, могут вызвать возгорание находящихся рядом автомобилей или других объектов.

Выявление источника зажигания и причины возгорания транспортного средства является сложной задачей, требующей знания составов и понимания свойств конструкционных и эксплуатационных материалов [8]. В ряде случаев пожары на транспортных средствах возникают из-за неисправностей узлов трения, вызванных износом деталей или плохим качеством обработки поверхностей контактирующих деталей, а также старения и разрушения полимерной изоляции. Современные автомобили содержат большое количество изделий из композиционных полимерных материалов, что приблизительно составляет от 120 до 170 кг в зависимости от размера транспортного средства. Большинство из них являются термопластами, наполненными антипиренами. При достижении температуры плавления термопластов, которая находится в пределах 110–200 °С, антипирены могут вытесняться из полимерной матрицы, а материал может при этом терять противопожарные свойства и воспламениться.

Полиуретан является распространенным материалом в интерьере современного автомобиля. Он содержится в подушках сидений, приборной панели, обшивке потолка, дверных панелях, кон-

солях и подлокотниках. Данный материал интенсивно горит после воспламенения. Анализ проведенных натуральных испытаний показал, что небольшое возгорание за приборной панелью от источника, сопоставимого с горящей газетой, приводит к тому, что внутреннее пространство автомобиля будет охвачено пламенем в течение пяти минут [9].

Значительное число пожаров на легковых и грузовых автомобилях связано с утечкой антифриза и его последующим попаданием на горячие поверхности двигателя. Воспламенение антифриза является достаточно распространенной причиной возгорания двигателей старых автомобилей. При этом пожары происходят по следующему сценарию. Водитель обращает внимание на повышение температуры двигателя либо видит пар, идущий из моторного отсека. После остановки автомобиля двигатель загорается. Причина возгорания заключается в следующем. Антифриз представляет собой смесь этиленгликоля и воды в соотношении 50/50. Этиленгликоль имеет температуру самовоспламенения 380 °С, температура воспламенения его паров в воздухе составляет 112 °С, нижний и верхний пределы взрываемости соответственно равны 3,2 и 15,3 %. Также известно, что коллектор в работающем бензиновом двигателе или турбокомпрессор дизельного двигателя могут нагреваться до температуры 500–600 °С, что превышает температуру самовоспламенения этиленгликоля. Когда горячий антифриз вытекает на нагретые поверхности двигателя, водный раствор этиленгликоля начинает кипеть до тех пор, пока вода не выкипит. В этот момент остается чистый этиленгликоль, который испаряется и нагревается до температуры вспышки, которая составляет 116 °С. Если в данном объеме пространства, заполненном парами этиленгликоля, произойдет образование искры от электрических компонентов двигателя, произойдет воспламенение. При отсутствии искры этиленгликоль будет продолжать нагреваться и испаряться. При контакте этиленгликоля с горячим коллектором или поверхностью турбокомпрессора произойдет его воспламенение. Далее может произойти возгорание нефтепродуктов или деталей двигателя, выполненных из горючих материалов. Это обусловлено тем, что этиленгликоль является многоатомным спиртом, а его температура сгорания составляет 704 °С. Данной температуры достаточно для плавления алюминиевых и цинковых компонентов двигателя, таких как радиатор, корпус генератора, насос кондиционера, клапанные крышки. При этом возгорание холодных двигателей, непосредственно связанное с воспламенением антифриза, встречается очень редко.

Пожары, связанные с воспламенением топлива, преимущественно происходят из-за различных неисправностей соединений топливной аппаратуры. Температура самовоспламенения бензина составляет 255–370 °С. При этом температура электрической искры превышает 2000 °С, что позволяет мгновенно воспламенить пары бензина.

В случае утечки топлива и его попадания под автомобиль наблюдаются серьезные повреждения задней части автомобиля, например, сгоревшие задние шины, а также признаки пожара на земле. Также автомобильные пожары могут возникать из-за утечки моторного масла и попадания его на горячую поверхность коллектора. Масло самовоспламеняется при температуре 450 °С. Возгорание рабочей жидкости гидроусилителя руля и тормозной жидкости достаточно редко является причиной пожара на автомобиле [9]. Однако при воспламенении от открытого источника огня данные жидкости горят с большой интенсивностью. Так, вытекающая из главного цилиндра тормозная жидкость во время пожара интенсивно сгорает, создавая впечатление источника возгорания.

Таким образом, в работе рассмотрены основные причины возникновения пожаров на автотранспортных средствах. Основными причинами непреднамеренных пожаров на автомобильном транспорте являются технические неисправности систем, узлов и агрегатов двигателя внутреннего сгорания, а также короткое замыкание электрической аппаратуры автомобиля.

#### Список литературы

1 **Пасовец, В. Н.** Пожары на автотранспортных средствах: причины возникновения / В. Н. Пасовец, В. В. Ковтун, Ш. Ш. Тагиев // Вестник Ун-та гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т 6, № 2. – С. 228–238. – DOI : <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2022.6-2.228>.

2 **Tamura, Y.** The spread of fire from adjoining vehicles to a hydrogen fuel cell vehicle. / Y. Tamura, M. Takabayashi, M. Takeuchi // International Journal of Hydrogen Energy. – 2014. – Vol. 39, is. 11. – P. 6169–6175.

- 3 **Shipp, M.** Measurements of the severity of fires involving private motor vehicles / M. Shipp, M Spearpoint // Fire and Materials. – 1995. – Vol. 19, no. 3. – P. 143–151.
- 4 **Chen, Y.** Experiment Research of Motorcar Fire / Y. Chen, R. John // Journal of China University of Mining and Technology. – 2002. – Vol. 31, no. 6. – P. 556–560.
- 5 Experimental Investigation of Burning Scenario of Loaded 3.49 Ton Pickup Trucks / Y.-J. Chuang [et al.] // Journal of Applied Fire Science. – 2005. – Vol. 14, no. 1. – P. 27–46.
- 6 **Lonnermark, A.** Gas temperatures in heavy goods vehicle fires in tunnels / A. Lonnermark, H. Ingason // Fire Safety Journal. – 2005. – Vol. 40, no. 6. – P. 506–527.
- 7 **Du, X.** Research of combustion characteristic of car external decoration materials / X. Du, L. Zhao, J. Qin // Fire Science and Technology. – 2013. – Vol. 33, no. 3. – P. 243–246.
- 8 **Tohir, M.** Distribution analysis of the fire severity characteristics of single passenger road vehicles using heat release rate data / M. Tohir, M. Spearpoint // Fire Science Reviews. – 2013. – Vol. 2, no. 5. – P. 1–26.
- 9 Full-scale Experimental Study of Fire Spread Behavior of Cars / X. Jiang [et al.] // Procedia Engineering. – 2018. – Vol. 211. – P. 297–305.

УДК 539.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ФЕРМ ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ГОРЫНЬ В СЛУЧАЕ ОБРЫВА ВАНТ

*А. А. ПОДДУБНЫЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,*

*В. А. ГОРДОН*

*Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Российская Федерация*

Любое применение программных комплексов при расчете элементов конструкций и сооружений целиком как правило имеет погрешность в связи с тем, что в расчеты заложены идеальные условия изготовления конструкций и их строительство.

В связи с этим при строительстве сложных сооружений, особенно мостов и путепроводов необходимо их научное сопровождение на этапе изготовления конструкций и строительства сооружений.

### **Расчет элементов мостового пролета**

После возведения моста через реку Горынь была проведена диагностика построенного моста, определены изменения расчетных схем моста и участки, в которых возникают максимальные нагрузки (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Измерение толщины металла



Рисунок 2 – Опасный участок моста через реку Горынь

После научной диагностики был проведен расчет усилий в конструкции моста и рассчитаны максимальные прогибы пролетов [1].

В настоящее время в основном используются аналитические методы. При расчетах с помощью компьютера применяются программно-вычислительные комплексы, основанные на решении общей системы уравнений равновесия. При расчетах фермы вручную использовался метод сечений, разновидностями которого является способ вырезания узлов, проекций и моментной точки. Рассчитывалась ферма с простой решёткой и указанные способы удачно дополняют друг друга, позволили из-

бежать составления систем совместных уравнений с многими неизвестными [2]. Полученные результаты сравнили с расчетными.

Далее провели расчет максимальных напряжений, возникающих в стержнях фермы на максимально опасном участке моста.

При больших скоростях движения необходимо учитывать силы инерции. Такие расчеты выполняются методами динамики сооружений и в данном случае этот метод не применялся. Полагая, что скорости движения по мосту достаточно малы, мы считали подвижную нагрузку статической, не учитывая силы инерции.

При изменении положения нагрузки в элементах сооружения изменяют свои значения внутренние силы, напряжения и перемещения. Поэтому расчет систем на подвижную нагрузку сложнее, чем на неподвижную. Были решены следующие задачи:

- 1) определили такое положение нагрузки, при котором усилия в элементах системы становились наибольшими или наименьшими (экстремальными);
- 2) вычислили экстремальные значения усилий;
- 3) сравнили полученные результаты с рассчитанными в проекте и экспериментальными данными;
- 4) определили порядок эксплуатации сооружения;
- 5) применили разработанную собственную методику для определения динамических догрузений в пролетах моста при внезапном образовании трещин в конструкции при обрыве вант [3].

#### Список литературы

- 1 Яровая, А. В. Строительная механика / А. В. Яровая. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 447 с.
- 2 Яровая, А. В. Расчет статически определимых балок с помощью линий влияния / А. В. Яровая, А. А. Поддубный. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 50 с.
- 3 Поддубный, А. А. Динамика конструктивно нелинейной системы «балка-основание» при внезапном образовании трещин / А. А. Поддубный, В. А. Гордон // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2022. – № 1(44).

УДК 658.345

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА НА ТРАНСПОРТЕ

*А. Н. ПОЖАРИЦКИЙ, В. В. МАРИНИЧ, Ю. А. КОВАЛЕНКО*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В Республике Беларусь, как и в других странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, важнейшей составной частью производственной и социальной инфраструктуры. Транспортные коммуникации объединяют все районы страны, что является необходимым условием ее территориальной целостности, единства ее экономического пространства. Они связывают страну с мировым сообществом, являясь материальной основой обеспечения внешнеэкономических связей Беларуси и ее интеграции в глобальную экономическую систему. Выгодное географическое положение страны позволяет получать значительные доходы от экспорта транспортных услуг, в том числе от осуществления транзитных перевозок зарубежных стран по своим коммуникациям.

В настоящее время любой вид транспорта представляет потенциальную угрозу здоровью и жизни человека, поэтому можно сказать, что технический прогресс одновременно с комфортом и высокой скоростью передвижения принес и значительную степень угрозы.

Железные дороги являются ведущим видом транспорта. На долю железных дорог СНГ приходится более 50 % мирового грузооборота и 25 % пассажирских перевозок (общая протяженность железнодорожных линий составляет 11 % от протяженности мировых железнодорожных путей, в том числе в Республике Беларусь – 5,6 тыс. км). Средняя грузонагруженность железных дорог в СНГ в 5 раз больше, чем в США, и в 8–15 раз – по сравнению с другими развитыми странами.

Основными причинами аварий и катастроф на железнодорожном транспорте является неисправность пути, подвижность состава, технических средств управления, ошибки работников, отве-

чающих за безопасность движения поездов и т. д. Более 40 % железнодорожных аварий и катастроф происходит по вине путейских рабочих.

Среди катастроф и аварий различают: сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары и взрывы в подвижном составе на перегоне или станции.

По виду подвижного состава выделяют: транспортные происшествия с пассажирскими поездами, грузовыми поездами, одновременно с обоими поездами, крушение поездов в метрополитене.

Особую опасность представляют аварийные ситуации при перевозках опасных грузов и особенно аварийно-химически опасных веществ. Все направления Белорусской железной дороги принимают участие в пропуске опасных грузов с ежемесячным вагонопотоком от 400 до 1500 вагонов. Направления наиболее интенсивного вагонопотока: Минск – Брест, Минск – Молодечно, Гомель – Калинковичи – Лунинец, Витебск – Орша – Мозырь, Витебск – Новополоцк.

Примерами таких железнодорожных ЧС могут служить аварии с утечкой серной кислоты на ст. Минск, с параксилолом на ст. Могилёв, с толуолом на ст. Жлобин.

Учитывая зависимость от численности пострадавших, различают 5 категорий железнодорожных катастроф: I – до 5 человек, II – 6–15 человек, III – 16–30 человек, IV – 31–50 человек, V – более 50 человек.

Сегодня воздушный транспорт занимает одно из ведущих мест в общей транспортной системе перевозок пассажиров и грузов. В Республике Беларусь насчитывается 7 аэропортов, которые имеют статус международных. За последние годы резко возросли объемы перевозок, выполняемых транспортной авиацией в СНГ. За сутки самолеты перевозят в среднем 300 тыс. человек, за год – более 100 млн пассажиров. Протяженность воздушных трасс – более 1 млн км.

Анализ авиакатастроф и аварий последних лет показывает, что причины, приводящие к авиационным происшествиям, можно объединить в следующие группы: ошибки человека – 50–60 %; отказ техники – 15–30 %, воздействие внешней среды – 10–20 %, прочие (невыясненные) – 5–10 %.

Как видно из приведенных данных, не менее половины авиационных происшествий случается из-за ошибок человека, в подавляющем большинстве случаев – членов экипажа.

За годы независимости в небе над Беларусью и с участием белорусских самолетов за рубежом было потеряно 18 судов, погибло 36 человек.

Ежедневно в морях и океанах находится 25 тыс. судов, экипажи которых насчитывают около 1 млн человек.

Вполне понятно, что при таком огромном количестве судов, несмотря на совершенство их конструкции и оснащении новейшими средствами судовождения, нельзя полностью избежать аварий и катастроф. В результате кораблекрушений ежегодно погибает около 200 тыс. человек. Вместе с тем, в течение года на 7–8 тыс. судов случаются серьезные аварии, не приводящие к катастрофическим последствиям.

К тяжелым катастрофам может привести нарушение правил перевозки на судах опасных грузов. Одна из самых больших трагедий на море произошла 6 декабря 1917 г. в порту Галифакс (Канада) в результате взрыва французского судна «Монблан», имевшего на борту тысячи тонн пикриновой кислоты, тринитротолуола, пороха и бензола. Погибли 1963 человека, около 9 тысяч получили ранения, 25 тыс. жителей города лишились крова.

За последние 20 лет вследствие роста танкерного флота резко возросло количество аварий и катастроф на нефтеналивных судах. Особенно опасны столкновения танкерных судов, вызывающие взрывы, гигантские пожары и разлив десятков и сотен тысяч тонн нефти и других нефтепродуктов.

Аварии (катастрофы) могут произойти в порту (на пристани) или при передвижении судов по реке, акватории озера или водохранилища. Так, к примеру, 5 июня 1983 г. на Волге, вблизи Ульяновска, на пассажирском теплоходе «Александр Суворов» произошла тяжелая катастрофа с человеческими жертвами – погибло 175 человек.

Протяженность речных судоходных путей по территории Республики Беларусь составляет 2,6 тыс. км.

По данным МЧС в Беларуси в период с 2009 года по февраль 2018 года произошло 20 аварий на транспорте.

Могут представлять серьезную опасность аварии на магистральных трубопроводах, в том числе нанесение значительного экономического ущерба, загрязнение окружающей среды, пожары. Протяженность магистральных нефтепроводов и продуктопроводов на территории Республики Бе-

ларусь составляет около 6 тыс. км, газопроводов – 5 тыс. км самыми крупными из них являются нефтепровод Самолор – Новополоцк и «Дружба», газопровод Торжок – Минск – Ивацевичи.

Авария на трубопроводе – это авария на трассе трубопровода, связанная с выбросом или выливом под давлением опасных химических или пожаровзрывоопасных веществ, приводящих к возникновению техногенной ЧС.

За последние годы в Беларуси наиболее крупные аварии произошли на следующих объектах:

- разрыв магистрального трубопровода Торжок – Минск – Ивацевичи, вызвавший пожар леса на площади 10 га (апрель 1997 г., Узденский район);
- разрыв магистрального нефтепродуктопровода «Россия – Украина», утечка бензина и его растекание на площади 70 га (июнь 1997 г.);
- утечка 500 кг нефти и загрязнение почвенного покрова в результате разрыва нефтепровода «Дружба» (июнь 1999 г., Мозырьский район).

УДК 358.1

## **АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ**

*В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, П. А. КАЦУБО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Анализ опыта и перспектив разработки и применения беспилотных летательных комплексов (БАК) и беспилотных авиационных систем (БАС) в ходе войн (военных конфликтов) последнего десятилетия показал, что широкое их использование в современном военном конфликте является как в определенной степени инновацией, так и объективной тенденцией. Высокая эффективность БАК (БАС) военного назначения обусловила высокий спрос на их разработку и производство (так в 2020 г. мировые расходы на эти цели достигли 12, а к 2026 г. могут превысить 40 млрд дол. в год) [1].

Можно обоснованно предполагать, что современный военный конфликт, в котором могут принять участие Вооруженные Силы Республики Беларусь, будет характеризоваться интенсивным и массированным применением БАК (БАС) широкого спектра задач на тактическом, оперативном и стратегическом уровнях.

Сегодня подразделения Транспортных войск являются основным и единственным средством в Министерстве обороны Республики Беларусь для строительства и восстановления железных дорог. Эффективность применения подразделения Транспортных войск во многом зависит от проведения технической разведки. Для решения этих задач техническая разведка на сегодняшний день выполняется военнослужащими Транспортных войск на устаревших образцах техники [2].

Данное обстоятельство обуславливает ряд проблемных вопросов: низкая скорость используемых транспортных средств, отсутствие визуализации в режиме реального времени.

В настоящее время острота указанных проблем может быть частично снята применением беспилотных авиационных комплексов. Подтверждением этому является факт принятия на вооружение и применение их во многих армиях стран мира. Под беспилотным авиационным комплексом понимается совокупность функционально связанных и используемых совместно беспилотных летательных аппаратов (летательный аппарат без экипажа на борту), средств наземного управления, обеспечения, технического обслуживания и подготовки, необходимых для применения беспилотных летательных аппаратов по целевому назначению.

Основными особенностями беспилотного авиационного комплекса, способствующими выполнению ими разведывательных задач, являются:

- возможность ведения всех видов разведки (радиотехнической, радиолокационной, оптико-электронной и др.) на стратегическом, оперативном и тактических уровнях;
- возможность ведения круглосуточной разведки;
- высокая вероятность распознавания;
- высокая точность измерения координат распознанных объектов;

- высокая маневренность;
- малозаметность;

Кроме того, использование беспилотного летательного аппарата не приведёт к потерям личного состава. Положительным является также их относительно небольшая стоимость и низкие затраты на эксплуатацию.

Анализ применения беспилотных авиационных комплексов в контртеррористической операции в Сирийской Арабской Республике показал, что применение беспилотной авиации в интересах Транспортных войск может обеспечить: ведение круглосуточной разведки; распознавание замаскированных объектов; сокращение времени поиска объектов; уточнение координат целей с высокой точностью; контроль за ходом восстановительных работ; сокращение отрыва личного состава и техники.

В целом анализ мирового опыта применения беспилотных авиационных комплексов различных классов подтверждает высокую эффективность этого вида вооружения в условиях современных военных действий любой интенсивности.

В настоящее время на вооружении Вооруженных Сил Республики Беларусь состоят разведывательные беспилотные авиационные комплексы: «Москит», «Суперкам С-100», «Беркут-2», «Суперкам CS-350», «Бусел-10» (рисунок 1) [1, 2].

а)



б)



Рисунок 1 – Беспилотные летательные аппараты, входящие в состав беспилотных авиационных комплексов:  
а – «Москит», б – «Суперкам С-100»

Основные тактико-технические характеристики беспилотных авиационных комплексов, состоящих на вооружении Вооруженных Сил Республики Беларусь, приведены в таблице 1.

Они предназначены для ведения воздушной оптико-электронной разведки местности в любое время суток. Основными задачами являются: определение координат объекта; выполнение полетного задания в автоматическом режиме с возможностью его изменения с наземного пункта управления; наблюдение и получение фото- или видеосъемки; получение и передача изображений обнаруженных объектов и местности в любое время суток.

Таблица 1 – Основные технических характеристики беспилотных авиационных комплексов, состоящих на вооружении Вооруженных Сил Республики Беларусь

Тактико-технические характеристики	Беспилотный авиационный комплекс				
	«Москит»	«Суперкам С-100»	«Беркут-2»	«Суперкам CS-350»	«Бусел-10»
Радиус действия, км	12	25	35	50	220
Время полета, ч	0,45	1	2	4	14
Высота полета, м:					
минимальная	180	250	100	250	700
максимальная	1500	3500	3000	5000	5000
Скорость полета, км/ч:					
крейсерская	70	60-120	80-100	60-120	120
максимальная	120	120	120	120	150
Точность определения координат объекта, м	30	5	7	50	30
Высота ведения разведки, м	200	50-1500	100-400	50-4500	700-1000
Количество БЛА, шт.	2	2	3	2	4



Таким образом, проведенный анализ технических характеристик беспилотных авиационных комплексов для проведения технической разведки последствий чрезвычайной ситуации на железной дороге показывает, что беспилотные авиационные комплексы возможно использовать в интересах Транспортных войск Республики Беларусь. Однако для этого необходимо определить задачи, решаемые ими, их потребное количество, а также организационно-штатную структуру подразделений беспилотных авиационных комплексов и их место в структуре Транспортных войск Вооруженных Сил Республики Беларусь.

#### Список литературы

1 Научно-техническая кооперация предприятий ОСЭ при разработке БАК различного уровня. Перспективы дальнейшего развития / И. М. Быков, В. В. Кулага // Материалы 7-й Междунар. науч. конф. по военно-технич. проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения : сб. науч. ст. : 2017. – С. 17–20.

2 Петрусевич, В. В. Применение беспилотных авиационных комплексов при проведении технической разведки железнодорожного участка в интересах транспортных / В. В. Петрусевич // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 26–27 ноября, 2020 г.) : в 5 ч. Ч. 5 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : 2020. – С. 197–199.

3 Беспилотные авиационные комплексы [Электронный ресурс] / Беспилотные авиационные комплексы. – 2020. – Режим доступа : <http://www.558ap.by/>. – Дата доступа : 05.09.2020.

УДК 349.6; 629.5

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА МАССУ УТОНУВШЕЙ НЕФТИ

*Н. С. РОДИНА*

*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,  
Российская Федерация*

При разработке мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти на водных объектах важное значение имеет прогнозирование площадей нефтяного загрязнения при различных, в том числе неблагоприятных, гидрометеорологических условиях, способствующих максимально возможному распространению разлива нефти [1, 2].

Прогнозирование площадей нефтяного загрязнения необходимо для построения и дальнейшего анализа карт чрезвычайных ситуаций, оценки вреда компонентам природной среды, а также расчета сил и средств для ликвидации нефтяного загрязнения [3, 4]. Взаимодействие с берегом, ветром и течением может приводить к существенному изменению площади нефтяного загрязнения, в зависимости от конкретных условий (факторов), которые определяют характер протекания процессов внутри нефтяного пятна [5, 6].

В настоящей работе необходимо выполнить оценку влияния температуры воздуха на массу утонувшего нефтепродукта [7], которая производилась с использованием математического моделирования.

Моделирование было осуществлено с использованием электронной картографической системы ПАК «PISCES II» производства компании ТРАНЗАС, установленного на базе учебно-тренажерного центра по управлению кризисными ситуациями природного и техногенного характера ФГБОУ ВО «ВГУВТ».

При моделировании разливов в качестве исходных данных были использованы:

- 1) дислокация источника – река Волга. 530,5 км;
- 2) объем разлива;
- 3) тип нефтепродукта;
- 4) скорость и направление ветра;
- 5) скорость течения;
- 6) температура воды;
- 7) температура воздуха (0, 15, 30 °С);
- 8) плотность воды.

Прогнозирование поведения нефтяного пятна выполнялось в течение 1–5 часов с момента разлива с дискретностью 1 час для различных гидрометеороусловий.

Результаты эксперимента приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Масса утонувшей нефти в зависимости от температуры воздуха

Температура воздуха, °С	Масса утонувшей нефти, т					
	0	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	1,1	4,4	8,6
30	0	0	0	1,1	4,4	8,6

Из таблицы 1 можно сделать вывод, температура воздуха не оказывает влияния на массу утонувшего нефтепродукта.

Для графика были построены аппроксимирующие кривые:

– линейная

$$y = 1,6371x - 1,7429,$$

$$R^2 = 0,764;$$

– полиномиальная

$$y = 0,0722x^3 + 0,069x^2 - 0,427x + 0,0762,$$

$$R^2 = 0,9963.$$

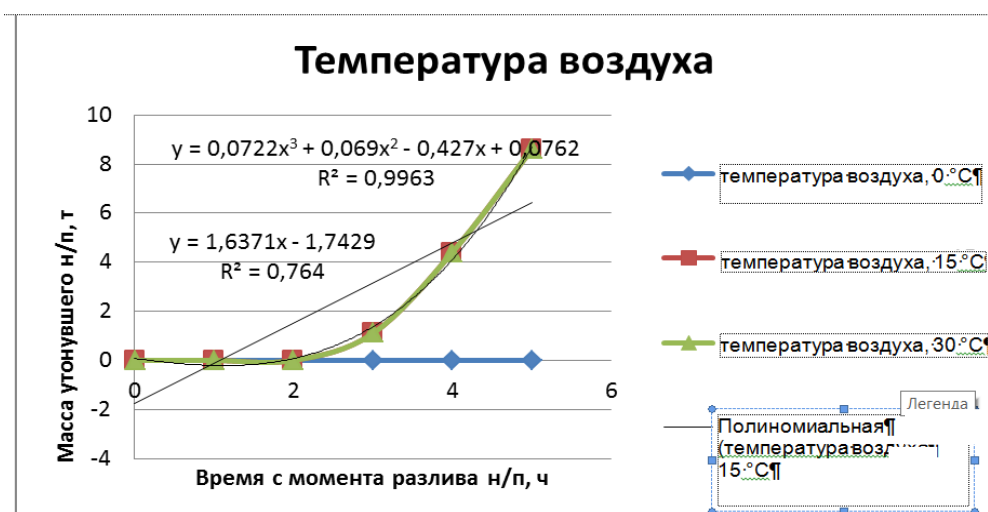


Рисунок 1 – График зависимости массы разлившейся нефти от температуры воздуха

В результате анализа, построенных кривых был сделан вывод о том, что полиномиальная кривая  $R^2 = 0,9963$  наиболее полным образом описывает экспериментальные данные зависимости массы утонувшей нефти от температуры воздуха.

В процессе работы произведена оценка влияния температуры воздуха на массу утонувшего нефтепродукта при разливах нефти на внутренних водных путях. В результате проведенного эксперимента зависимость между температурой воздуха и массой утонувшего нефтепродукта не установлена. Построены уравнения связи для оценки массы утонувшей нефти от температуры воздуха. Определена полиномиальная кривая, наиболее полным образом описывающая экспериментальные данные зависимости массы утонувшей нефти от температуры воздуха.

#### Список литературы

1 Особенности прогнозирования в бассейновых планах по предупреждению и ликвидации разливов нефти / В. С. Наумов [и др.] // Вестник Волжской гос. академии водного TRANSP. – 2018. – № 57. – С. 41–51.

2 Toz, A. C. Performance evaluation of oil spill software systems in early fate and trajectory of oil spill: comparison analysis of OILMAP and PISCES 2 in Mersin bay spill / A. C. Toz, M. Buber // Environmental monitoring and assessment. – 2018. – Vol. 190, no. 9. – Article number: 551. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6872-3>.

3 Решняк, В. И. Опыт организации и использования технических средств для ликвидации аварийных разливов нефти / В. И. Решняк // Вестник гос. ун-та морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2018. – Т. 10, № 2. – С. 287–299.

4 Ничипорук, А. О. Анализ требований, предъявляемых к качеству перевозок участниками транспортного процесса / А. О. Ничипорук, Н. В. Гончарова // Вестник Волжской гос. академии водного трансп. – 2012. – № 33. – С. 154–162.

5 Using hydrodynamic cavitators for wastewater post-treatment and disinfection / D. Mizgiriyov [et al.] // International Multi-disciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 17, Ecology, Economics, Education and Legislation. – 2017. – P. 1071–1076.

6 Hindcast of oil-spill pollution during the Lebanon crisis in the eastern Mediterranean / G. Coppini [et al.] // Marine Pollution Bulletin. – 2011. – Vol. 62, no. 1. – P. 140–153.

7 Пластинин, А. Е. Оценка влияния различных факторов на процессы ликвидации разлива нефти в условиях внутренних водных путей / А. Е. Пластинин // Техносферная безопасность : сб. статей заочной Междунар. научно-практ. конф. ; Воронежский филиал Московского гос. ун-та путей сообщения (МИИТ), кафедра "Техносферная безопасность", 2013. – С. 214–222.

УДК 502.5

## БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВКИ МЕТАНОЛА НА ГАЗОПРОМЫСЛОВЫЕ ОБЪЕКТЫ

Ю. В. СИВКОВ, А. Ю. ШУЛЕГИН

Тюменский индустриальный университет, Российская Федерация

Газопромысловые объекты относятся к опасным производственным объектам, на которых обрабатывается достаточно большое количество опасных веществ. Одним из таких опасных веществ, применяемых в производственном процессе для предотвращения гидратообразования является метанол [1]. Доставка метанола до места его потребления является достаточно сложным и опасным с точки зрения безопасности процесса. На рисунке 1 представлена транспортная схема доставки метанола до объектов потребления.



Рисунок 1 – Транспортная схема доставки метанола до объектов потребления

В представленной транспортной схеме существуют следующие недостатки, которые могут привести к риску возникновения чрезвычайной ситуации:

Недостатки транспорта метанола:

- 1 Большое количество операций с метанолом в ходе одной поставки.
- 2 Соблюдение особых мер безопасности, предусмотренных соответствующими нормативными документами, регламентирующими транспортировку метанола.
- 3 Наличие промежуточного склада хранения требует соблюдения специальных мер, которые предусмотрены в соответствующих нормативных документах, регламентирующих хранение метанола.

4 Многочисленные операции по сливу-наливу метанола увеличивают риск загрязнения окружающей среды и отравления обслуживающего персонала.

5 Перевозка метанола автотранспортом на большие расстояния в условиях Крайнего Севера требует наличия достаточно качественной и разветвленной сети автомобильных дорог.

Так как метанол достаточно токсичен и пожароопасен необходимо строго соблюдать требования безопасности, что в свою очередь будет сводить к минимуму вероятность отравления им работников организации. В то же время существует вероятность аварии на всех этапах транспорта и применения метанола на газопромысловых объектах, и, как следствие, происходит загрязнение окружающей среды и отравление работников организации.

В целях рекомендации по предотвращению возникновения аварийных ситуаций с метанолом в результате достаточно сложной транспортной схемы можно предложить применение малотоннажного производства метанола непосредственно в местах его потребления [2, 3].

#### Список литературы

1 Сивков, Ю. В. Загрязнение окружающей среды метанолом при применении его на газовом промысле / Ю. В. Сивков, А. Ю. Шулегин // Естественные и технические науки. – 2019. – № 6 (132). – С. 164–165.

2 Сивков, Ю. В. Обеспечение безопасности при хранении и использовании метанола на газовом промысле / Ю. В. Сивков, А. Ю. Шулегин // Экология. Риск. Безопасность : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (29–30 октября 2020 г.). – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2020. – С. 272–214.

3 Сивков, Ю. В. Проблемы загрязнения окружающей среды при транспорте метанола / Ю. В. Сивков, А. Ю. Шулегин // Проблемы истории и философии науки и техники: сб. науч. статей по материалам национальной науч.-практ. конф. аспирантов и магистрантов (23 апреля 2020 г.). – Тюмень : ТИУ, 2020. – С. 183–187.

УДК 347(075.8)

## ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

*О. В. СУДАКОВА*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Железнодорожная сеть России является одной из крупнейших в мире. Ее протяженность составляет более 85 тысяч километров. Не удивительно, что вокруг такой мощной инфраструктуры сложилась целая система правового регулирования отношений, связанных с системой железнодорожного транспорта. В том числе, касаясь обеспечения транспортной безопасности железнодорожного транспорта.

Изучением проблем правового регулирования транспортной безопасности, в том числе на железнодорожном транспорте, занимались различные авторы: В. И. Якунин, С. Н. Дмитриев, М. В. Рыбкина и т.д. Авторы концентрируют внимание на наличии противоречий и не совершенности нормативно-правовых актов в сфере обеспечения транспортной безопасности. Но работы многих авторов, трудящихся над рассматриваемой темой, не отражают весь спектр правового регулирования транспортной безопасности в силу того, что законодательство в данной области не стоит на месте и требует постоянного изучения.

По определению, которое дано в Федеральном законе РФ от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ "О транспортной безопасности", транспортная безопасность – это состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства [1]. Необходимость правового регулирования транспортной безопасности была обусловлена возросшим количеством террористических атак, как в России, так и в мире и необходимостью принятия мер по противодействию терроризму и экстремизму. Данное определение на законодательном уровне провело черту между транспортной безопасностью и другими видами безопасности, связанными с транспортными перевозками и инфраструктурой. Так, например, до этого в понятие транспортная безопасность включалась безопасность технического, экологического, террористического и информационного характера [2].

Поручение Президента РФ о подготовке законопроекта в области обеспечения транспортной безопасности было дано после совершения в России двойного теракта 28 августа 2008 года, когда в воздухе с интервалом в минуту взорвались два самолета, вылетевшие из аэропорта Домодедово (рейс WL61303 Москва – Волгоград, рейс SBI1047 Москва – Сочи) [3]. Что же касается террори-

стических атак на железнодорожном транспорте, то у России есть данный печальный опыт. 13 августа 2007 году, через несколько месяцев после принятия ФЗ «О транспортной безопасности», произошел взрыв пассажирского поезда «Невский экспресс», следовавшего рейсом Москва – Санкт-Петербург.[4] Это говорит о том, что данный законопроект на практике еще не успел реализоваться в полную силу.

Транспортная безопасность в системе железнодорожного транспорта сегодня является одним из звеньев стратегии национальной безопасности Российской Федерации [5]. В условиях растущей угрозы со стороны террористических сил, а также таких факторов как моральное и физическое устаревание железнодорожного транспорта и железнодорожной инфраструктуры, необходимо осуществлять деятельность по повышению уровня безопасности в области функционирования железнодорожного транспорта. Данные меры должны быть официально закреплены подзаконными актами и опираться на принципы государственной политики в области национальной обороны, государственной и общественной безопасности, а также устойчивого развития России.

Конституция Российской Федерации закрепляет положение о том, что вопросы правового регулирования и обеспечения безопасности в отношении железнодорожного транспорта находятся в компетенции государства, в частности Правительства РФ и федеральных органов исполнительной власти (ст. 71, 74 Конституции РФ) [6]. В соответствии с п. 2 статьи 74 Конституции РФ в целях обеспечения безопасности и защиты жизни и здоровья людей, а также охраны природы и культурных ценностей могут вводиться ограничения на перемещение товаров и услуг, в том числе применительно к железнодорожным перевозкам.

Отношения, возникающие между пассажирами и перевозчиками, отправителями и получателями, физическими и юридическими лицами, пользующимися услугами железнодорожного транспорта и владельцами железнодорожной инфраструктуры и путей общего и необщего пользования, регулируются ФЗ РФ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» (с изменениями на 18 июля 2017 г.). [7] Однако в Уставе прописаны лишь положения о пожарной, экологической безопасности и безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта (ст. 3, 7, 18 Устава железнодорожного транспорта Российской Федерации (с изменениями на 18 июля 2017 года), тогда как понятие транспортная безопасность и связанные с ним вопросы правового регулирования в данном документе отсутствуют.

Но прежде всего отношения, возникающие в сфере железнодорожного транспорта, регулируются Федеральным законом «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» от 10 января 2003 г. [8] Данный нормативно-правовой документ прошел ряд преобразований и изменений в силу роста структурных преобразований, и данные изменения обусловлены необходимостью повысить эффективность деятельности железнодорожного транспорта. Изменения, внесенные в ФЗ «О железнодорожном транспорте» в редакции от 3 июля 2016 г., предписывают охрану наиболее важных объектов железнодорожного транспорта общего пользования и специальных грузов осуществлять силами национальной гвардии РФ (п. 2, ст. 23 ФЗ «О железнодорожном транспорте» от 03.07.2016 г.). Данное изменение было введено через четыре месяца после того, как Президент Российской Федерации В. В. Путин подписал указ о создании национальной гвардии РФ [9] Игрет ли данное изменение в области охраны и обеспечения транспортной безопасности на железнодорожном транспорте особые полномочия? Для этого обратимся к нормативному документу, который содержит в себе информацию о полномочиях национальной гвардии, а именно к Федеральному закону от 3 июля 2016 г. № 226-ФЗ "О войсках национальной гвардии Российской Федерации" [10]. Исходя из постановок задач и полномочий, в статьях 2 и 8 можно увидеть, что данная военная организация выполняет в основном функции борьбы с терроризмом и экстремизмом, обеспечения общественной безопасности и охрану особо важных объектов. Данное положение позволяет сделать вывод, что такая ориентация национальной гвардии на борьбу против актов незаконного вмешательства различных объектов срабатывает на повышение уровня транспортной безопасности на железнодорожном транспорте, что закреплено в рассмотренных нормативно-правовых актах.

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 31 марта 2010 г. № 403 "О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте" была разработана и утверждена 31 марта 2010 г. «Комплексная система обеспечения безопасности населения на транспорте» [11]. Данная система была создана с целью обеспечения безопасности населения на

метрополитене и других видах общественного транспорта, предотвращения различных угроз, в том числе террористических актов.

Рассматривая нормативно-правовые акты РФ в сфере обеспечения транспортной безопасности, можно прийти к выводу, что сложилась целая правовая система, которая, тем не менее, требует дальнейшего усовершенствования. Прежде всего, считаем, что данная система весьма громоздкая, подзаконные акты часто дублируют друг друга, а изменения в законодательстве в области транспортной безопасности, в том числе на железнодорожном транспорте, носит характер неопределенности и несогласованности с другими нормативно-правовыми документами. Например, требования к обязательной сертификации технических средств обеспечения транспортной безопасности прописаны как в ФЗ «О транспортной безопасности», так и в ряде законодательных актов, относительно данного предмета [12]. Также, существует несоответствие в определении транспортной безопасности в различных нормативно-правовых документах, что мешает выработке конкретного правового подхода к данной проблеме.

Редакции Федерального закона «О транспортной безопасности» вопреки ожиданиям не дает ясного определения понятию «транспортная инфраструктура», что в определенной степени усложняет реализацию мер транспортной безопасности. В соответствии с ч. 5 ст. 1 ФЗ «О транспортной безопасности» к транспортной инфраструктуре относительно сферы железнодорожного транспорта относятся только железнодорожные вокзалы, станции, участники железных дорог. Но необходимо существенно расширить перечень объектов транспортной инфраструктуры, учитывая их функциональные особенности, в рамках действующего законодательства.

В целом, весь комплекс работ по разработке и реализации нормативно-правовых документов затянут во времени и находится в незавершенной стадии, постоянно подвергаясь изменениям. С одной стороны, это следствие появления научно-технических новшеств в сфере технического обеспечения транспортной безопасности, а также реагирование на ситуации внутри страны и в мире. С другой стороны, постоянные изменения и подвижный характер системы правового регулирования транспортной безопасности делают эту систему незавершенной, содержащей в себе различного рода противоречия и недоработки [13].

#### Список литературы

- 1 Конституция Российской Федерации.
- 2 О транспортной безопасности" (с изменениями и дополнениями) : Федеральный закон от 9 февраля 2007 г. № 16-ФЗ.
- 3 О железнодорожном транспорте в Российской Федерации : Федеральный закон от 10.01.2003 № 17-ФЗ (ред. от 20.12.2017)
- 4 О войсках национальной гвардии Российской Федерации : Федеральный закон от 03.07.2016 № 226-ФЗ (последняя редакция);
- 5 Вопросы Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации : Указ Президента РФ от 05.04.2016 № 157 (ред. от 30.09.2016).
- 6 Об утверждении Комплексной программы обеспечения безопасности населения на транспорте : Распоряжение Правительства РФ от 30.07.2010 N 1285-р (ред. от 11.12.2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://legalacts.ru/doc/rasporjzhenie-pravitelstva-rf-ot-30072010-n-1285-r/>. – Дата доступа : 21.11.2022.
- 7 Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/902156214>. – Дата доступа : 21.11.2022.
- 8 Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации (с изменениями на 18 июля 2017 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/901838121>. – Дата доступа : 21.11.2022.
- 9 **Дмитриев, С. Н.** Новации в правовом регулировании транспортной безопасности / С. Н. Дмитриев [Электронный ресурс] // Общество и право. – 2014. – № 2 (48). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/novatsii-v-pravovom-regulirovanii-transportnoy-bezopasnosti>. – Дата доступа : 21.11.2022.
- 10 **Селин, Б. Н.** Британская практика предупреждения террористических актов на объектах железнодорожной инфраструктуры / Б. Н. Селин, И. А. Селина // Проблемы правоохранительной деятельности : сб. науч. форума. – Белгород : МВД РФ БЮИ, 2014. – Вып. 1. – С. 61–67.
- 11 Проблемы формирования государственной политики транспортной безопасности/ В. И. Якунин [и др.]; Центр проблемного анализа и государственно-управленческого проектирования. – М. : Наука, 2006. – 432 с.
- 12 Академик словари и энциклопедии [Электронный ресурс]: – Режим доступа : <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/158954>. – Дата доступа : 21.11.2022.
- 13 История закона о транспортной безопасности №16-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://egisotb.ru/fz-16\\_history/](http://egisotb.ru/fz-16_history/). – Дата доступа : 21.11.2022.

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОРТОВЫХ ТЕЛЕМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ДАТЧИКОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

*В. В. ТОМАШОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Перевозка грузов в настоящее время претерпевает качественные изменения. С одной стороны это связано со стремлением повысить эффективность работы транспорта, снизить издержки, уменьшить стоимость перевозок, соблюдать сроки доставки грузов и обеспечивать их сохранность – то, что в большей степени продиктовано развивающимися рыночными отношениями и связанной с ними конкурентоспособностью автомобильных грузовых перевозок.

Современные условия диктуют обязательное внедрение и использование информационных технологий – информационно-управляющих систем во все сферы нашей жизни.

Самой большой проблемой в области информатизации транспорта являются закрытые интеллектуальные системы. Создано огромное количество систем, автоматизирующих отдельные бизнес-процессы, а чаще даже отдельные задачи и функции. При этом системы зачастую не связаны друг с другом, используют собственные хранилища оперативной и нормативно-справочной информации. Отсутствуют регламенты поддержания актуальности, синхронизации данных в разных системах. Многие используемые средства автоматизации не соответствуют современным требованиям. На современном этапе развития информационных технологий на первый план ставится создание единого информационного пространства, которое включает в себя единое пространство данных, методологическое пространство и пространство функционала.

Что же касается перевозки опасных грузов – эта особая часть номенклатуры грузов. Объемы перевозок опасных грузов автомобильным транспортом составляют более 25 % от общего и ежегодно возрастают. В общем объеме грузов, перевозимых всеми видами транспорта, доля опасных грузов составляет около 20 %. Около 35 % из них приходится на долю железнодорожного транспорта. В основном это нефтепродукты, сжиженные и сжатые газы. Перечень опасных грузов, предъявляемых к перевозке, насчитывает около пяти тысяч наименований. Из-за присущих опасным грузам свойств их перевозка требует постоянного внимания и непрерывного контроля.

Развитие информационных и коммуникационных технологий открыло новые возможности для решения сложных транспортных проблем, с которыми сталкивается современный мир. Решение было найдено в создании уже не систем управления транспортом, а транспортных систем, в которых средства связи, управления и контроля изначально встроены в транспортные средства и объекты инфраструктуры, а возможности управления (принятия решений) на основе получаемой в реальном времени информации, в таких системах доступны не только транспортным операторам, но и всем пользователям транспорта. Задача решается путем построения интегрированной системы: люди – транспортная инфраструктура – транспортные средства, с максимальным использованием новейших информационно-управляющих технологий.

Наблюдается активный процесс формирования и развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в транспортном секторе экономики, который уже привел к очевидному улучшению работы всех видов транспорта во всех странах, где этому уделялось должное внимание.

В странах – участниках Европейского соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов предусмотрено обязательное проведение мониторинга перевозок опасных грузов. Мониторинг осуществляется с помощью комплексной информационно-аналитической системы контроля транспортных средств (КИАСК-ТС), реализованной на основе спутниковых навигационных технологий ГЛОНАСС/GPS.

Функциональная архитектура сервиса предусматривает контроль перевозок опасных грузов, в том числе их отслеживание и классификацию, уведомление об аварии с опасными грузами, передаче информации об авариях и нарушениях порядка перевозки опасных грузов всем заинтересованным организациям, отслеживание местоположения транспортного средства, перевозящего опасный груз, обнаружение его отклонения от запланированного маршрута, идентификацию входа ТС в чувствительные географические области (например зоны, в которых перевозка опасных грузов запре-

цена), аутентификация водителя с деактивацией транспортного средства при попытке управления ТС неправомочным водителем.

Система мониторинга включает:

- бортовые устройства, обеспечивающие навигацию ТС с помощью ГНСС, связь с автоматизированными центрами контроля и надзора по каналам сотовой и, возможно, спутниковой связи (с низкоорбитальными спутниками) и передачу в АЦКН информации о местоположении и состоянии ТС, вводимой водителем и формируемой автоматически;
- автоматизированные центры контроля и надзора, осуществляющие мониторинг перевозок опасных грузов.

Включение в состав бортового устройства, средств спутниковой связи необходимо для обеспечения мониторинга в зонах, где отсутствует сотовая связь. Сообщение с бортового устройства о перевозке опасного груза должно включать следующий набор мониторинговой информации:

- идентификационный номер бортового устройства;
- географическую широту местоположения транспортного средства;
- географическую долготу местоположения транспортного средства;
- скорость движения транспортного средства;
- путевой угол транспортного средства;
- время и дату фиксации местоположения транспортного средства;
- признак нажатия тревожной кнопки.

Кроме того, необходимо обеспечить возможность передачи следующих данных о перевозке опасных грузов:

- состояние ТС («Перевозка опасного груза», «Разгрузка», «Нет опасного груза»);
- номер специального разрешения, в соответствии с которым осуществляется перевозка;
- номер (номера) ООН перевозимого (перевозимых) грузов;
- данные о количестве груза на борту ТС.

Получив указанную информацию, контролирующие органы имеют возможность определить государственный регистрационный номер, модель, марку и принадлежность ТС, вид перевозимого груза (грузов), разрешённый маршрут движения. При этом возможен контроль наличия специального разрешения для данного ТС, вида груза и маршрута. В ходе перевозки они получают мониторинговую информацию, которая может использоваться для автоматического контроля соблюдения разрешённого маршрута перевозки, а при отклонении от него на величину, большую заданной, – для выдачи тревожного сообщения оператору и на линейные посты транспортного надзора.

Для опасных грузов в упаковках целесообразно предусмотреть нанесение на каждую упаковку RFID-меток, содержащих признак опасного груза и его номер ООН. Для сбора информации с RFID-меток ТС должно быть оснащено считывателями, зоны действия которых полностью перекрывают внутренний объём кузова ТС. Если конструкция кузова предусматривает возможность его закрытия и запираения, на запорное устройство целесообразно поместить «электронную пломбу» – приспособление, выдающее сигнал при попытке его несанкционированного вскрытия.

При перевозке опасных грузов навалом/насыпью представляется целесообразным использовать датчики нагрузки на оси. Существуют разновидности датчиков для автомобилей с рессорной подвеской и с пневмоподвеской. Аналогичные датчики нагрузок могут устанавливаться и на тележки железнодорожного подвижного состава.

Проведенный анализ существующих интеллектуальных транспортных систем, применяемых во время перевозки опасных грузов, не дает возможность сделать однозначный вывод, что усовершенствование ИТС еще впереди. Главным направлением усовершенствования будет разработка стандартов на телематические системы, что позволит использовать оборудование разных поставщиков в едином информационном пространстве.

#### Список литературы

- 1 ГОСТ Р 56829-2015 Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2018. – 14 с.
- 2 Железные дороги мира : Журнал. – № 5. – 2020. – С. 50–62.



## ПОСЛЕДСТВИЯ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ ПРИ АВАРИЯХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ И АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Д. В. ШАМКИН, А. В. МАРДАНОВ, Д. В. МАЛАШКОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель*

В настоящее время любой вид транспорта представляет потенциальную угрозу здоровью и жизни человека. Технический прогресс одновременно с комфортом и скоростью передвижения принес и значительную степень угрозы. В зависимости от вида транспортной аварии возможно получение множественных травм и ожогов, в том числе опасных для жизни человека.

### **1 Аварии на железнодорожном транспорте**

Основными причинами аварий и катастроф на железнодорожном транспорте являются неисправности пути, подвижного состава, средств сигнализации, централизации и блокировки, ошибки диспетчеров, невнимательность и халатность машинистов. Чаще всего происходит сход подвижного состава с рельсов, столкновения, наезды на препятствия на переездах, пожары и взрывы непосредственно в вагонах. Тем не менее, ехать в поезде примерно в три раза безопаснее, чем лететь на самолете, и в 10 раз безопаснее, чем ехать в автомобиле.

#### *Основные профилактические правила:*

Знайте, что с точки зрения безопасности самые лучшие места в поезде – центральные вагоны, купе с аварийным выходом-окном или расположенное ближе к выходу из вагона, нижние полки. Как только Вы оказались в вагоне, узнайте, где расположены аварийные выходы и огнетушители. Соблюдайте следующие правила: при движении поезда не открывайте наружные двери, не стойте на подножках и не высовывайтесь из окон; тщательно укладывайте багаж на верхних багажных полках; не срывайте без крайней необходимости стоп-кран; запомните, что даже при пожаре нельзя останавливать поезд на мосту, в тоннеле и в других местах, где осложниться эвакуация; курите только в установленных местах; не возите с собой горючие, химически- и взрывоопасные вещества; не включайте в электросеть вагона бытовые приборы; - при запахе горелой резины или появлении дыма немедленно обращайтесь к проводнику.

#### *Как действовать при железнодорожной аварии:*

При крушении или экстренном торможении закрепитесь, чтобы не упасть. Для этого схватитесь за поручни и упритесь в стену или сиденье ногами. Безопаснее всего опуститься на пол вагона. После первого удара не расслабляйтесь и держите все мышцы напряженными до тех пор, пока не станет окончательно ясно, что движения больше не будет.

#### *Как действовать после железнодорожной аварии:*

Сразу после аварии быстро выбирайтесь из вагона через дверь или окна – аварийные выходы (в зависимости от обстановки), так как высока вероятность пожара. При необходимости разбивайте окно купе только тяжелыми подручными предметами. При покидании вагона через аварийный выход выбирайтесь только на полевую сторону железнодорожного пути, взяв с собой документы, деньги, одежду или одеяла. При пожаре в вагоне закройте окна, чтобы ветер не раздувал пламя, и уходите от пожара в передние вагоны. Если не возможно – идите в конец поезда, плотно закрывая за собой все двери. Прежде чем выйти в коридор, подготовьте защиту для дыхания: шапки, шарфы, куски ткани, смоченные водой. Помните о том, что при пожаре материал, которым облицованы стены вагонов – малминит – выделяет токсичный газ, опасный для жизни. Оказавшись снаружи, немедленно включайтесь в спасательные работы: при необходимости помогите пассажирам других купе разбить окна, вытаскивайте пострадавших и т.д. Если при аварии разлилось топливо, отойдите от поезда на безопасное расстояние, т.к. возможен пожар и взрыв.

Если токонесущий провод оборван и касается земли, удаляйтесь от него прыжками или короткими шажками, чтобы обезопасить себя от шагового напряжения. Расстояние, на которое растекается электроток по земле, может быть от двух (сухая земля) до 30 м (влажная).

В настоящее время любой вид транспорта представляет потенциальную угрозу здоровью и жизни человека. Технический прогресс одновременно с комфортом и скоростью передвижения принес и значительную степень угрозы. В зависимости от вида транспортной аварии возможно получение множественных травм и ожогов, в том числе опасных для жизни человека.

## 2 Аварии на автомобильном транспорте

Около 75 % всех аварий на автомобильном транспорте происходит из-за нарушения водителями правил дорожного движения. Наиболее опасными видами нарушений по-прежнему остаются превышение скорости, игнорирование дорожных знаков, выезд на полосу встречного движения и управление автомобилем в нетрезвом состоянии. Очень часто приводят к авариям плохие дороги (главным образом скользкие), неисправность машин (на первом месте – тормоза, на втором – рулевое управление, на третьем – колеса и шины).

Особенность автомобильных аварий состоит в том, что 80 % раненых погибает в первые три часа из-за обильных кровопотерь.

*Как действовать при неизбежности столкновения:*

Сохраняйте самообладание – это позволит управлять машиной до последней возможности. До предела напрягите все мышцы, не расслабляйтесь до полной остановки. Сделайте все, чтобы уйти от встречного удара: кювет, забор, кустарник, даже дерево лучше идущего на Вас автомобиля. Помните о том, что при столкновении с неподвижным предметом удар левым или правым крылом хуже, чем всем бампером. При неизбежности удара защитите голову. Если автомашина идет на малой скорости, вдавитесь в сиденье спиной, и, напрягая все мышцы, упритесь руками в рулевое колесо. Если же скорость превышает 60 км/ч и Вы не пристегнуты ремнем безопасности, прижмитесь грудью к рулевой колонке.

Если Вы едете на переднем месте пассажира, закройте голову руками и завалитесь на бок, распротершись на сидении. Сидя на заднем сидении, постарайтесь упасть на пол. Если рядом с Вами ребенок – накройте его собой.

*Как действовать после аварии:*

Определитесь, в каком месте автомобиля, и в каком положении Вы находитесь, не горит ли автомобиль и не подтекает ли бензин (особенно при опрокидывании). Если двери заклинены, покиньте салон автомобиля через окна, открыв их или разбив тяжелыми подручными предметами. Выбравшись из машины, отойдите от нее как можно дальше – возможен взрыв.

*Как действовать при падении автомобиля в воду:*

При падении в воду машина может держаться на плаву некоторое время, достаточное для того, чтобы покинуть ее. Выбирайтесь через открытое окно, т.к. при открывании двери машина резко начнет тонуть.

При погружении на дно с закрытыми окнами и дверьми воздух в салоне автомобиля держится несколько минут. Включите фары (чтобы машину было легче искать), активно провентилируйте легкие (глубокие вдохи и выдохи позволяют наполнить кровь кислородом «впрок»), избавьтесь от лишней одежды, захватите документы и деньги. Выбирайтесь из машины через дверь или окно при заполнении машины водой наполовину, иначе Вам помешает поток воды, идущей в салон. При необходимости разбейте лобовое стекло тяжелыми подручными предметами. Протиснитесь наружу, взявшись руками за крышу машины, а затем резко плывите вверх.

*Как обеспечить личную безопасность при движении в общественном транспорте:*

Находясь в общественном транспорте, при отсутствии свободных сидячих мест постарайтесь встать в центре салона, держась за поручень для большей устойчивости. Обратите внимание на расположение аварийных и запасных выходов.

Электрическое питание трамваев и троллейбусов создает дополнительную угрозу поражения человека электричеством (особенно в дождливую погоду), поэтому наиболее безопасными являются сидячие места. Если обнаружилось, что салон находится под напряжением – покиньте его. При аварии у выходов возможна паника и давка. В этом случае воспользуйтесь аварийным выходом, выдернув специальный шнур и выдавив стекло.

В случае пожара в салоне сообщите об этом водителю, откройте двери (с помощью аварийного открывания), аварийные выходы или разбейте окно. При наличии в салоне огнетушителя примите меры к ликвидации очага пожара. Защитите органы дыхания от дыма платком, шарфом или другими элементами одежды. Выбирайтесь из салона наружу, пригнувшись и не касаясь металлических частей, так как в трамвае и троллейбусе возможно поражение электричеством.

При падении автобуса в воду дождитесь заполнения салона водой наполовину, задержите дыхание и выныривайте через дверь, аварийный выход или разбитое окно.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СКАНИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ПРОТИВОДЕЙСТВИИ ТЕРРОРИЗМУ

*А. С. ШИПИЛЁВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, Я. В. ШУТОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Мост (искусственное сооружение) – одно из самых древнейших изобретений человечества. Он позволяет преодолевать преграды в виде водоема, оврага, обвала и иных препятствий. В то же время мост является военно-стратегическим объектом и одним из важнейших средств коммуникации.

Ни для кого не секрет, что на мост как инженерную конструкцию действуют различные факторы, такие:

- как коррозионные процессы, протекающие, как правило, в труднодоступных местах и со временем приводящие к снижению несущей способности элементов конструкции;
- непроектные нагрузки, способные привести к необратимым пластическим деформациям и, как следствие, изменению проектного положения элементов конструкции;
- возникновение и развитие дефектов, которые способны привести к существенному снижению прочности элементов конструкции.

Такие воздействия внешних факторов приводят к постепенному износу элементов конструкции моста, что может вызвать преждевременное его разрушение. Как следствие – человеческие жертвы и значительные финансовые затраты на восстановление. Для предотвращения таких аварий необходим контроль технического состояния моста.

На сегодняшний день распространенным решением данной задачи является техническое обследование элементов конструкции моста, для чего периодически проводятся геодезические измерения и неразрушающий контроль различными методами. Однако такой периодический контроль не может учесть фактическую историю действия нагрузок (период и амплитуду), которая является одним из основных критериев для определения остаточного ресурса.

Поэтому для достоверной оценки текущего и прогнозирования дальнейшего технического состояния моста, с целью заблаговременного предупреждения о тенденциях его изменения, необходима установка постоянно действующей системы, способной не только заменить периодические обследования, но и повысить безопасность эксплуатации, другими словами – необходима установка комплексной системы мониторинга (далее система мониторинга).

Система мониторинга моста должна уметь:

- 1) обнаруживать дефекты;
- 2) фиксировать динамику развития дефектов и изменения основных параметров элементов конструкции;
- 3) осуществлять сбор, хранение и анализ данных;
- 4) прогнозировать остаточный ресурс.

В настоящее время в Республике Беларусь используется автоматизированная система управления состоянием мостовых сооружений «Белмост» [1].

Основные функции:

- создание списка мостовых сооружений на сети республиканских и местных дорог;
- ввод и редактирование параметров мостовых сооружений и их конструктивных элементов;
- автоматическое формирование иерархического списка конструктивных элементов моста и связанных с ними возможных дефектов из классификатора;
- ввод и корректировка списка элементов и дефектов;
- расчет оценки состояния мостового сооружения по результатам диагностики;
- определение вида и стоимости ремонта для устранения дефектов сооружений;
- получение аналитических отчетов в формате Microsoft Word;
- хранение и просмотр графического материала (фотографии).

Для более надежного сбора информации о состоянии конструкций искусственного сооружения необходимо применить комплексную систему: информация с размещенных датчиков, спутников, беспилотных летательных аппаратов, наземных камер. При том будет анализироваться информация о погоде, грузонапряженности, дорожной ситуации, а также конкретных реакциях сооружения на подобные воздействия.

Применение данных методов обеспечит наибольшую эффективность управления всеми доступными ресурсами. При этом системы непрерывного мониторинга могут быть подключены к масштабным информационным системам, что позволит специалистам проводить качественный полный анализ накопленных и оперативно полученных данных [2].

Таким образом, системы непрерывного состояния мостовых сооружений позволяют решать следующие важнейшие задачи:

- 1) возможность в режиме реального времени получать исчерпывающую достоверную информацию о состоянии мостовой конструкции для принятия управленческих решений;
- 2) увеличение срока эксплуатации моста за счет своевременного диагностирования и прогнозирования появления дефектов, ненормативных нагрузок и динамики деградации сооружения;
- 3) оперативная достоверная оценка безопасности и состояния моста после крупных природных катаклизмов – землетрясений, ураганов или взрывов;
- 4) эффективное управление эксплуатацией мостового сооружения, что позволяет минимизировать риски материальных и человеческих потерь, возникновения аварий, экстренных ситуаций;
- 5) оптимизация расходов на ремонтные мероприятия за счет оперативного определения необходимости ведения ремонтных работ.

В настоящее время применение данных систем может иметь и оборонную задачу – предотвратить создание условий для разрушения искусственных сооружений и транспортных объектов в целом (создание угрозы возникновения чрезвычайной ситуации) путем проведения антитеррористических мероприятий [3].

Для этого необходимо добавить к существующей системе следующие средства и системы, призванные повысить безопасность объекта:

- инженерно-техническая укрепленность;
- контроль доступа;
- наличие тревожной сигнализации;
- система наблюдения и экстренной связи;
- методы по выявлению средств для террористических актов: металлодетекторы, рентгено-телевизионные установки, радиационный контроль, средства по обнаружению взрывчатых и отравляющих веществ;
- средства для локализации взрыва;
- информационная безопасность.

Применение данной системы позволит избежать возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах транспортной инфраструктуры и совместно с органами силовых структур – повысить раскрываемость данных преступлений.

#### Список литературы

- 1 Автоматизированная система управления состоянием мостовых сооружений «Белмост» [Электронный ресурс] / РУП «Белдорцентр». – Режим доступа : <https://beldor.cent.r.by/services/it/asum-belmost/>. – Дата доступа : 19.09.2022.
- 2 Система непрерывного мониторинга мостовых сооружений [Электронный ресурс] / SPARK. – Режим доступа : <https://spark.ru/startup/smis-ekspert/blog/81544/sistema-nepreivnogo-monitoringa-mostovih-sooruzhenij/>. – Дата доступа : 19.09.2022.
- 3 Каковы меры противодействия террористическим актам [Электронный ресурс] / ООО «ЦентрПроектЗащита». – Режим доступа : <https://safetycenter.ru/info/articles/kakovy-меры-protivodeystviya-terroristicheskim-aktam/>. – Дата доступа : 19.09.2022.

УДК 623.74: 355.40

## ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ В КОНТЕКСТЕ ЗАЩИТЫ, ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

*Я. В. ШУТОВ, А. С. ШИПИЛЁВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Современная война в корне отличается от сражений Великой Отечественной. Сегодня в ходе вооруженных конфликтов невозможно осуществить масштабные наступления, подобные Сталинградской битве, когда скрытно от врага Красная Армия сосредоточила значительную группировку войск для нанесения контрудара.

«За сравнительно короткий срок (с 1 октября по 18 ноября 1942 года) из резерва Ставки на усиление фронтов сталинградского направления было переброшено четыре танковых, два механизированных и два кавалерийских корпуса, 17 отдельных танковых бригад и полков, 10 стрелковых дивизий и 6 бригад, 230 артиллерийских и минометных полков», – говорится на сайте Министерства обороны РФ.

Сегодня авиационная и космическая разведка вооруженных сил не позволяет удержать в тайне даже небольшое сосредоточение войск. Многочисленные беспилотные летательные аппараты (далее – БЛА) практически сразу выявляют перемещение и расположение подразделений противоположной стороны.

В ходе военных конфликтов применяется огромное количество БЛА как разведывательных, так и ударных: от барражирующих боеприпасов-камикадзе и коптеров, сбрасывающих бомбы, до крупных самолётов-разведчиков.

«В настоящее время мы являемся свидетелями войны беспилотников, – говорит Сэмюэл Бендетт, эксперт по беспилотным системам и советник Центра военно-морского анализа и Центра новой американской безопасности».

Используя БЛА, можно осуществлять мониторинг обстановки на транспортных коммуникациях в режиме реального времени, в автоматическом режиме, совершать оперативную разведку с места аварии или катастрофы на дорожных объектах, позволяя тем самым операторам и руководителям принимать решения в кратчайшие сроки.

Проводимый беспилотными аппаратами мониторинг транспортных коммуникаций способен дать возможность специалистам создавать цифровую картографическую модель транспортной структуры, разрабатывать фотопланы при проектировании и строительстве искусственных сооружений и военно-автомобильных дорог, обнаруживать дефекты дорожного покрытия и т.д.

В отношении восстановления и строительства транспортных коммуникаций и искусственных сооружений целесообразно использование БЛА для наблюдения за объектами восстановления, в любое время суток с получением и передачей высококачественных данных, позволяющих оценивать общее состояние объектов.

Выбор БЛА обусловлен с учетом следующих достоинств:

- отсутствие потерь летного состава;
- отсутствие необходимости выделения сил и средств на поиск и спасение;
- невысокая стоимость БЛА;
- малые затраты на обслуживание БЛА и подготовку расчета;
- возможность выполнения маневров с высокими перегрузками;
- малые размеры и эффективная отражающая поверхность;
- способность применять вооружение с малых расстояний;
- возможность дистанционного пилотирования посменно несколькими операторами.

Примеры применяемых БЛА в Беларуси приведены на рисунках 1, 2, сравнительные характеристики приведены в таблице 1.

С учетом вышесказанного, можно сделать вывод о необходимости постановки на вооружение беспилотных летательных аппаратов БЛА Транспортным войскам, ведь, во-первых, это мониторинг с высоты объектов восстановления, что может дать представление о состоянии транспортных коммуникаций и искусственных сооружений.



Рисунок 1 – Белорусский беспилотный летательный аппарат малого класса «Бусел»



Рисунок 2 – Белорусский беспилотный летательный аппарат «Буревестник-МБ»

Таблица 1 – Характеристики БЛА

Характеристик	Буревестник	Бусел М	Бусел М40	Бусел М50
Тип двигателя, используемое топливо	Внутреннего сгорания, АИ-92	Два электродвигателя		
Максимальная взлетная масса, кг	До 210	До 10	12	14
Полный размах крыла, мм	7300	2335	2750	3470
Продолжительность полёта, мин	До 360	До 70	До 120	До 150
Диапазон скоростей полёта, км/ч	80–120	60–120	60–110	60–100
Максимальная высота полета, м	До 5000	До 3000	До 4500	До 5000
Максимальный радиус применения, км	290	30	50	70
Целевая нагрузка	Модуль оптико-электронного мониторинга и модуль радиационного мониторинга	ТВ, фото-, ИК или мультиспектральная камера на гиросtabilизированной платформе; нестабилизированная видеокамера высокого разрешения		
Способ старта и посадки	По-самолетному	С руки или при помощи катапульты/парашют		

Во-вторых, мониторинг происшествий чрезвычайного характера, когда БЛА в составе ремонтной группы прибывает на место происшествия. Видео и фото, в этом случае, передается в режиме реального времени всем заинтересованным должностным лицам.

Третьим пунктом использования БЛА в интересах Транспортных войск мог бы стать мониторинг передвижения автомобильных колонн в режиме реального времени.

Использование БЛА при выполнении задач Транспортных войск Республики Беларусь может стать одним из важных направлений их развития и позволит автоматизировать управление войсками, сократить потерю личного состава за счет получения оперативной разведывательной информации о текущей обстановке.

#### Список литературы

- 1 Яцук, К. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в локальных конфликтах и войнах» / К. В. Яцук, М. С. Стафеев, С. В. Казаринов // Молодой ученый. – 2016. – № 25. – С. 107–111.
- 2 «Минск-Новости» – информационное агентство. Новости Минска [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minsknews.by/>. – Дата доступа : 16.09.2022.
- 3 Основы применения беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mchsnik.ru/> – Дата доступа : 16.09.2022.
- 4 Стрижевский, Д. А. Повышение безопасности дорожного движения на основе развития системы мониторинга автомобильных дорог / Д. А. Стрижевский. – К., 2015.
- 5 Митюшин, Д. А. Беспилотные системы и комплексы в деятельности полиции / Д. А. Митюшин. – Воронеж, 2012.

УДК 385.81

## ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Д. В. ЯКУНИН

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Восстановление мостов – комплекс технических и организационных мероприятий, проводимых на местности для возобновления движения и эксплуатации, прерванных разрушениями. В зависимости от технических требований, применяемых конструкций и срока службы восстановленных сооружений и устройств различают краткосрочное, временное и капитальное восстановление мостов. Краткосрочное восстановление рассчитано на эксплуатацию восстановленных сооружений в течение ограниченного времени. При этом используются в основном местные материалы, упрощённые и облегчённые конструкции, инвентарное имущество. Для налаживания краткосрочного водоснабжения применяют передвижные агрегаты, оборудование пунктов набора воды на разъездах, перегонах и мостах. При восстановлении линий связи используют полевые кабели, радиосредства. Линии прокладывают в каналах уменьшенных размеров с увеличением пролётов между опорами. Временное восстановление мостов рассчитывается на непрерывную и безопасную эксплуатацию в течение продолжительного времени и обеспечение необходимой пропускной способности в этот период. При восстановлении мостов используют блочные деревья, и сборно-разборные надстройки опор на свайных, лежневых, ряжевых фундаментах, уцелевшие части разрушенных сооружений, пакетные и сборно-разборные пролётные строения.

Для увеличения темпов восстановления работы развёртывают на широком фронте использованием средств механизации, блочных конструкций. Восстановление обычно ведут по типовым проектам и разработанным технологическим правилам и картам. При капитальном восстановлении применяют нормы и технические требования на строительство, принятые для мирного времени. В комплекс работ входят: техническая разведка, разминирование (при необходимости дезактивация и дегазация), изыскания, заготовка материалов и конструкций, сосредоточение в местах восстановления необходимых средств, восстановление разрушенного земляного полотна, возведение искусственных сооружений, верхнего строения пути, прокладка линий связи, восстановление водоснабжения, обходов, а также охрана и оборона восстанавливаемых объектов. Малые мосты, как правило, восстанавливаются на прежней оси. Перед восстановлением мостов на прежней оси производят расчистку русла реки от разрушенных конструкций, затем восстанавливают опоры и сооружают новые, поднимают обрушенные пролётные строения и устанавливают новые, укладывают мостовое полотно. При восстановлении на обходе возводится новый мост с подходами. В разрушенных тоннелях расчищают завалы, а затем восстанавливают повреждённую часть или заменяют её обходом. На земляном полотне сначала также расчищают завалы, затем заделывают воронки и бреши, ликвидируют оборонительные сооружения.

При капитальном восстановлении моста и последующем введении его в эксплуатацию требуется ряд мероприятий по обследованию и испытаниям моста. Обследования и испытания мостов должны выполняться специализированными организациями в области мостостроения, оснащенными необходимой приборной базой и имеющими в своем составе квалифицированных и опытных специалистов. Обследования технического состояния больших мостов проводятся не реже 1 раза в 5 лет, остальных мостов и труб – не реже 1 раза в 10 лет. Обследования и испытания мостов и труб предназначены для выявления дефектов, оценки технического состояния сооружений и назначения режима их эксплуатации. Обследования могут проводиться как самостоятельный вид работ (без проведения испытаний). Испытания и обкатку сооружений допускается выполнять только после выполнения обследования и с учетом полученных результатов. Для решения отдельных вопросов, возникающих при проведении обследований и испытаний, по предложению организации, выполняющей обследование, заказчик должен привлекать к совместной работе организации, осуществляющие специальные виды работ (водолазные станции, лаборатории и т. д.). Привлеченные организации должны работать под общим методическим руководством организаций, выполняющих обследования, а полученные в результате проведенных работ данные должны учитываться при принятии решений о техническом состоянии сооружений. Испытания при приемке в эксплуатацию, как правило, должны подвергаться мосты с опытными и впервые применяемыми конструкциями. Испытания других вводимых в эксплуатацию мостов (имеющих большие пролеты, а также большую повторяемость основных несущих элементов) могут проводиться по решениям приемочных комиссий, по требованиям проектных и эксплуатационных организаций, а также в связи с выполнением соответствующими организациями научно-исследовательских и опытных работ. Необходимость проведения испытаний в таких случаях должна быть обоснована. Вводимые в эксплуатацию и не подвергаемые испытаниям железнодорожные мосты и мосты под пути метрополитена, а также автодорожные мосты под нагрузки АБ (автомобили особо большой грузоподъемности) должны быть обкатаны. Испытания эксплуатируемых сооружений должны проводиться в случаях, когда решение вопросов, связанных с эксплуатацией сооружений, не может быть получено только расчетным путем по данным обследований. Необходимость проведения испытаний эксплуатируемых мостов обосновывается организациями, осуществляющими обследование сооружения. Решение о проведении испытаний принимает организация, на балансе которой находится сооружение. Подготовительные работы, связанные с проведением обследований и испытаний (устройство временных подмостей и смотровых приспособлений с выделением необходимых материалов и рабочей силы, предоставление испытательной нагрузки, регулирование движения по мосту и под мостом в период испытаний, заделка мест отбора проб, отрывка шурфов и др.), должны выполняться: – на вводимых в эксплуатацию сооружениях – строительной организацией, возводившей объект; на эксплуатируемых сооружениях – организацией, на балансе которой находится объект. При обследовании эксплуатируемых мостов работы должны выполняться при наличии технических средств организации дорожного движения в соответствии с ТКП. Средства испытаний, измерений и контроля, применяемые при обследованиях и испытаниях мостов, должны быть подвергнуты своевременной проверке в установленном порядке и соответствовать ТНПА по метрологическому обеспечению. Использование при обследованиях и испытаниях нестандартных приборов допускается, если по их применению имеются методические указания, утвержденные в установленном порядке. При выполнении работ по обследованиям и испытаниям мостов следует руководствоваться требованиями охраны труда по ТКП 45-1.03-40 и ТКП 45-3.03-60-2009. Обследования и ис-

пытания мостов и труб, как правило, следует проводить при благоприятных погодных условиях, когда имеются условия для осмотра всех частей сооружения, не нарушается работа устанавливаемых измерительных приборов, нет препятствий для безопасного передвижения испытательной нагрузки, при соблюдении правил и требований охраны труда. Запрещается проведение испытаний при температуре наружного воздуха ниже минус 20 °С и обследований – при температуре воздуха ниже минус 30 °С. При обследованиях и испытаниях не допускается выполнять работы на высоте при скорости ветра более 15 м/с, при гололедице, грозе или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ. При обнаружении во время производства работ повреждений и дефектов, которые могут привести к резкому снижению грузоподъемности моста или обрушению конструкций, следует немедленно сообщить об этом эксплуатирующей организации и заказчику работ.

#### Список литературы

- 1 ТКП 45-3.03-60-2009 (02250). Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. – Минск : Стройтехнорм, 2009. – 29 с.
- 2 **Этин, Е. М.** Испытания железнодорожных мостов / Е. М. Этин. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 32 с.
- 3 ЗАО «Институт исследования мостов и других инженерных сооружений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.imidis.com> – Дата доступа : 21.11.2022.

УДК 614.842.657

## ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*В. А. ЯРЕЦ*

*Филиал «Институт профессионального образования»  
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Гомель*

При проведении анализа чрезвычайных ситуаций, произошедших с участием железнодорожного транспорта можно выделить несколько наиболее распространенных ЧС, а именно:

- сход вагонов состава с железнодорожных путей;
- утечка либо просыпание перевозимого груза через запорную арматуру, люки и т. д.;
- загорание железнодорожных составов в пути и депо;
- дорожно-транспортные происшествия на железнодорожных переездах.

Поскольку место пересечения автомобильных дорог и железнодорожного полотна является одним из наиболее опасных участков, то одной из самых распространенных чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте является дорожно-транспортные происшествия, произошедшие на железнодорожных переездах. Это обусловлено тем, что по автомобильной дороге движение происходит не только транспорта, но и пешеходов, гужевого транспорта, велосипедистом и так далее. При этом категория транспорта тоже различная: личные легковые автомобили, грузовые автомобили предприятий, сельскохозяйственная техника, пассажирские автобусы. С чего можно сделать вывод, что степень подготовки водителей этих транспортных средств, опыт вождения, возраст и состояние здоровья у всех различные. А также техническое состояние всех видов транспортных средств тоже различное. Тем самым все эти факторы повышают вероятность возникновения чрезвычайной ситуации на железнодорожном переезде. А с учетом того, что количество личного транспорта у населения с каждым годом растёт, то и риск возникновения данной чрезвычайной ситуации будет увеличиваться.

Стоит отметить, что в подавляющем большинстве случаев все железнодорожные переезды оборудованы всем необходимым техническим комплексом мер безопасности с учетом требований как правил дорожного движения, так и правил транспортной безопасности на железных дорогах. Но исключить полностью данные аварии невозможно, поэтому очень важно научиться правильно их ликвидировать. Для успешной ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий необходимо задействование различных аварийных служб и организаций, главными из них являются:

- сотрудники Белорусской железной дороги;
- сотрудники государственной автомобильной инспекции;
- подразделения министерства по чрезвычайным ситуациям;
- медицинский персонал скорой помощи министерства здравоохранения;
- другие организации, при необходимости сотрудничества в соответствии с их компетенциями и функциями.



Для координации действий между этими службами и организациями разработаны инструкции взаимодействия, которые позволяют определить зоны ответственности и перечень проводимых мероприятий и работ. Которые корректируются и дополняются не реже 5 лет. Однако стоит отметить, что при проведении ликвидации аварий данного вида есть сложности в установлении связи между этими службами и организациями, поскольку радиосвязь у всех различная и по частотам, и по техническим средствам, обеспечивающим эту связь. Поэтому координацию действий необходимо проводить с учетом установления других видов связи, с использованием других технических средств и приемов организации связи взаимодействия:

- мобильная связь;
- связь через сеть интернет;
- громкоговорители различного рода;
- передача устных и письменных указаний и распоряжений через связных;
- личное общение представителей служб и организаций;
- иные средства связи, пригодные для передачи информации.

При поступлении сообщения о дорожно-транспортном происшествии на железнодорожном переезде диспетчер центра оперативного управления министерства по чрезвычайным ситуациям отправляет силы и средства к месту ЧС, при этом уточняется количество и вид транспортных средств, которые стали участником аварии, наличие пострадавших, их количество и степень повреждений. Дополнительно уточняется место дорожно-транспортного происшествия с привязкой к близлежащим населенным пунктам, автомобильным дорогам, либо природным объектам (река, озеро, лесной массив, поле и т.д.). В дальнейшем, когда силы и средства уже движутся к месту ЧС эта информация может дополняться и уточняться.

По прибытию к месту аварии старшее должностное лицо МЧС организует взаимодействие с другими службами и организациями, производит оценку обстановки, организует разведку для сбора информации по количеству автомобильного и железнодорожного транспорта, участвующего в дорожно-транспортном происшествии. Уточняется количество и степень повреждений у людей. Вся собранная информация передается диспетчеру в центр оперативного управления. При необходимости вызываются дополнительные силы и техника. После чего личный состав подразделений МЧС приступает к ликвидации последствий дорожно-транспортного происшествия, совместно с сотрудниками Белорусской железной дороги и представителями государственной автомобильной инспекции. А также при помощи аварийно-спасательного оборудования деблокирует пострадавших из транспорта как автомобильного, так и железнодорожного с последующей эвакуацией людей в транспорт скорой медицинской помощи. При этом в период проведения ликвидации последствий аварии сотрудники МЧС обеспечивают пожарную безопасность в зоне работ всех служб и организаций, для недопущения возгораний транспорта всех видов.

Таким образом, можно сделать заключение, что ликвидация последствий дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах в кратчайшие сроки и с минимальным ущербом может быть достигнута, не только высокой выучкой и оснащённостью отдельно каждой службы, задействованной на чрезвычайной ситуации, но и слаженным взаимодействием всех этих служб и организаций, участвующих в проведении аварийно-спасательных работ. При этом особое внимание стоит обратить на налаживания связи между данными службами и организациями, для оперативного управления, информирования и дальнейшей координации действий всех субъектов ликвидации чрезвычайной ситуации.

#### Список литературы

1 Правила дорожного движения в республике Беларусь : Указ Президента Республики Беларусь 28.11.2005 №551 в редакции от 30.12.2019 № 492, глава 16.

2 Об утверждении Боевого устава органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по организации тушения пожаров : Приказ Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 04 января 2021 г. № 1, глава 9, п.-п. 265–268.

3 Правила безопасности в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям», глава 9 : Приказ Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 16 июня 2022 г. № 200.

4 Инструкция взаимодействия Министерства транспорта и коммуникаций республики Беларусь и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

## СОДЕРЖАНИЕ

Приветствия участникам конференции .....	3
<b>6 НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</b>	
<i>Алимухамедов Ш. П., Турсунов Н. К., Тоиров О. Т.</i> Неметаллические включения в сталях, обработанных редкоземельными металлами. ....	4
<i>Атрошко Е. К., Дралова И. П.</i> Геодезические методы определения осадок и деформаций инженерных сооружений.....	6
<i>Ачаповская О. Н.</i> Реконструкция общественных зданий с перепрофилированием.....	8
<i>Белокобылова А. Б., Королёв С. Д., Яшина Т. В.</i> Анализ технологических особенностей использования сэндвич-панелей при строительстве зданий и сооружений на транспорте.....	9
<i>Белоусова Г. Н.</i> Строительство и санация городских трубопроводов с позиции технической безопасности городской среды.....	11
<i>Беспалова М. В., Индрилюнас А. Б.</i> Эксплуатационные дефекты плиточного покрытия.....	13
<i>Бобрицкий С. М.</i> Оценка надежности сварных соединений в жестких поперечинах балочного типа при использовании в пешеходных мостах.....	15
<i>Бодяко О. А.</i> Комплексное благоустройство городских территорий.....	17
<i>Бондаренко В. О., Шимановский А. О.</i> Изменение механических характеристик железобетонных конструкций вследствие коррозионного износа защитного слоя бетона.....	19
<i>Васильев А. А.</i> Экономический эффект использования химического анализа бетона.....	21
<i>Велюгина Н. Е.</i> Перспективные направления озеленения крупных городов.....	23
<i>Гегедеш М. Г., Комаровский Н. В.</i> Особенности эксплуатации и прогнозирования состояния элементов железнодорожной инфраструктуры под действием динамических нагрузок.....	25
<i>Евстратенко А. В., Болдуева Л. Н., Дорофеев Я. С., Макаренко П. А.,</i> Формирование доступной среды для людей с ограничениями зрения в Беларуси: проблемы и пути решения.....	27
<i>Зиямухамедова У. А., Турсунов Н. К., Мирадуллаева Г. Б., Нафасов Ж. Х.</i> Влияния механохимической активации на морфологию наполнителей полимерных материалов.....	29
<i>Карамышев А. А.</i> Архитектура как текст в концепции структурного подхода семантики цвета визуальной среды города.....	31
<i>Коваленко В. Н.</i> Об интегральном критерии оценки элементов водопроводных сетей.....	33
<i>Козунова О. В., Пусенков А. Г.</i> Учет влияния сил сцепления в контактной зоне балочных плит на клиновидном основании.....	35
<i>Кондрашкова А. Е., Шафиева Ю. В.</i> Сравнительный анализ материалов заполнителей современных сэндвич-панелей.....	37
<i>Коновалова О. Н.</i> Обеспечение объектов транспортной инфраструктуры средствами доступности для физически ослабленных лиц.....	39
<i>Котов Ю. Н.</i> Пространственная контактная деформация круглой пластинки при условии равенства её некоторых перемещений.....	40
<i>Кучкоров Л. А., Турсунов Н. К., Тоиров О. Т.</i> Механические характеристики песчано-глинистых смесей для стальных отливок.....	42
<i>Михалко А. М., Щеглова А. В.</i> Универсальный дизайн в области создания безбарьерной среды в жилой застройке.....	44
<i>Москалькова Ю. Г., Ржевуцкая В. А.</i> Технология приготовления керамзитобетонной смеси с пропиленовой фиброй.....	46
<i>Павлович И. В.</i> Основные проблемы при строительстве и реконструкции канализационных очистных сооружений и пути их решения.....	48
<i>Пацкевич А. В.</i> Историческая роль творческого инженерного мышления в обеспечении безопасности жизнедеятельности.....	50
<i>Праведная М. А., Яшина Т. В.</i> О производстве железобетонных изделий для транспортного строительства с применением гелионагревателей.....	52
<i>Савастенко В. А.</i> Радиационная безопасность при использовании отходов Гомельского химического завода в строительном производстве.....	54
<i>Седун Е. В., Доля В. А., Васильев А. А.</i> Анализ существующих подходов оценки остаточного ресурса зданий и сооружений.....	56

<i>Селюжицкая А. П.</i> Инновационные способы замены трубопроводов .....	57
<i>Сирош К. А.</i> Расчет ортотропных плит в регулярной системе на упругом основании .....	59
<i>Талецкий В. В., Черняк А. В.</i> Определение ширины раскрытия трещин изгибаемых железобетонных элементов .....	61
<i>Талецкий В. В., Чурун Е. Д.</i> Расчет несущей способности свай разными методами .....	63
<i>Ташикинов А. Г.</i> Оптимизация расходов тепловой энергии при производстве сборных бетонных и железобетонных изделий.....	64
<i>Тимошков В. Ф.</i> Технология управления рисками как метод повышения пожарной безопасности объекта ..	66
<i>Титкова Т. С.</i> Модернизация общего читального зала Гомельской областной универсальной библиотеки имени В. И. Ленина .....	67
<i>Ткачева М. И., Кабышева Ю. А., Леонов Н. К., Васильев А. А.</i> Исследование времени предельного коррозионного повреждения стальной арматуры в карбонизированном бетоне .....	69
<i>Турсунов Н. К., Алимухамедов Ш. П., Тоиров Т. О.</i> Проблема рафинирования металла и технические решения по формированию активного шлака в индукционных печах.....	71
<i>Турсунов Н. К., Турсунов Т. М., Алимухамедов Ш. П., Уразбаев Т. Т.</i> Обоснование мощности индукционных тигельных печей .....	73
<i>Турсунов Н. К., Алимухамедов Ш. П., Тоиров Т. О., Кучкоров Л. К.</i> Процесс удаление фосфора из стали в индукционных тигельных печах .....	75
<i>Урицкая А. В.</i> Перспективы применения вакуумной канализации в малых населенных пунктах .....	77
<i>Филатова И. И.</i> Рекомендации по обращению с осадками сточных вод в Республике Беларусь .....	79
<i>Цыганок О. И., Кракова И. Е., Карабаев А. М.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния дорожной одежды различных категорий дорог с учетом температур на поверхности .....	81
<i>Яшина Т. В., Канцианова С. А.</i> О реконструкции и модернизации зданий в условиях пандемии .....	82

## **7 БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

<i>Аксёничков А. А., Бартошевич В. А.</i> Повышение безопасности нахождения пассажиров в Минском метрополитене. ....	84
<i>Вакуленко С. П.</i> Субъективность представлений и объективная оценка комфортного времени ожидания пассажиром транспорта. ....	86
<i>Василюк Е. В., Шуть В. Н.</i> Интеллектуальная грузовая беспилотная тележка.....	89
<i>Власюк Т. А.</i> Конкорс как вертикальная система распределения пассажиропотоков на железнодорожных вокзалах Республики Беларусь.....	90
<i>Власюк Т. А.</i> Особенности применения ретро-трамваев для повышения эффективности работы рельсового городского транспорта на примере г. Стамбула .....	92
<i>Власюк Т. А., Белоус А. Н.</i> Особенности применения туристических ретро-поездов в странах Западной Европы.....	93
<i>Власюк Т. А., Гончарова Л. А.</i> Ретроспективный анализ создания билетной системы оплаты проезда на рельсовом транспорте.....	95
<i>Власюк Т. А., Цзэн Сяньфэн.</i> Опыт Китая по применению туристических трамваев в Пекине при организации маршрутов городского рельсового транспорта.....	97
<i>Вольская И. И.</i> Основные аспекты подбора текстов при обучении РКИ в техническом вузе. ....	98
<i>Головнич А. К.</i> Пространственная локация динамической 3D-модели обслуживания пассажиров на маршрутах пересадочных узлов различных видов транспорта. ....	100
<i>Гришанкова Н. А.</i> Формирование иноязычной коммуникативной компетенции в сфере обеспечения безопасности пассажирских перевозок. ....	102
<i>Гурло К. С.</i> Выбор параметров транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта. ....	105
<i>Денисенко Д. С., Ковшар Д. М.</i> Формирование навыков управления пожарным аварийно-спасательным автомобилем посредством динамического автотренажера. ....	106
<i>Дидрих Л. А.</i> Новый уровень безопасности: идентификация личности. ....	107
<i>Калютчик С. П.</i> Новые принципы планирования технического и инвестиционного развития Белорусской железной дороги на основе системы комплексных интегральных измерителей .....	109
<i>Капский Д. В., Богданович С. В.</i> План устойчивой городской логистики симбиотических агломераций и развитие транспортных систем. ....	111
<i>Капский Д. В., Богданович С. В., Кот Е. Н.</i> Концептуальные подходы к модернизации автомобильной дороги М1/Е30 на территории Республики Беларусь. ....	113
<i>Капский Д. В., Богданович С. В., Кот Е. Н., Скирковский С. В.</i> Краткий обзор социологических опросов по проблемам восприимчивости проблемы безопасности дорожного движения и мониторинга изменения общественного сознания в разных странах.....	115

<i>Капский Д. В., Богданович С. В., Скирковский С. В.</i> Пересмотр подходов и структуры управления в области дорожного транспорта и дорожного движения с целью создания и внедрения устойчивой транспортной политики.....	117
<i>Капский Д. В., Богданович С. В., Скирковский С. В.</i> Перспективы развития городской логистики и транспортных систем.....	119
<i>Кизляк О. П., Никифорова Г. И., Сергеева Т. Г.</i> К вопросу обоснованного выбора международного транспортного коридора в современных условиях .....	121
<i>Копылова Е. В.</i> Формирование транспортной системы городской агломерации.....	125
<i>Лабунский Л. С.</i> «Умная» опора освещения пассажирских платформ.....	128
<i>Левчук А. А., Шуть В. Н.</i> Система управления маршрутными такси .....	129
<i>Леонова С. А.</i> Обеспечение безопасности на городском общественном транспорте. ....	131
<i>Лыгановский Д. В.</i> Безопасность пассажиров на объектах железной дороги. ....	133
<i>Любченко Н. А., Кулаженко Н. В., Липская М. Н.</i> Дистанционное обучение как инновационное направление при формировании профессиональной компетенции. ....	135
<i>Марченко М. А., Покровская О. Д.</i> Совершенствование алгоритма определения пропускной способности на железнодорожных линиях с непараллельным графиком движения .....	136
<i>Михальченко А. А.</i> Современные принципы организации пассажирских перевозок .....	139
<i>Михальченко А. А., Ходоскина О. А.</i> Обеспечение безопасности логистики пассажирских перевозок .....	141
<i>Пазойский Ю. О., Абдуллаев И. С.</i> Применение технологических мероприятий в проектировании объектов строительства железнодорожной инфраструктуры. ....	143
<i>Падерина Д. В., Куликова М. А.</i> Комфорт перевозочного процесса нового времени на примере модернизации инфраструктуры железнодорожной платформы пригородного сообщения.....	147
<i>Синицина В. В.</i> Оптимальные устройства для предоставления возможности машинистам с аномалиями цветового зрения осуществлять безопасные пассажирские железнодорожные перевозки.....	148
<i>Ульяницкая В. И.</i> «Поведенческие реакции» пассажира и как это связано с жалобами.....	150
<i>Шманёв Т. М., Ульяницкая В. И.</i> Организация поточного следования пассажиров на основе принципа «сухие ноги». ....	153
<i>Шуть В. Н., Швецова Е. В.</i> Конвейерно-кассетная технология городских пассажирских перевозок. ....	155

## **8 ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

<i>Абдукадиров Ф. Э., Хожмахматов С. Ш.</i> Об упругопластическом изгибе тонких пластин и стержней при однократном и переменном нагружении. ....	157
<i>Абдусаттаров А., Рузиева Н. Б.</i> Расчетные модели и решения задач подземных трубопроводов при циклических нагрузках с учетом взаимодействия и повреждаемости материалов.....	159
<i>Абдусаттаров А., Сабиров Н. Х.</i> Моделирование расчета деформирования цилиндрических оболочечных конструкций при различных видах нагружений .....	162
<i>Астапов А. Н., Погодин В. А., Тарасова А. Н., Рабинский Л. Н.</i> Состояние вопроса в области исследования каталитических свойств материалов при взаимодействии со скоростными потоками газов.....	165
<i>Бабайцев А. В., Зайцев А. А., Фозилов Т. Т., Лопатин С. С.</i> Снижение усталостной деформации кузова за счёт применения алюмокомпозитов (GLARE) и других слоистых пластиков.....	166
<i>Бабайцев А. В., Чан Куэт Тханг, Нгуен Туан Лонг.</i> Метод определения динамических характеристик СИАЛов.....	167
<i>Бабайцев А. В., Шумская С. А., Егорова М. С.</i> Оценка влияния технологических параметров на напряженно-деформируемое состояние изделий, полученных по технологии селективного лазерного сплавления.....	168
<i>Большаков Р. С., Каргапольцев С. К.</i> Особенности безопасного функционирования технических объектов	169
<i>Боршевецкий С. А., Локтева Н. А.</i> Определение расположения дополнительных опор для прямоугольной пластины Тимошенко при воздействии сосредоточенной нагрузки. ....	171
<i>Вахтерова Я. А., Федотенков Г. В.</i> Интегральные уравнения Вольтерра в обратных задачах механики стержней.....	172
<i>Во Ван Дай, Локтева Н. А.</i> Взаимодействие однородной преграды, закрепленной произвольным образом, с плоской гармонической волной в грунте. ....	174
<i>Геливер О. Г., Ляхов С. В., Козлов В. В.</i> Развитие логистической системы Республики Беларусь .....	175
<i>Горохова М. В.</i> Исследование влияния сквозных осевых дефектов на статическую прочность трубопроводов. ....	177
<i>Горохова М. В., Созинов С. В.</i> Экспериментальное исследование влияния степени деформации на параметры усталостного разрушения материалов при изгибе.....	179
<i>Гундина М. А., Каменко Д. А.</i> Метод обнаружения аномалий, основанный на сингулярном разложении матрицы.....	180

<i>Дедова Д. В., Медведский А. Л., Мартыросов М. И.</i> Динамика трехслойных панелей с сотовым наполнителем при наличии повреждений.....	181
<i>Зверев Н. А., Земсков А. В.</i> Моделирование механодиффузионных процессов в полых цилиндрических телах методом эквивалентных граничных условий.....	183
<i>Земсков А. В., Тарлаковский Д. В.</i> Нестационарная механодиффузия пластины Тимошенко под действием распределенной поверхностной нагрузки.....	185
<i>Казаков Ю. С., Тарлаковский Д. В.</i> Нестационарный контакт выпуклого ударника и упругой полуплоскости с учетом трения в первом приближении.....	187
<i>Капустин А. Г., Махов А. В.</i> Использование интерактивной программы MatLab для моделирования и диагностики транспортных систем.....	188
<i>Каримов А. М.</i> Некоторые динамические задачи упругих волокнистых композитов периодической структуры.....	190
<i>Киргинцева С. В., Можаровский В. В.</i> Реализация математической модели расчета изгибных поперечных колебаний трубопровода из композита.....	192
<i>Киргинцева С. В., Можаровский В. В., Кузьменков Д. С.</i> Асимптотический расчет параметров контакта индентора с покрытием на изотропном основании.....	194
<i>Козел А. Г.</i> Термоупругопластический изгиб трехслойной круговой пластины на двухпараметрическом основании.....	195
<i>Козловский Е. Я., Журавков М. А.</i> Исследование пространственной неоднородности свойств ползучести массива горных пород в окрестности подземного сооружения.....	196
<i>Коровайцева Е. А.</i> Особенности поведения высокоэластичных оболочек вращения различных канонических форм меридиана при статическом деформировании.....	198
<i>Кривень Г. И., Орехов А. А.</i> Анализ демпфирующих свойств вискеризованного слоя в волокнистых композиционных материалах.....	200
<i>Кузнецова Ек. Л.</i> Методология численного решения обратных задач для уравнений параболического типа.....	201
<i>Кулаженко Ю. И.</i> Самосовмещение элементов $n$ -арных групп и последовательности из четырех векторов.....	201
<i>Лачугина Е. А.</i> Задача о свободных колебаниях пятислойной круговой пластины.....	202
<i>Леоненко Д. В.</i> Тепловое нагружение круговой сэндвич-пластины ступенчато-переменной толщины.....	204
<i>Локтева Н. А., Сердюк Д. О., Скопинцев П. Д.</i> Метод компенсирующих нагрузок для исследования нестационарных возмущений в анизотропных цилиндрических оболочках с локальными шарнирными опорами.....	205
<i>Маловецкая Е. В., Мозалевская А. К.</i> Оценка влияния неравномерностей на перевозочный процесс.....	207
<i>Маркова М. В.</i> Механико-математическая модель деформирования трёхслойной пластины ступенчато-переменной толщины при восприятии многократно-повторной нагрузки.....	209
<i>Матуляк А. И., Астапов А. Н., Сукманов И. В., Тарасова А. Н., Терентьева В. С.</i> Реакционный синтез жаростойких покрытий для защиты от окисления жаропрочных материалов на основе углерода.....	211
<i>Медведский А. Л., Мартыросов М. И., Дедова Д. В.</i> Численное исследование деформирования и разрушения трехслойных панелей с наполнителем из стеклосотопласта при наличии дефектов под динамическим воздействием.....	212
<i>Медведский А. Л., Мартыросов М. И., Хомченко А. В.</i> Поведение элементов конструкций из углепластика с множественными межслоевыми дефектами произвольной формы.....	214
<i>Михайлова Е. Ю., Федотенков Г. В.</i> Удар абсолютно твердого тела по пластине типа Тимошенко.....	216
<i>Михайлова Е. Ю., Федотенков Г. В.</i> Удар абсолютно твердого тела по полупространству с покрытием в виде упругого слоя.....	218
<i>Михайлова Е. Ю., Федотенков Г. В.</i> Удар абсолютно твердого тела по системе «полупространство – пластина типа Тимошенко».....	220
<i>Михальченко А. А., Невзорова А. Б.</i> Исследование на разрыв пластика ПЭТ-бутылок и его переработка для производства филаментов для 3D-печати.....	222
<i>Могилевич Л. И., Попова Е. В.</i> Волны в упругой оболочке с дробной физической нелинейностью, окруженной упругой средой и содержащей вязкую несжимаемую жидкость.....	223
<i>Москалева М. В.</i> Реализация программы определения координат характерных точек зацепления зубьев из композитов в зубчатой передаче.....	225
<i>Нестерович А. В.</i> Сравнительный анализ деформирования круглой трехслойной пластины при различных видах нагрузок в своей плоскости.....	227
<i>Николайчик М. А., Журавков М. А.</i> Математическое моделирование состояния ответственных элементов шахтного подъемного комплекса.....	228
<i>Новиков С. П., Голович А. К.</i> Математическая модель скатывания простейших имитаций вагона с поверхности сортировочной горки.....	230
<i>Оконечников А. С., Федотенков Г. В., Феоктистова Е. С.</i> О влиянии адгезии на нестационарный контакт жесткого штампа с мембраной.....	232

<i>Орехов А. А., Рабинский Л. Н., Федотенков Г. В.</i> Кондуктивный теплоперенос в материалах под воздействием интенсивных тепловых потоков .....	233
<i>Плескачевский Ю. М.</i> Развитие механики в Беларуси: определяющие факторы .....	233
<i>Попов В. С., Попова А. А.</i> Моделирование взаимодействия вибрирующего цилиндра, образующего стенку кольцевого канала, с торцевым уплотнением данного канала .....	235
<i>Потапов В. А., Мамойко А. В.</i> Контроль эрозионного износа лопаток вертолетного газотурбинного двигателя по его газодинамическим параметрам .....	237
<i>Пронина П. Ф., Бабайцев А. В., Вятлев А. П.</i> Экранно-вакуумная теплоизоляция для космических аппаратов ....	238
<i>Пшеничников С. Г.</i> Метод спектрального разложения в задачах о переходных волновых процессах в вязкоупругих телах .....	239
<i>Пшеничников Ю. А.</i> Инструментальная оценка теплового потока через тормозной элемент .....	241
<i>Рабинский Л. Н.</i> Исследование влияния параметров технологических режимов и дефектов структуры на механические характеристики материалов, получаемых с использованием технологии послойного лазерного синтеза .....	243
<i>Рабинский Л. Н., Шестеркин П. С.</i> Численное моделирование демпфирующих покрытий .....	244
<i>Расулмухамедов М. М., Абдусаттаров А., Мирзаева З. М.</i> Исследование НДС прямоугольного параллелепипеда за пределами упругости .....	244
<i>Салицкий В. С.</i> Деформирование круговой пятислойной пластины, симметричной по толщине .....	246
<i>Самосудова Я. С.</i> Способы предотвращения коррозии на железнодорожном транспорте .....	248
<i>Сердюк А. О., Сердюк Д. О., Федотенков Г. В.</i> Сопоставление фундаментальных решений для анизотропных пластин большой протяженности в рамках моделей Кирхгофа и Тимошенко .....	250
<i>Сертичева Е. В., Федотенков Г. В.</i> Нестационарные термодинамические процессы в трёхслойных стержнях .....	252
<i>Сирожиддинов З.</i> Применение вероятностных методов к расчету несущей способности свайных фундаментов и оценки их надежности .....	253
<i>Старовойтов Э. И., Тарлаковский Д. В., Федотенков Г. В.</i> Изгиб трехслойной круговой упругопластической пластины кольцевой нагрузкой в температурном поле .....	255
<i>Старовойтов Э. И., Яровая А. В., Абдусаттаров А.</i> Циклический изгиб трехслойных пластин в температурном поле .....	257
<i>Сукманов И. В., Погодин В. А., Астапов А. Н., Диденко А. А., Матуляк А. И.</i> Исследование окислительной стойкости УККМ в скоростном потоке воздушной плазмы .....	258
<i>Супруновский А. В., Большаков Р. С., Мозалевская А. К.</i> Построение имитационных моделей объектов инфраструктуры перевозочных процессов .....	260
<i>Тарлаковский Д. В., Май Куок Чиен.</i> Начально-краевые задачи для моментных упругих пластин .....	262
<i>Трацевская Е. Ю.</i> Динамические свойства грунтов в резонансной зоне .....	263
<i>Тушавина О. В.</i> Сопряженный теплообмен при его обтекании высокоскоростным диссоциирующим потоком газа .....	265
<i>Фан Тунг Шон, Федотенков Г. В.</i> Нестационарные колебания пластин произвольной формы .....	266
<i>Черноус Д. А., Коднянко Е. В.</i> Асимптотическое решение контактной задачи для катящегося колеса с тонким упругим ободом .....	267
<i>Черняк А. В.</i> Уравнения равновесия трехслойной круговой пластины с переменными толщинами несущих слоев .....	269
<i>Шафиева Ю. В.</i> Трехслойная круговая пластина со сжимаемым наполнителем в температурном поле .....	271
<i>Шилько С. В., Дробыш Т. В., Сазанков А. П.</i> Закономерности термического расширения АБС и АБС/ПММА-пластиков после ускоренных климатических испытаний .....	273
<i>Шилько С. В., Столяров А. И.</i> Расчет параметров теплопередачи металл-алмазных композитов как фактора надежности электронных приборов .....	275
<i>Юхновская О. В., Гундина М. А.</i> Реализация некоторых алгоритмов шифрования в Wolfram Mathematica ...	277

## **9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

<i>Арсентьева Я. И.</i> Безопасность транспортно-логистического обеспечения разработки месторождений Севера .	279
<i>Берёза Н. С.</i> Обеспечение безопасности транспортной инфраструктуры на трассе Северного морского пути .....	281
<i>Быченко О. В., Быченко О. Г.</i> Построение интеллектуального интерфейса бизнес-аналитика на базе многоагентной архитектуры .....	283
<i>Быченко О. Г., Быченко О. В.</i> Экономическая стратегия и экономическая политика – основа экономической безопасности .....	284
<i>Виниченко В. А.</i> Обеспечение экономической безопасности на транспорте через устранение диспропорций на рынке труда .....	286

<i>Волов В. Т.</i> Фрактально-кластерная теория и технология устойчивого управления ресурсами в социально-экономических системах .....	288
<i>Галкина И. В.</i> Товаропроводящая сеть как способ продвижения экспорта товаров отечественного производства.....	289
<i>Гизатуллина В. Г.</i> Экономическая безопасность железной дороги: понятия и инструменты управления .....	291
<i>Градович Ю. А.</i> Проблемы внедрения безэкипажного судовождения .....	293
<i>Демьянов А. А.</i> Основные подходы к обеспечению экономической безопасности хозяйствующих субъектов ..	295
<i>Еловой И. А., Литовш М. А., Крайникова П. Ю.</i> Основные положения развития терминалов железнодорожного транспорта общего пользования.....	299
<i>Ефремова Е. Н., Ефремов Я. В.</i> Экономические риски цифровизации транспортного сектора.....	301
<i>Жизалов В. Л., Осипенко Л. В.</i> Вагонная составляющая тарифа на перевозку груза в вагоне перевозчика в современных условиях.....	303
<i>Karavashkina R. I., Guro-Frolova Y. R.</i> The problems of working time usage and transport security provision .....	305
<i>Кекиш Н. А.</i> Основные стратегические задачи железнодорожного транспорта при адаптации к массовой контейнеризации грузопотока.....	307
<i>Колесников А. А.</i> Оптимизация льгот по уплате таможенных платежей как инструмент модернизации транспортного комплекса Республики Беларусь.....	309
<i>Колос М. М.</i> Перспективы совершенствования работы терминального комплекса Белорусской железной дороги.....	311
<i>Колос М. М., Хмелев С. В.</i> Расчет скидки с экспедиторского вознаграждения при увеличении объема перевозки груза.....	313
<i>Коришева О. В.</i> Анализ влияния современного состояния геополитики и экономики на железнодорожную отрасль в аспекте экономической безопасности .....	315
<i>Кравченко А. В.</i> Управление дебиторской задолженностью в системе железнодорожного транспорта .....	317
<i>Кравченко А. В., Старовойтова А. М.</i> Основные аспекты оценки состояния и экономической безопасности организации.....	318
<i>Крутова Н. А., Крутов А. Н., Иванчина О. В.</i> Обеспечение экономической безопасности в условиях введения санкций.....	320
<i>Куренков П. В., Захаров А. А.</i> Полимодальная логистика участия Днепроградской флотилии в Великой Отечественной войне.....	322
<i>Куренков П. В., Захаров А. А., Хачатрян С. Э.</i> Проблемы международной логистики в разрезе военно-политического кризиса и пути их решения.....	324
<i>Куренков П. В., Солон И. А., Чеботарева Е. А.</i> Безопасность транспортно-логистических услуг при контейнерных перевозках на Юге России .....	326
<i>Липатова О. В., Горленко Е. И., Желудкович Т. И.</i> Развитие системы управления на железнодорожном транспорте на основе процессного подхода .....	328
<i>Мельник Т. С., Христофор О. В.</i> Оптимизация производственных запасов на железнодорожном транспорте в условиях ограниченного финансирования .....	330
<i>Митренкова А. В.</i> Система управления МТО железных дорог .....	332
<i>Недбай Я. В.</i> Экономические ограничения на транспорте .....	333
<i>Петров-Рудаковский А. П.</i> Роль транспорта в различных сферах экономической безопасности государства .....	335
<i>Пищик В. Г.</i> Адаптивные логистические схемы перевозки грузов критического импорта как фактор обеспечения экономической безопасности страны .....	337
<i>Пономаренко П. Г.</i> Налоговый механизм обеспечения финансовой безопасности транспортных предприятий... ..	339
<i>Постникова К. К., Лисюкова Е. В.</i> Потенциальные угрозы экономической безопасности на железнодорожном транспорте .....	341
<i>Потёмкина Т. Г.</i> Процесс управления цепями поставок в строительном комплексе Республики Беларусь ..	343
<i>Потылкин Е. Н., Малиновский Е. В., Петрачков С. А.</i> Расчет оптимальной загрузки обслуживающих устройств на путях необщего пользования.....	345
<i>Рязанцева Н. В., Жидкова Е. А., Стрилец В. Н.</i> Проблемы автоматизации процесса определения объема древесины для деревообрабатывающего предприятия .....	346
<i>Сарычева С. А., Надежкин В. А.</i> Особенности обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта .....	348
<i>Сидорова Л. Г.</i> Понятие и перспективы внедрения биометрических технологий как механизма реализации концепции клиентоориентированности .....	350
<i>Сироткин А. А., Трещева А. А.</i> Факторный анализ целесообразности создания объектов логистической инфраструктуры в Самарской области.....	352
<i>Сладкевич А. Н., Еловой И. А.</i> Теоретические основы определения уровня экспедиторского вознаграждения за оказанные услуги .....	354

<i>Соколов Ю. И., Межох З. П., Корнишева О. В.</i> Анализ тенденций в деятельности железнодорожной отрасли в период трансформации логистических цепочек .....	357
<i>Федива Н. С., Желудкович Т. И., Фроленкова Е. О.</i> Совершенствование системы учетно-аналитического обеспечения управления бизнес-процессами в локомотивном хозяйстве .....	359
<i>Ходоскина О. А., Черневская А. В.</i> Экономический аспект применения элементов цифрового двойника на предприятиях Белорусской железной дороги .....	360
<i>Hon He., Dewei Li.</i> Research on comprehensive optimization of train marshalling and parking scheme of Inter-city Railway Based on operation cost.....	362
<i>Хорошевич, А. А.</i> Специфика обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта в новых геополитических условиях.....	365
<i>Чуясова Т. А.</i> Материально-техническое обеспечение предприятий Белорусской железной дороги .....	367
<i>Шатров С. Л., Писарева А. С., Даниленко А. В.</i> Формирование системы контроллинга в организациях железнодорожного транспорта .....	369
<i>Шатров С. Л., Хохлякова Т. С., Жигалов В. Л.</i> Экономическая безопасность в контексте транспортной безопасности Республики Беларусь.....	371
<i>Шорец Т. В.</i> Аудит информационных технологий в обеспечении экономической безопасности на транспорте .....	373
<i>Щепеткова К. А., Веселова Ю. В.</i> Концепция обеспечения экономической безопасности транспортного предприятия .....	375
<i>Яшкова Н. В.</i> Роль транспорта в обеспечении экономической безопасности региона.....	377

## **10 ТРАНСПОРТНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ УГРОЗЕ И ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

<i>Агеев А. В.</i> Подход Российской Федерации к обеспечению транспортной безопасности объектов транспортной инфраструктуры от актов незаконного вмешательства .....	380
<i>Бобрицкий С. М., Латун М. В.</i> Сравнительная характеристика эффективности прерывистых и сплошных сварных швов .....	383
<i>Гриневич У. В., Беляев Д. А.</i> Основные угрозы авиационной безопасности .....	385
<i>Демидов П. Г.</i> Планирование воинских перевозок с использованием геоинформационных технологий .....	387
<i>Демидович И. С., Петрусевич В. В.</i> Анализ конструкции светодиодных светильников для освещения строительных площадок .....	388
<i>Деченко Д. А.</i> Безопасность транспортных систем .....	390
<i>Довнар Н. М.</i> Безопасность пассажирских перевозок.....	392
<i>Ефимчик К. В., Кудина Е. Ф.</i> Применение шпал из полимерных композиционных материалов в целях обеспечения безопасности движения поездов .....	393
<i>Закрута М. С., Шаталова В. В.</i> Локализация и ликвидация чрезвычайных ситуаций при перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом .....	395
<i>Звёздкин Н. М., Ворепо В. Н., Булыбенко В. А.</i> Социальная реклама на транспорте как фактор профилактики экстремизма .....	398
<i>Иванов С. В., Ковшар Д. М.</i> Страховочные устройства для выдвижных трехколенных и автомобильных лестниц .....	399
<i>Карпенко Д. П.</i> Ликвидация пожаров в подвижном железнодорожном транспорте .....	401
<i>Кацубо П. А., Печенев Е. В., Жогаль Б. А.</i> Конструктивные особенности понтонного парка ПП-2005М .....	402
<i>Кирик С. В., Бобрицкий С. М., Печенев Е. В.</i> Анализ средств крепления военной техники при перевозке железнодорожным транспортом .....	403
<i>Кононов И. И., Сосевич Н. М.</i> Обеспечение защиты объектов транспортной инфраструктуры от актов незаконного вмешательства .....	405
<i>Короткевич С. Г., Ковтун В. А.</i> Особенности эксплуатации цистерн прямоугольного сечения пожарных автомобилей в Республике Беларусь .....	407
<i>Кошелев С. А.</i> Информационная и функциональная безопасность систем автоматики .....	409
<i>Крот А. А.</i> Информирование об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайной ситуации на объектах железной дороги.....	410
<i>Крупский А. А.</i> Аварии на железнодорожном транспорте.....	412
<i>Лудов А. А., Анисовец К. В.</i> Обеспечение безопасности транспортных перевозок в условиях угрозы возникновения массовых беспорядков .....	412
<i>Муравейко П. Н., Баньковский А. Л.</i> Концепция национальной безопасности Республики Беларусь: ключевые направления совершенствования .....	414
<i>Пасовец В. Н., Ковтун В. А., Тагиев Ш.</i> Пожарная опасность современного автомобиля.....	416



<i>Поддубный А. А., Гордон В. А.</i> Определение усилий в стержнях ферм при максимальной нагрузке моста через реку Горынь в случае обрыва вант .....	418
<i>Пожарицкий А. Н., Маринич В. В., Коваленко Ю. А.</i> Чрезвычайные ситуации техногенного и экологического характера на транспорте .....	419
<i>Петрусевич В. В., Кацубо П. А.</i> Анализ технических характеристик беспилотных авиационных комплексов для проведения технической разведки последствий чрезвычайной ситуации на железной дороге ....	421
<i>Родина Н. С.</i> Влияние температуры воздуха на массу утонувшей нефти .....	423
<i>Сивков Ю. В., Шулегин А. Ю.</i> Безопасность транспортировки метанола на газопромысловые объекты .....	425
<i>Судакова О. В.</i> Транспортная безопасность на железнодорожном транспорте: проблемы правового регулирования .....	426
<i>Томашов В. В.</i> Анализ использования бортовых телематических устройств и датчиков при перевозке опасных грузов .....	429
<i>Шамкин Д. В., Марданов А. В., Малашков Д. В.</i> Последствия и последовательность действий при авариях на железнодорожном и автомобильном транспорте .....	431
<i>Шипилёв А. С., Петрусевич В. В., Шутов Я. В.</i> Применение системы пространственного сканирования состояния искусственных сооружений в противодействии терроризму .....	433
<i>Шутов Я. В., Шипилёв А. С.</i> Применение беспилотных летательных аппаратов в современных военных конфликтах в контексте защиты, охраны и обороны искусственных сооружений и транспортных коммуникаций .....	434
<i>Якунин Д. В.</i> Особенности восстановления автомобильных и железнодорожных мостов .....	436
<i>Ярец В. А.</i> Ликвидация последствий дорожно-транспортных происшествий с участием железнодорожного транспорта .....	438

Научно-практическое издание

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ**

Материалы XII Международной научно-практической конференции,  
посвященной 160-летию Белорусской железной дороги  
(Гомель, 24–25 ноября 2022 г.)

Часть 2

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*  
Корректоры: *Т. М. Маруняк, А. А. Павлюченкова,*  
Компьютерная верстка – *С. В. Ужанкова, Е. И. Кудрявская*

Подписано в печать 22.11.2022 г. Формат 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 52,08. Уч.-изд. л. 49,26. Тираж 80 экз.  
Зак. №. 2544. Изд. № 52.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель

ISBN 978-985-891-071-6



9 789858 910716