

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

# ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

МАТЕРИАЛЫ  
IX МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Часть 2

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2019

УДК 656.2.08  
ББК 39.28  
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, Д. И. Бочкарёв, Т. А. Власюк, И. А. Еловой, Д. В. Леоненко,**  
**В. Я. Негрей, В. М. Овчинников, А. В. Путяго, А. О. Шимановский**

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор **М. Б. Кельрих**  
(Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев);  
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 IX Междунар.**  
**П78 науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. 2 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Бела-**  
**русь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулажен-**  
**ко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 355 с.**  
**ISBN 978-985-554-880-6 (ч. 2)**

Рассматриваются теоретические и организационно-технические основы обеспечения безопасности транспортных систем; пути повышения надежности подвижного состава железнодорожного транспорта; вопросы безопасности транспортной инфраструктуры, систем автоматизации, телемеханики и связи; экологической, энергетической и экономической безопасности на транспорте; надежности и безопасности конструкций, зданий и сооружений; безопасности пассажирских перевозок; физики, механики и математики в обеспечении безопасности транспортных систем.

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

**УДК 656.2.08**  
**ББК 39.28**

**ISBN 978-985-554-880-6 (ч. 2)**  
**ISBN 978-985-554-879-0**

© Оформление. БелГУТ, 2019

## **УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!**

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

*Обеспечение безопасности перевозочного процесса всегда являлось приоритетной задачей транспортного комплекса. Для ее решения необходимо сотрудничество ученых и специалистов в различных областях деятельности. Программа конференции направлена на обсуждение широкого круга вопросов по безопасности транспортных систем, пассажирских перевозок, надежности подвижного состава, систем автоматики, телемеханики и связи, транспортной инфраструктуры, строительного комплекса, экологической, энергетической и экономической безопасности, фундаментальным научным исследованиям в области безопасности транспортных систем, что позволит найти комплексные, эффективные решения сложнейших задач в области безопасности на транспорте.*

*Данное мероприятие является хорошей возможностью ознакомить участников с научными достижениями, передовыми производственными технологиями, а также установить новые научно-производственные связи с учеными и специалистами из разных стран.*

*Наша конференция традиционно проводится при поддержке Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Белорусской железной дороги. Безусловно, такое сотрудничество, активный диалог между наукой и производством по проблемам безопасности, позволит сформулировать новые подходы и найти эффективные решения актуальных задач безопасности транспортного комплекса.*

*Благодарю вас за участие в работе конференции, 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 528:624.2/8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДОК ОПОР МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

*Е. К. АТРОШКО, И. П. ДРАЛОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Под постоянным давлением от массы сооружения грунты в основании его фундамента постоянно сжимаются, в результате чего происходит смещение сооружения в вертикальной плоскости, которое называют его осадкой. Кроме этого, осадку и деформацию сооружения могут вызывать ветровые нагрузки, солнечная активность, изменение уровня грунтовых вод, вибрация при работе оборудования, движение транспорта и людей на пешеходных мостах, сейсмические воздействия и другие явления. При изменении структуры пористых и рыхлых грунтов происходит быстро протекающая во времени осадка, которая называется просадкой. В том случае, когда грунты под фундаментом сооружения сжимаются неодинаково или нагрузка на грунт различная, осадка имеет неравномерный характер. Это приводит к таким видам деформации сооружений, как горизонтальное смещение, сдвиги, перекосы, прогибы, которые внешне могут проявляться в виде трещин, разломов и оползней грунтов. Если эти явления не будут своевременно обнаружены и устранены, то может возникнуть опасность разрушения сооружения.

Поэтому в период строительства и эксплуатации сооружений производится целый комплекс натуральных геодезических наблюдений, позволяющих определить величины осадок и деформации всего сооружения и его отдельных конструкций. Кроме того, по результатам геодезических наблюдений проверяется правильность проектных расчетов и выявляются закономерности, позволяющие прогнозировать процесс осадок и деформаций сооружения.

Для определения осадки сооружения способом геометрического нивелирования в характерных местах этого сооружения фиксируют точки, которые называются осадочными марками, и с помощью точного или высокоточного нивелира измеряют превышение и определяют высоты данных точек относительно одного или нескольких исходных реперов, расположенных в стороне от сооружения и принимаемых за неподвижные. Результаты этих измерений принимают за начальные. Затем через определенные промежутки времени (циклы) выполняются повторные геодезические измерения этих осадочных марок и определяются их высоты для каждого цикла.

Осадку точек сооружения на текущий момент времени относительно начального цикла наблюдений вычисляют, как разность высот осадочных марок в начальном и текущем циклах наблюдений.

Аналогично можно вычислить осадки точек за время между предыдущим и последующим циклами наблюдений. Средняя осадка всего сооружения или отдельных его частей вычисляется как среднее арифметическое из суммы осадок всех его точек. Одновременно со средней осадкой указывают наибольшую и наименьшую осадки точек сооружения. Неравномерность осадки может быть определена по разности осадок в двух точках данного сооружения. Наклон сооружения определяют как разность осадок двух точек, расположенных на противоположных краях сооружения. Величина наклона, отнесенная к расстоянию между этими точками, называется относительным креном сооружения. По результатам вычислений составляют ведомости и графики осадок, дающие наглядное представление о величине и скорости оседания марок на данном сооружении.

Используя данную методику, авторами были определены осадки опор пешеходного моста через «Лебединое озеро» в Гомельском парке культуры и отдыха. Перед началом первого цикла измерений были зафиксированы два исходных репера, расположенных вне зоны оседания на противоположных берегах озера. Высоты реперов принимались одинаковые в каждом цикле наблюдений. Для контроля этого условия между реперами в каждом цикле прокладывали нивелирный ход и измеряли превышения между этими реперами, которые оставались постоянными в пределах допустимых

невязок. Кроме исходных реперов на каждой опоре моста было зафиксировано по 10 осадочных марок (всего 20 марок), на которые устанавливались нивелирные рейки в каждом цикле наблюдений. Всего было выполнено три цикла наблюдений с интервалом между циклами один месяц.

Для пешеходного моста, возведенного на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах, погрешность определения осадки не должна превышать 3–5 мм, поэтому для нивелирования осадочных марок использовался точный нивелир с компенсатором «Sokkia-410» (КНР), погрешность измерения которого не превышает 3 мм на 1 км нивелирного хода.

Для нивелирования верхних марок на опорах моста превышения определялись непосредственно от исходных реперов. Для нивелирования осадочных марок, расположенных в нижних частях опор моста, ввиду большой крутизны откосов моста использовали по 1–3 переходные точки. Высоты осадочных марок вычислялись с контролем дважды. Первый раз через превышения, а второй раз через горизонт нивелира. По результатам вычислений составлялись ведомости высот всех осадочных марок в каждом цикле наблюдений и определялись величины осадок как разность высот одноименных марок в первом и втором циклах измерений. Величины осадок точек составили 1–3 мм, что не превышает указанного допустимого значения.

Максимальная осадка для марки № 20, расположенной в нижней части правой опоры моста, составила 4 мм, что также находится в пределах допустимой погрешности. Для определения высоты этой марки от сходного репера использовались две переходные точки, что повлияло на величину ее погрешности.

Для контроля определения осадок марок моста был выполнен третий цикл наблюдений через месяц после завершения второго цикла.

Для определения величин осадок мостового перехода вначале выполняли уравнивание нивелирного хода, который прокладывался в каждом цикле наблюдений между двумя исходными реперами на противоположных берегах озера. Для этого вычисляли суммы превышений по нивелирному ходу и определяли невязку в превышениях. Затем эту невязку распределяли, путем введения поправок вычисляли исправленные превышения и с учетом поправок вычисляли исправленные превышения и уравненные высоты реперов с таким расчетом, чтобы высоты реперов в каждом цикле наблюдений были постоянными. Затем от исходных реперов вычисляли высоты осадочных точек, расположенных на мостовом переходе.

Для этого использовали два способа определения высот точек: через превышения и через горизонт нивелира. Для тех осадочных марок, которые нельзя было определить непосредственно от исходных реперов, их высоты вычисляли с контролем через переходные точки. Такие вычисления выполнялись в каждом цикле наблюдений. По полученным высотам осадочных марок мостового перехода вычисляли их осадки как разность между высотами точек в начальном (первом) цикле измерений и текущих циклах (втором и третьем). Результаты вычислений были сведены в специальную «Ведомость определения величин осадок точек на мостовом переходе», в котором особо были отмечены точки с максимальными величинами осадок и проверки их допустимости.

Результаты измерений и вычислений показали, что высоты осадочных марок остаются в пределах точности геодезических измерений, что свидетельствует о затухании осадок опор мостового перехода. Отчет о выполнении работ по определению осадок опор мостового перехода был передан заказчику. Таким образом, геодезические наблюдения за оседанием опор мостового перехода позволили с высокой точностью выявить величины происходящих в них осадок и деформаций и принять своевременные меры по их устранению.

УДК 624.151.5

## **РЕЗЕРВЫ СНИЖЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ И ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ**

*И. В. БАРИЛОВА, Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА*

*Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь*

Удельный вес земляных работ в общем объеме строительно-монтажных работ (СМР) очень велик и может достигать 15 % по стоимости и 20 % – по трудоемкости. Резервом снижения объемов

земляных работ и стоимости СМР нулевого цикла является устройство вертикальных откосов земляных сооружений. Устройство таких откосов с помощью шпунтов различного рода позволяет создать экономию средств за счет сокращения объемов земляных работ и сокращения использования тяжелой строительной техники. Задачей данного исследования является выявление экономии денежных средств и сокращение сроков строительства при проектировании вертикальных откосов земляных сооружений с помощью шпунтовых свай из полимерных композиционных материалов. Экономия будет достигаться за счет сокращения объемов земляных работ и уменьшения периода использования тяжелой строительной техники.

Актуальность данной темы определяется тем, что в настоящее время деятельность всех предприятий направлена на экономию денежных средств и сокращение сроков строительства.

В настоящее время исследуются вопросы использования шпунтовых свай из полимерных композиционных материалов, однако основное их предназначение – это ограждение, предотвращающее движение грунта и проникновение влаги. Возможность применения данной технологии для устройства фундаментов на сегодня в достаточной степени не изучена. В связи с вышесказанным целесообразно рассмотреть перспективу использования таких свай для крепления откосов земляных сооружений с возможностью многократного применения.

Главная задача шпунтового ограждения при вертикальной разработке грунта – защита стенок котлована от оползней и осыпаний грунтов [1]. В качестве материала для шпунтового ограждения можно использовать металл, бетон, а также различного рода конструкции из полимерных композиционных материалов.

Достоинством сборных шпунтовых конструкций является их многократное использование. Однако устройство шпунта из бетона требует больших трудозатрат при малой оборачиваемости (до 3–5 циклов). Стальные шпунты по сравнению с бетонными менее трудозатратны, но подвержены коррозии, изломам и т. п. При этом бетонные и стальные шпунты характеризуются большой массой и требуют тяжелого оборудования для их транспортировки и погружения. Композитные шпунты лишены этих недостатков и имеют следующие основные преимущества [2, 3]:

- они устойчивы к перепаду температур и не подвержены коррозии;
- такие шпунты легкие, они просты при транспортировке, не требуют больших тяжелых копровых установок для погружения;
- полимерные шпунты не требуют антикоррозийной обработки.

Единственным минусом данного материала является небольшое количество эксплуатационных циклов: оборачиваемость шпунта составляет 7–18 циклов.

В целях проверки экономичности применения полимерного шпунта, а также определения возможности снижения сроков строительства был выполнен расчет затрат на устройство типового фундамента размерами в плане 2,4×2,4 м и глубиной заложения 1,35 м, возводимого в грунтовых условиях Республики Беларусь.

Для расчетов стоимости в текущих ценах и трудозатрат крепления откосов был принят шпунт композитный SP-200 стоимостью 59 руб./м<sup>2</sup> (стоимость стального шпунта Ларсена составляет 74 руб./м<sup>2</sup>) компании ООО «Электро Макс». На основании исходных данных составлены локальные сметы в текущих ценах на май 2019 года, рассчитаны технико-экономические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные характеристики устройства откосов

Показатель	Крепление откоса	Откос в песчаном грунте	Откос в глинистом грунте
Расчетная схема			
Трудозатраты, чел. ч	47,75	70,7	54,13
Удельные трудозатраты на 1 м <sup>3</sup> бетона	0,93	1,37	1,05
Стоимость цикла работ, руб.	2936	3149	2217,26
Удельная стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона фундамента	57,08	61,22	43,1

Из данных, представленных в таблице, можно сделать вывод, что применение шпунта в сыпучих несвязных грунтах является наиболее выгодным по всем параметрам. Использование же в связанных грунтах в стоимостном выражении показывает, что производство земляных работ традиционным методом является наиболее экономичным. При этом в глинистых грунтах применение шпунта имеет меньшие трудозатраты по сравнению с вариантом без крепления, что позволяет сократить сроки строительства.

Таким образом, для обоих рассмотренных случаев продемонстрированы достоинства применения полимерных шпунтов и при надлежащем режиме эксплуатации применение такого ограждения позволит оптимизировать процесс производства земляных работ как в стоимостном выражении, так и по срокам строительства.

Научный консультант – канд. техн. наук, доц. С. В. Игнатов.

#### Список литературы

1 Фундаменты плитные. Правила проектирования. ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Переиздание (март 2018 г.) с Изменением № 1 (введено в действие с 03.06.2013): Введ. 02.09.2007. – Минск: М-во archit. и стр-ва Респ. Беларусь, 2013. – 144 с.

2 Донецкий, К. И. Конструкционный стеклопластик для изготовления элементов шпунтовых ограждений / К. И. Донецкий [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2017. – № 48 (3). – С. 56–64.

3 Инфоресурс SvaiSnab.Ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.svaisnab.ru>.

УДК 69.003

## ЦИФРОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

*О. Ю. БЕЛЕНКОВА*

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина*

В 2013 году на смену Методике расчета уровня экономической безопасности Украины (2007 г.) Приказом Министерства экономического развития и торговли Украины были утверждены «Методические рекомендации по расчету уровня экономической безопасности Украины». Последним документом определяются возможные угрозы экономической безопасности в Украине. В Методических рекомендациях отмечается, что органы государственной власти и другие учреждения могут использовать рекомендации для определения уровня составляющих экономической безопасности при принятии управленческих решений по анализу, предотвращению и предупреждению реальных и потенциальных угроз национальным интересам в соответствующей сфере, в том числе и в строительстве. В методике составляющими экономической безопасности называют: производственную, демографическую, энергетическую, внешнеэкономическую, инвестиционно-инновационную, макроэкономическую, продовольственную, социальную, финансовую безопасности. При этом в методике ничего не говорится о таком важном сегодня аспекте развития любой отрасли, как цифровая составляющая экономической безопасности, в то время как риски цифровой трансформации различных отраслей экономики сегодня увеличиваются столь же стремительно, как происходит и сам процесс цифровизации.

Несмотря на достаточно детализированный план перехода украинской экономики на новый этап, цифровая трансформация строительства нуждается в разработке ещё достаточно большого количества планов, «дорожных карт», отдельных шагов на уровне отрасли, предприятий, регионов. Требуется детальной разработки механизм интеграции отдельных участников инвестиционно-строительного процесса по основным направлениям внедрения цифровых технологий. Впереди – уточнение перечня приоритетных для развития цифровизации мероприятий, обоснование механизмов взаимодействия науки и практики в области внедрения BIM-технологий, 3D-моделирования, использование беспилотников для контроля объемов и качества строительных работ, искусственного интеллекта и т. п.; также необходима разработка механизмов реализации государственной политики в сфере строительства в контексте цифровизации экономики Украины. Отсутствие названных

наработок влияет на безопасность развития строительной отрасли, которая вынуждена развиваться при нечетко прописанных правилах, противоречивом законодательстве, имеющем множество пробелов и неувязок, а также в хаотично меняющейся внешней среде.

Несмотря на то, что основной целью цифровой трансформации строительства является повышение эффективности функционирования систем на микро-, мезо- и макроуровне, целесообразно выделить основные уровни ее проявления:

1 Проектный уровень. Цифровые технологии служат для повышения скорости и качества коммуникации между участниками отдельных инвестиционно-строительных проектов.

2 Корпоративный уровень. Цифровые технологии используют для осуществления операционной деятельности и коммуникаций между собой внутренних подразделений компании (корпорации).

3 Региональный уровень. Успешно реализованы строительные проекты как результат функционирования эффективной цифровой трансформации на уровне регионов, на равных с другими субъектами входят в состав и могут расширять ее границы в случае своего дальнейшего успешного развития.

4 Отраслевой (секторный) уровень. Строительство тесно связано с деятельностью других секторов экономики, поэтому рост (или) падение эффективности деятельности отрасли, уменьшение или увеличение объемов строительства напрямую отражаются на результатах деятельности транспорта, промышленности, особенно – производства строительных материалов, изделий и конструкций, торговых сетей и т. п., поэтому влияние цифровой трансформации на строительство будет иметь мультипликативный эффект.

5 Уровень государственной (национальной) цифровой трансформации. Предприятия, использующие цифровые технологии, входят в состав государственной цифровой экономики как составные части корпоративной или региональной цифровых систем и формируют ее.

Механизм государственного регулирования цифровой трансформации строительства является не только способом реализации государственной политики, но и средством обеспечения безопасности развития строительства и должен предусматривать привлечение и реализацию всех государственных рычагов, инструментов, способных привести отрасль в состояние экономического роста и устойчивого развития на базе цифровой экономики.

Много шагов в направлении поддержки цифровизации на уровне государства уже сделано. Так, на в 2007 г. принят Закон Украины «Об основных принципах развития информационного общества Украины на 2007–2015 годы» и распоряжением Кабинета Министров Украины от 15.08.2007 г. № 653-р, где согласован план мероприятий по развитию информационного общества. В 2012 г. принято Постановление КМУ № 1134 о Национальной системе индикаторов развития информационного общества в Украине, в 2013 – Решение КМУ № 386-р о Стратегии развития информационного общества. В 2017 году принят Закон Украины «Об электронных доверительных услугах», в 2018 – Закон Украины «Об основных принципах обеспечения кибербезопасности Украины». Также в 2018 году принята «Концепция развития цифровой экономики и общества Украины на 2018–2020 годы» и утвержден план мероприятий по ее реализации. Институтом экономики и прогнозирования НАН Украины выдвинуты предложения по разработке Стратегии цифрового развития Украины на период 2019–2035 годов и Национальной программы «Цифровая Украина 2025». Также планируется разработка законопроекта «О развитии цифровой экономики» и трансформация Министерства экономики в Министерство цифровой экономики Украины.

Инструментарий поддержки процесса цифровой трансформации на государственном уровне традиционно включает в себя широкий набор механизмов влияния на структурные процессы в национальной экономике, к которым относятся как собственно механизмы воздействия на экономику, так и макроэкономические инструменты, которые косвенно затрагивают ее сектора [с. 3–4]. Первая группа механизмов традиционно была доминантой государственной структурной политики в большинстве развитых стран.

В последнее время приобретает новое значение и все большую важность группа механизмов влияния на макроэкономическую среду (ей отдают предпочтение в таких странах, как США) как средство формирования благоприятной национальной и региональной среды для повышения эффективности национальных компаний в условиях глобализации и либерализации рынков. Сюда можно отнести, в частности, финансово-кредитную, валютную, инфраструктурную (транспортные, информационные сети) образовательную политику и другие формы воздействия государства на экономику.



Совершенствование механизма цифровой трансформации строительства должно происходить путем диалога между государством, участниками инвестиционно-строительного процесса и научной средой, которая должна выступить в качестве катализатора назревающих изменений.

Влияние государства на экономику страны должно происходить путем согласования политики цифровизации с научно-технической, бюджетно-финансовой, денежно-кредитной, промышленной и внешнеэкономической политикой при условии достижения единства интересов и согласованных взаимоотношений между обществом, государством, властью, бизнесом, общественными и научными институтами. При этом следует учитывать, что цифровая экономика предоставляет небывалые доселе возможности для предприятий и организаций относительно свободного выбора партнеров и потребителей, облегчает выход и продвижение на рынки, существенно уменьшая транзакционные издержки, способствует децентрализации и тому подобное. Поэтому процесс цифровизации будет происходить даже в случае невмешательства или препятствий со стороны государства, так как он является признаком непрерывного развития экономической системы, средством перехода ее на новый, качественно иной уровень. Для того, чтобы цифровая трансформация экономической системы носила управляемый характер, необходимо объединить усилия научных школ, участников инвестиционно-строительного процесса, граждан, государства для достижения баланса интересов всех этих групп при осуществлении мероприятий по цифровизации экономики. Эти мероприятия существенно повысят экономическую безопасность строительства путем учета основополагающей сегодня для успешного развития цифровой составляющей.

УДК 69.003

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА**

*О. Ю. БЕЛЕНКОВА, А. В. ЛИТВИНЕНКО, В. О. ХОРОШУН*

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина*

Качество промышленного или гражданского объекта обеспечивается, прежде всего, соответствием проекта нормативным документам (государственным строительным нормам (ДБН, СНиП), стандартам, техническим условиям и др.), которыми регламентируются требования к качеству строительных материалов, изделий, конструкций; и строгим соблюдением нормативов и требований качества выполнения строительно-монтажных работ, строительных материалов, изделий и конструкций. Соблюдение нормативных требований при выполнении строительно-монтажных работ, а также проектных решений обеспечивает уровень качества, соответствует проекту.

В научной литературе утверждается, что для повышения качества строительно-монтажных работ необходимо совершенствовать технологию строительного производства, внедрять новые методы производства работ, обеспечивать комплектные поставки на строящиеся объекты изделий и конструкций и т. д. Основой качественного выполнения строительных работ являются строительные процессы (подготовительные, основные, вспомогательные, транспортные). От их взаимной увязки и качества зависит соответствие работы проектным требованиям. Строительные процессы неодинаковы по степени технологической сложности, времени выполнения, потребности в материальных ресурсах, имеют разную трудоемкость, потребность в механизации.

В то же время ряд проблем, связанных с оценкой качества строительных процессов, не нашел должного отражения в научной литературе. Сегодня необходимо создание механизма, направленного на обеспечение качества технологического процесса – основы обеспечения качества строительных работ и получения проектных параметров строительно-технологического процесса.

Потребность в решении данной задачи обусловила важность решения научного и практического задания по усовершенствованию организационно-технологического механизма обеспечения качества строительства на основе внедрения системы контроля качества отдельных строительных процессов.

При формировании системы оценки качества украинским строительным предприятиям следует учитывать основные тенденции развития строительной отрасли, которые обязательно окажут прямое влияние на организационно-экономический механизм обеспечения качества строительного производства на различных этапах инвестиционно-строительного процесса.

В строительстве основными тенденциями развития отрасли, без учета которых формирование жизнеспособной системы качества и достижение конкурентных преимуществ строительным предприятиями в стратегической перспективе будет существенно затруднено, являются:

1 Вхождение Украины в Европейское экономическое пространство, реализация проектов по приведению украинской национальной системы стандартизации в соответствие требованиям и правилам, согласно которым функционируют системы национальной стандартизации государств – членов Европейского Союза. Это вызвало потребность в совершенствовании нормативной базы, правового и технического нормирования, стандартизации, сертификации, оценки соответствия, государственного надзора и контроля, направленных на защиту интересов страны, в том числе повышение конкурентоспособности предприятий строительной отрасли с целью обеспечения высокого качества, безопасности объектов недвижимости и экспортной ориентации предприятий.

В Украине уже сделан ряд существенных шагов к адаптации отечественной строительной отрасли к европейским нормам. Вступил в силу Закон Украины «О строительных нормах», а также разработан механизм одновременного действия национальных строительных норм и строительных норм, гармонизированных с нормативными документами ЕС. Положения, определяющие этот механизм одновременного действия, приведенные в Постановлении Кабинета Министров Украины № 547 «Порядок применения строительных норм, разработанных на основе национальных технологических традиций, и строительных норм, гармонизированных с нормативными документами Европейского Союза» и ДБН А1. 1-94: 2010 «Проектирование строительных конструкций по Еврокодам. Основные положения».

Согласно названным документам основным направлением развития нормативной базы в Украине является внедрение национальных стандартов (норм, разработанных на основе национальных технологических традиций), гармонизированных с нормативной базой Европейского союза на EUROCODE – европейские унифицированные строительные нормы и правила, имеющие статус европейских стандартов.

2 Внедрение программы энергосбережения как приоритетного направления повышения экономической безопасности страны (внедрение энергоэффективных технологий и экономного потребления энергетических ресурсов, энергоносителей из возобновляемых источников энергии и альтернативных видов топлива, внедрение малоотходных и безотходных технологий, использование вторичных ресурсов, использование мощностей по производству нетрадиционных и возобновляемых источников энергии).

3 Реализация проектов экологической направленности. В странах ЕС распространены направления строительства на основе новых экологических технологий, применение экологически чистых материалов и сырья, использование которых позволяет уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу, производство усовершенствованных материалов. Согласно Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года потенциал энергосбережения именно строительных предприятий является небольшим, однако, учитывая то, что строительная отрасль обеспечивает воспроизведение основных фондов, роль строительных предприятий в программе энергосбережения государства можно назвать определяющей. Для строительных компаний это означает необходимость переориентации своей системы оценки качества на энергоэффективные материалы, технологии, освоение рынков энергосберегающего строительства в жилом и промышленном секторах экономики.

4 Дерегуляция в строительстве. Регулирование строительной деятельности исключительно государственными инструментами контроля и надзора не обеспечивает в полной мере качества продукции, соблюдения прав потребителей, не гарантирует отсутствие недобросовестных участников строительного рынка. Поэтому сейчас действия законодательной власти в Украине сосредоточены на упрощении условий ведения бизнеса (дерегулирование), которые направлены на упрощение процедур в строительной отрасли. Концепция упрощения ведения бизнеса предусматривает устранение лицензий, разрешений, регламентов, сертификатов, предписаний, сокращение частоты проверок, а также ликвидацию подразделений и государственных регуляторных органов. Кроме того, предлагается перераспределение функций по их обеспечению и контролю за выполнением между различными органами власти. Это влияет на систему оценки качества строительства на уровне государства и отдельных строительных проектов.

При этом эффективной альтернативой государственному регулированию является саморегулирование. Саморегулируемые организации (СРО) в строительстве должны стать звеном принятия обязательных решений на уровне отрасли, а также контроля качества. Государство делегирует этим

организациям свои полномочия по разработке правил профессионального поведения участников определенного рынка, а также по контролю и надзору за соблюдением этих правил.

5 Системное воздействие на экономику финансово-экономического и политического кризисов, военных действий на востоке страны.

6 Цифровизация всех отраслей экономики, которая требует разработки новых подходов, правил, процедур оценки качества строительства с учетом «цифровых» реалий, например контроля качества с помощью дронов, видеокамер, возможность хранения и обработки больших массивов информации и т. д.

#### Список литературы

1 Energy Performance of Building Directive – Режим доступа: [http://www.bre.co.uk/filelibrary/Scotland/Energy\\_Performance\\_of\\_Buildings\\_Directive\\_%28EPBD%29.pdf](http://www.bre.co.uk/filelibrary/Scotland/Energy_Performance_of_Buildings_Directive_%28EPBD%29.pdf).

2 ДБН А1.1-94: 2010 «Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення»/Мінрегіонбуд. – Київ, 2012 – 22 с.

УКД 628.1/3

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

*Г. Н. БЕЛОУСОВА, Ю. А. АВЧИННИКОВА, А. Е. ДАВИДОВИЧ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Сооружения водопроводно-канализационного хозяйства предназначены для обработки и очистки сточных вод городов и населенных пунктов. Учитывая условия работы и воздействие внешней среды, сооружения водопроводно-канализационного хозяйства относятся к емкостным специальным сооружениям. Емкостные сооружения по технологии изготовления конструкций могут быть монолитными, сборными и сборно-монолитными. В зависимости от формы в плане они могут быть прямоугольными (квадратными) и цилиндрическими (круглыми), закрытыми (с покрытием) и открытыми. В зависимости от их расположения по отношению к поверхности земли различают заглубленные и полуглубленные сооружения.

Все нагрузки, действующие на сооружения, делятся на постоянные и временные. При расчете емкостных сооружений по предельным состояниям возможные отклонения нагрузок от нормативных значений учитываются коэффициентом перегрузки. Основные сочетания нагрузок состоят из постоянных, длительно действующих и кратковременно действующих нагрузок. Расчет таких сооружений выполняется в дипломном проекте и состоит из расчета стен и днища без учета пространственной работы сооружения.

Емкостные сооружения являются гидротехническими сооружениями и к ним предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости, морозостойкости и водостойкости. Поэтому после выполнения всех работ по монтажу сборных конструкций, заделки стыковых соединений, бетонировании монолитных участков и набора бетоном проектной прочности такие сооружения подвергаются гидравлическим испытаниям на прочность и герметичность.

Для возведения емкостных сооружений кроме монолитного бетона широко используются типовые сборные железобетонные конструкции: фундаменты, колонны, ригели, плиты покрытий и стеновые панели. Согласно типовым сериям стены емкостных сооружений могут быть запроектированы из плоских стеновых панелей и из стеновых панелей с опорной пятой. Плоские стеновые панели просты в изготовлении, монтаже и получили наибольшее распространение для возведения емкостных сооружений. При этом днище сооружений выполняется монолитным. Плоские стеновые панели проектируются высотой от 2,4 до 6,0 м с шагом 0,6 м. Между собой панели соединяются на сварке закладных деталей арматурными накладками с последующим замоноличиванием стыков цементно-песчаным раствором механизированным способом.

Стены круглых сооружений выполняются из сборных железобетонных панелей с последующим натяжением на них кольцевой арматуры. Вертикальные стыки между стеновыми панелями замоноличиваются торкретным слоем до натяжения кольцевой арматуры. По достижении бетоном в стыках панелей и торкретным слоем 70 % проектной прочности производят предварительное напряжение бетона в стенах сооружения путем навивки на гладкую внешнюю поверхность стен высоко-

прочной проволоки с заданным шагом спирали. Навивочные машины обтягивают проволокой стенки сооружения снаружи, создавая в конструкции предварительное напряжение бетона. Для защиты от коррозии арматура после навивки штукатурится или покрывается слоем торкрет-бетона.

Стены сооружений из-за значительной кривизны контуров днища выполняются из стеновых панелей с криволинейными внутренней и внешней поверхностями при радиусе кривизны 3 м и ширине 1,5 м. Толщина всех панелей принимается постоянной по высоте и устанавливаются они в пазы монолитного днища.

Для возведения монолитных емкостных сооружений с постоянной толщиной стен по высоте в настоящее время используется бесшовная конструкция. Бесшовная конструкция – это прочное сооружение с минимальной угрозой образования трещин, с улучшенными звукоизоляционными и теплоизоляционными показателями. Схема заливки стен осуществляется в скользящей или подвижной опалубке и после завершения работы по укладке одного слоя смеси бетона, но предупреждая момент схватывания, производится заливка очередной порции раствора. Скользящая, или подвижная, опалубка – это два ряда щитов высотой 1–1,2 метра, одинаковых по своей форме, между которыми формируется монолитная стена. Эта технология позволяет обеспечить достаточную герметичность сооружения без дополнительных гидроизоляционных работ и исключить коррозию армирующих элементов. При этом строительство с использованием специальной опалубки для бесшовной технологии сокращает срок строительства в два раза.

Возрастающие требования к качественным характеристикам строительных материалов требуют применения новых бетонов. Композитобетон является одним из перспективных стройматериалов, по многим параметрам превосходящим прекрасно известный всем железобетон.

Композитобетон рекомендован для использования в условиях постоянного негативного влияния химических факторов, таких как хлористые соли и кислоты, противообледенительные реагенты и пр.

С каждым годом поиску решения проблемы долговечности конструкций и сооружений из армированного бетона уделяется все больше внимания. Возрастающие масштабы работ, обусловленные необходимостью ремонта и восстановления железобетонных конструкций, продиктованы ограничениями сроков службы данных конструкций вследствие ограниченной стойкости стальной арматуры к агрессивным средам.

В связи с этим возникает необходимость обеспечения требуемых сроков службы армированных бетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред. Данную проблему для конструкций гидротехнических сооружений в значительной мере может решить замена стальной арматуры на композитную, обладающую повышенной стойкостью к агрессивным средам. Это позволит снизить или ликвидировать затраты на капитальные ремонты. Высокая стойкость композитной арматуры к агрессивным средам может привести к увеличению жизненного цикла конструкции, а также к увеличению ее межремонтного цикла, что в конечном итоге приведет к уменьшению стоимости конструкции на единицу эксплуатационного времени.

Фактически композитная арматура – это стержни характерного для арматуры вида, с нанесенной на них спиральной ребристостью для усиления сцепления с бетоном. Материалом для производства служит стекловолокно, скрепляемое в единый, очень прочный стержень за счет обработки термоактивными смолами. Материал представляет собой композит, что и обуславливает его название. Диаметр стекловолоконного прута различается от 4 до 15 мм, что позволяет производить композитобетон самых разных марок.

Композитная стекловолоконная арматура представляет собой материал, по прочности превосходящий стальную примерно в 3 раза, предельная разрывная нагрузка у стеклопластиковой арматуры – 1200 МПа, у металлической соответственно – 390 МПа. Стеклопластиковый арматурный прут диаметром 8 мм превосходит по прочности металлический диаметром 12 мм.

Соответственно, композитобетон будет по прочностным показателям превосходить железобетон и при этом будет намного легче. Сооружаемые из него конструкции будут оказывать заметно меньшее давление на основание.

Следующее важнейшее свойство композитобетона – он в разы долговечнее железобетона и именно за счет того, что стальная арматура заменяется на стекловолоконную. Неметаллическая арматура абсолютно не подвержена процессам коррозии, которые и служат одной из основных причин разрушения железобетонных конструкций. Срок жизни бетонных конструкций из нового материала продлевается в 3–5 раз как минимум. Теплопроводность композитобетона существенно снижена по сравнению с теплопроводностью железобетона, и это тоже обусловлено характеристиками композитной арматуры. Ее коэффициент теплопроводности намного ниже, чем у стали.

Возрастающие требования к комфорту, безопасности, экономичности и экологичности строительства заставляют и строителей, и производителей искать новые материалы и конструкции взамен традиционных. Выполненный анализ показал, что в качестве основы для строительства и реконструкции очистных сооружений целесообразно использовать композитобетон как перспективный материал для энергосберегающего строительства.

УДК 624.21:625.1

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТАБЕЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

*С. М. БОБРИЦКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На современном этапе развития транспортных войск Республики Беларусь и железнодорожных войск Российской Федерации активно производится переоснащение мостовых железнодорожных частей новыми табельными железнодорожными мостами МЛЖ-ВТ-ВФ и ИМЖ-500. В то же время имеющиеся табельные железнодорожные мосты РЭМ-500 и НЖМ-56 (далее – табельные мосты) не исключены из табеля мостовых железнодорожных частей и должны соответствовать предъявляемым к ним требованиям по обеспечению безопасного пропуска подвижной автомобильной и железнодорожной нагрузок. Основная проблема в использовании РЭМ-500 и НЖМ-56 по назначению состоит в том, что данное табельное имущество спроектировано и изготовлено в конце 50-х гг. прошлого века и имеющийся значительный эксплуатационный износ в условиях хранения и периодической эксплуатации требует оценки грузоподъемности несущих элементов. Под несущими элементами понимаются: пролетные строения; рамные опоры (надстройки); понтоны; соединительные элементы.

Своевременная диагностика несущих элементов табельных мостов является весьма актуальной задачей, и от правильного подбора диагностических приборов и программного обеспечения расчетов зависит достоверность полученных результатов.

В настоящих тезисах автором предлагается рассмотреть один из подходов к проведению оценки безотказной работы несущих элементов табельных железнодорожных мостов. В качестве объекта диагностики выступает пролетное строение РЭМ-500, средствами диагностики использовались приборы: толщиномер покрытий ТМ-50МГ4, ультразвуковой толщиномер УТМ-МГ4 и твердомер портативный динамический Константа ТУ. Расчетным инструментарием выступает среда разработки графических трехмерных инженерных систем Autodesk Inventor (рекомендуется ANSYS).

Типовую последовательность действий по статистическому расчету несущих элементов табельных мостов в среде Autodesk Inventor можно представить в виде схемы (рисунок 1).

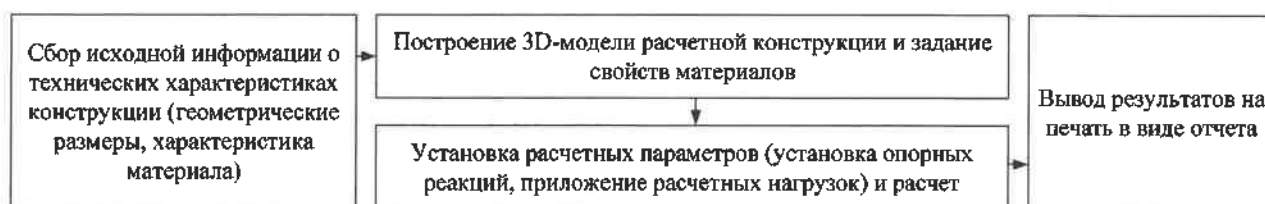


Рисунок 1 – Последовательность действий по статическому расчету элементов конструкций и мостовых сооружений в среде Autodesk Inventor

В качестве исходных данных для построения расчетной трехмерной модели использовались конструктивные размеры главной балки пролетного строения РЭМ-500, принятые из [1] и уточненные с использованием приборов УТМ-МГ4 и ТМ-50МГ4. Прочностные характеристики элементов главной балки могут быть приняты также из [1], однако автором предлагается определять их с реальной конструкции посредством снятия и обработки статистических данных с использованием твердомера «Константа ТУ» (рисунок 2) или других аналогов.



б)

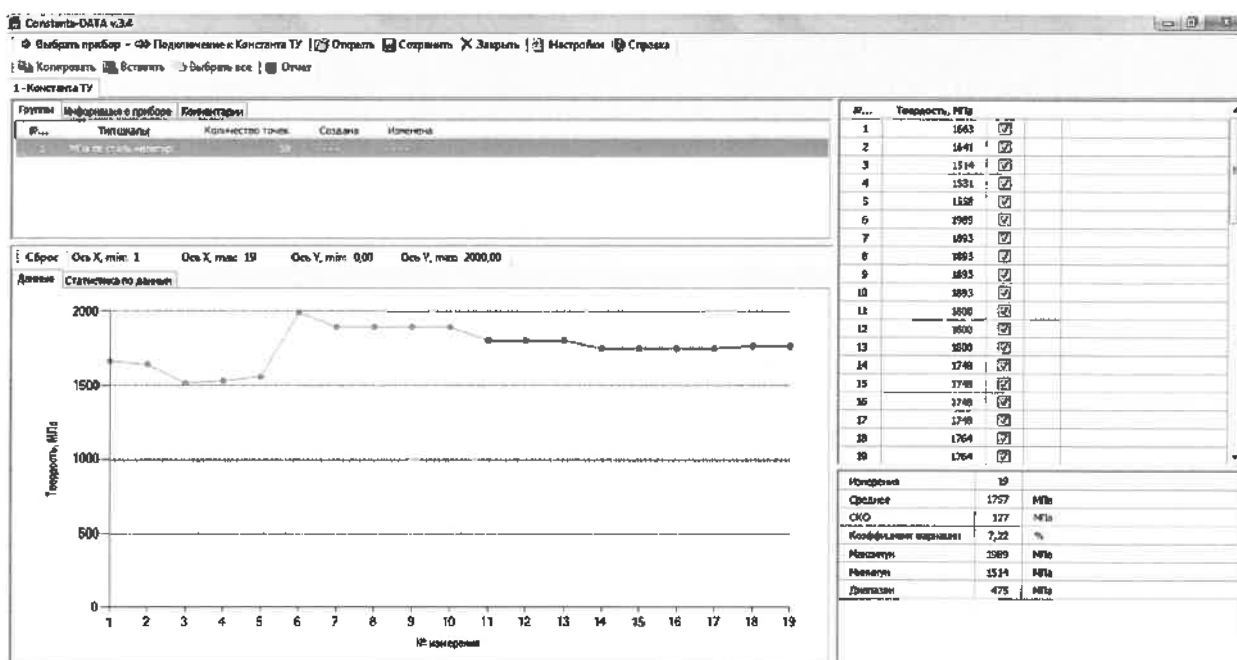


Рисунок 2 – Сбор исходной информации о прочностных характеристиках главной балки пролетного строения РЭМ-500 в полевых условиях:  
 а – снятие показателей с использованием твердомера «Константа ТУ»;  
 б – обработка статистической выборки показателей (скриншот программы)

Собранная и обработанная информация использована для трехмерного моделирования главных балок пролетного строения и назначения им прочностных характеристик. Далее заданы сосредоточенные расчетные нагрузки с приложением в середину главных балок и опорные реакции на концах нижних частей балок.

В качестве математического аппарата для статического расчета используется заложенный в Autodesk Inventor метод конечных элементов, частичные результаты которого приведены на рисунке 3.

Результаты расчета, представленные в визуальном сопровождении, позволяют увидеть не только минимальные и максимальные перемещения, но и зоны напряжения самой конструкции балки РЭМ-500, что дает представление о работе конструкции под нагрузкой.

Таким образом, на основе изложенного выше примера можно достаточно эффективно и с требуемой достоверностью прогнозировать безотказность работы несущих элементов табельных мостов.

В качестве дальнейшего совершенствования в направлении данной работы предлагается произвести подбор оптимального математического аппарата для проведения динамических расчетов на несущие элементы табельных мостов от подвижных нагрузок. Инструментарием по расчету предполагается использование программного продукта ANSYS.

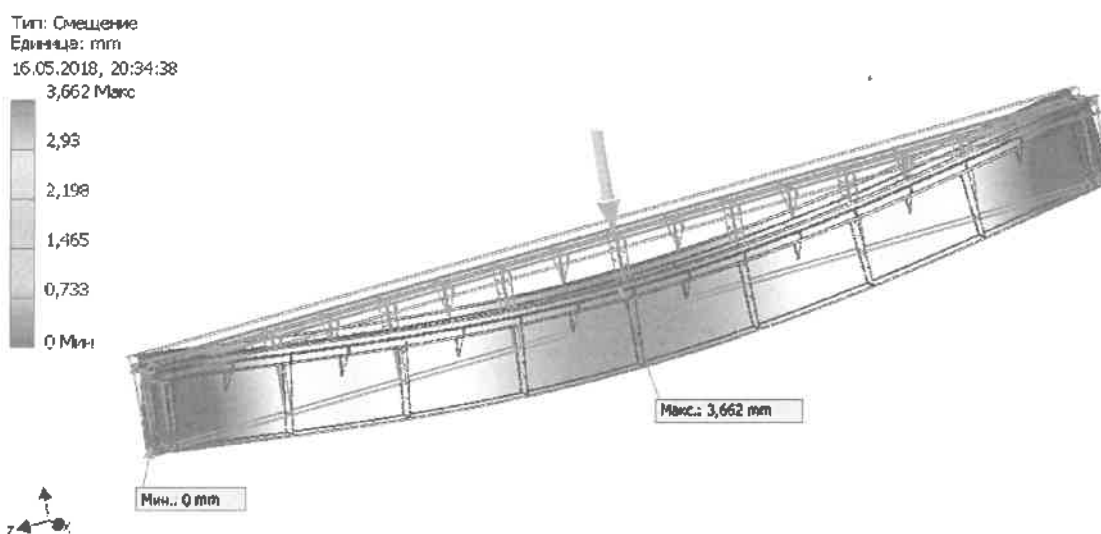


Рисунок 3 – Результаты статического расчета главной балки пролетного строения РЭМ-500 методом конечных элементов при заданных параметрах

Изложенные в работе проблемные вопросы и пути их решения позволят осуществлять безопасное использование имеющихся на вооружении транспортных войск Республики Беларусь табельных железнодорожных мостов по назначению. Кроме того, большой интерес к использованию пролетных строений РЭМ-500 и НЖМ-56 в капитальном и временном строительстве мостов на автомобильных дорогах имеет Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.

#### Список литературы

1 Металлическая эстакада РЭМ-500 : Техническое описание и инструкция по монтажу, перевозке, хранению и эксплуатации / Главное управление ЖДВ. – М. : ГУ ЖДВ, 1976. – 328 с.

УДК 69.05

### ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*В. О. БОНДАРЕНКО, В. М. ШВЕД, Д. А. ЯНЬШИНА, М. М. СЫС*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Остаточный ресурс – период эксплуатации строительного объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. Целью расчета остаточного ресурса зданий и сооружений является определение временного периода, в течение которого возможна безопасная эксплуатация здания (сооружения), и по истечении которого необходимо принимать решение о проведении капитального ремонта для продолжения длительной безопасной эксплуатации, либо о сносе объекта.

Задача оценки остаточного ресурса зданий и сооружений (их отдельных элементов и конструкций) в Республике Беларусь в настоящее время является одной из самых актуальных. Ее злободневность усугубляется тем, что на сегодня в стране значительная часть зданий и сооружений эксплуатируется длительные сроки (зачастую превышающие проектные, нормативные), при этом с пропущенными (по различным причинам) капитальными ремонтами.

С учетом специфики диагностирования объектов строительства, специализированными организациями используются различные методики оценки их остаточного ресурса, связанные с использованием детерминированных расчетов либо теории вероятности. Их можно разделить:

– на детерминированные модели: по деградации несущей способности; по изменению параметров технического состояния; по степени физического износа; по нормативам сроков эксплуатации до капитального ремонта; по оценке коэффициента запаса; по видам предельных состояний;

– логико-вероятностные модели: по срокам эксплуатации объектов-аналогов; по изменению вероятности отказа объектов; по изменению уровня промышленного риска или риска аварии; по изменению надежности конструкций; по вероятностному распознаванию категорий технического состояния конструкций.

При оценке остаточного ресурса здания в детерминированной постановке выбираются готовые формулы, обычно многочлены различной степени. Однако многочлен слишком низкой степени дает грубое описание процесса, а многочлен высокой степени не будет сглаживать отклонения. Зависимость, отображающая характер убывания функциональных качеств конструкции, должна быть достаточно обоснована. Волевой порядок выбора такой зависимости должен учитывать (при отсутствии или недостаточности информационного материала) хотя бы логически процесс потери способности конструкции с течением времени выполнять свои функции. В противном случае экстраполяция выбранного закона поведения конструкции по рассматриваемому параметру вплоть до её предельного состояния может привести к существенным ошибкам, иногда с тяжёлыми последствиями.

Применение вероятностных методов требует значительного объема информации о внешних воздействиях, а также информации о материалах конструкций. Увеличение объема необходимой информации обеспечивает большую достоверность выводов о надежности и долговечности зданий и сооружений.

При вероятностном подходе:

- внешние условия эксплуатации конструкции считаются случайными процессами;
- за основной показатель надежности принимается вероятность пребывания параметров системы в некоторой допустимой области, нарушение нормальной эксплуатации приводит к выходу из этой области;
- выход конструкции из строя является, как правило, следствием постепенного накопления повреждений;
- оценка соответствия фактического риска аварии объекта предъявляемым требованиям конструкционной безопасности является составной частью определения остаточного ресурса.

Остаточный ресурс конструкция может иметь не только до истечения проектного срока службы, но и после него. Это обусловлено действующими нормами и правилами расчета конструкций, при которых наступление предельного состояния регламентируется при наиболее неблагоприятных режимах нагружения в заданных условиях эксплуатации, а также при минимальных уровнях механических характеристик конструкционных материалов, обеспечиваемых по государственным стандартам. Фактические режимы нагружения при соблюдении правил эксплуатации оказываются, как правило, меньшими, чем расчетные, что снижает интенсивность расходования заложенных запасов (по прочности, выносливости, коррозионной стойкости) и обеспечивает резерв по остаточному ресурсу.

Возможность прогнозирования величины остаточного ресурса обеспечивается при одновременном наличии следующих условий:

- известны параметры, определяющие техническое состояние конструкции;
- известны критерии предельного состояния;
- имеется возможность периодического (или непрерывного) контроля технического состояния конструкций.

Наиболее распространенным подходом к данному вопросу является использование принципа «безопасной эксплуатации по техническому состоянию». Определение остаточного ресурса осуществляется по определяющим параметрам технического состояния. В качестве последних принимаются параметры, изменение которых (в отдельности или в некоторой совокупности) может привести объект в неработоспособное или предельное состояние. Параметрами технического состояния объекта служат: характеристики материалов (механические и химические); коэффициенты запасов прочности; технологические показатели.

Выбор ключевых параметров осуществляется по результатам анализа технической документации и результатов обследования. В отдельных случаях допустимо использовать результаты экспертной оценки, которая обязательно должна включать анализ условий эксплуатации, инструментальный контроль и поверочные расчеты.

Остаточный ресурс здания (сооружения) может определяться по тому или иному аспекту в зависимости от исходных материалов, полученных на этапе обследования. Для обеспечения заданной точности расчета остаточного ресурса в ряде случаев могут потребоваться дополнительные испытания конструкций статической либо динамической нагрузкой.



Необходимо отметить, что все вышеописанные методы имеют ограниченную область применения, а также не учитывают такие существенные при определении остаточного ресурса факторы, как резкое изменение условий эксплуатации и возможное воздействие особых нагрузок; наличие скрытых дефектов конструкций; качество изготовления конструкций; скорость деградации материалов конструкций и ее изменение. Кроме того, интенсивность износа для различных зданий, инженерных сооружений и условий эксплуатации изменяется в довольно широких пределах. Так, в зависимости от степени агрессивности среды, в соответствии с [1] скорость коррозии бетона варьируется в пределах от 0,4 до 4–6 мм/год, стальной арматуры – 0,4–1,8 мм/год. Кроме того, если в период нормальной эксплуатации для расчетов можно принять постоянную величину интенсивности износа ( $\lambda$ ), то с течением времени по данным [2] она увеличивается в конце срока эксплуатации примерно в три раза, и возрастает с  $\lambda = 0,003$  до  $\lambda = 0,01$ .

Для объективного расчета остаточного ресурса зданий (сооружений) необходимо совершенствование системы назначения коэффициентов значимости и разработка методики, учитывающей изменение интенсивности износа в процессе эксплуатации объектов строительства. Коэффициенты значимости элементов (конструкций) необходимо назначать на основании экспертных оценок, учитывающих не только воспринимаемые ими нагрузки, но и социально-экономические последствия разрушения отдельных элементов (конструкций), характера разрушения (разрушения с предварительным оповещением посредством развития пластических деформаций или мгновенного хрупкого разрушения) и влияния разрушения на возможность обрушения соседних конструкций.

#### Список литературы

- 1 Пухонто, Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен) / Л. М. Пухонто. – М. : Изд-во АСВ, 2004. – 424 с.
- 2 Бойко, М. Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий / М. Д. Бойко. – М. : Стройиздат, 1975. – 334 с.

УДК 624.012.45/46

### К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*А. А. ВАСИЛЬЕВ, Е. В. БЕЛЯЕВА, В. И. КИРЮШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Детальное обследование железобетонных элементов (ЖБЭ), включая в себя определение прочности бетона на сжатие, армирование (в том числе степень коррозионных повреждений стальной арматуры), с учетом выявленной поврежденности, позволяет достаточно точно оценить их техническое состояние.

Однако достаточно часто именно при незначительной поврежденности этого оказывается недостаточно для объективной оценки технического состояния железобетона, а ведь от ее результатов зависит объем комплекса мероприятий по восстановлению конструкций, требующий зачастую выполнения сложных, специфических работ квалифицированными исполнителями, материалоемкий и имеющий значительную стоимость.

Оценка прочностных характеристик неразрушающими (разрушающими) методами не позволяет оценить структурные изменения бетона и их влияние на изменение защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре, что значительно снижает объективность оценки. В нее необходимо добавлять методы, позволяющие оценить коррозионное состояние бетона и состояние его защитных свойств по отношению к стальной арматуре. Таким методом является метод рН-метрии, основанный на определении величины показателя рН (водородного показателя водной вытяжки цементного камня), поскольку именно он определяет состояние защитных свойств по отношению к стальной арматуре [1].

По результатам общего (с элементами детального) обследования специалистами НИЛ «ДИИСМиК» (на момент обследования НИЛ «СКОиФ») им. профессора И. А. Кудрявцева была выполнена оценка технического ЖБЭ конструкций объекта незавершенного строительства «Лечебно-диагностический центр», расположенного на территории областной больницы по ул. Бр. Лизюковых в г. Гомеле.

Обследованное здание – каркасного типа. Общий вид объекта представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид обследованного объекта

Возведение здания начато в 1992 г. За время существования здания его строительство несколько раз приостанавливалось и вновь возобновлялось. Консервация объекта не производилась.

Размеры здания в плане – 54×42 м, высота этажа составляет 3,6 м.

Каркас здания составляют сборные железобетонные колонны сечением 400×400 мм и однополочные и двуполочные ригели (по серии 1.020-1/83). Перекрытия выполнены из плит пустотного настила типа ПК27.12, ПК 27.15, ПК 57.12, ПК 57.15 и ребристых сантехнических плит шириной 1,5 м.

Ограждение продольных и торцевых стен – стеновые трехслойные панели, частично смонтированные в уровнях 1–3-го этажей. Швы между стеновыми панелями неомоноличены.

По результатам обследования:

– техническое состояние 32 % плит перекрытий (464 шт.) признано неудовлетворительным, что соответствует IV категории технического состояния конструкций согласно ТКП 45-1.04-305–2016;

– техническое состояние остальных плит перекрытий (986 шт.) – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций согласно ТКП 45-1.04-305–2016;

– техническое состояние плит перекрытий здания в целом – не вполне удовлетворительное, что соответствует III категории технического состояния конструкций согласно ТКП 45-1.04-305–2016.

Таким образом, техническое состояние большинства плит перекрытия не вполне удовлетворительное, что не требует специальных мер по их восстановлению. Однако с учетом того, что по результатам оценки технического состояния необходимо разрабатывать комплекс восстановительных мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию плит по своему функциональному назначению без ограничения на срок не менее 25 лет, необходимо уточнение состояния бетона, его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, возможности развития коррозии стальной арматуры.

Для более объективной оценки состояния защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре и, соответственно, технического состояния плит перекрытия был выполнен физический анализ образцов бетона плит, находящихся в не вполне удовлетворительном состоянии, в зоне расположения стальной арматуры. Методика выполнения экспресс-анализа и критерии оценки результатов приведены в [1].

- Результаты анализа образцов бетона защитного слоя плит перекрытий (рН = 9,60...12,13) указывают:
- на неудовлетворительное состояние бетона и стальной арматуры (полная деградация бетона, полная потеря им защитных свойств по отношению к стальной арматуре и развитие коррозии арматуры различной степени интенсивности в условиях переменной влажности) – 37 % образцов;
  - не вполне удовлетворительное состояние бетона и стальной арматуры (деградация бетона средней степени интенсивности, возможность раскрытия трещин в местах расположения рабочей и конструктивной арматуры и развитие коррозии арматуры различной степени интенсивности в условиях переменной влажности) – 25 % образцов;
  - удовлетворительное состояние бетона и стальной арматуры (начало деградации бетона, свидетельствующее о потере бетоном защитных свойств по отношению к стальной арматуре, и возможное развитие коррозии арматуры в условиях переменной влажности) – 19 % образцов;
  - хорошее состояние бетона и стальной арматуры (сохранение бетоном своих защитных свойств по отношению к арматуре) – 19 % образцов.

Таким образом, только 38 % образцов позволяют утверждать об удовлетворительном состоянии бетона и его защитных свойств по отношению к стальной арматуре, соответственно, об удовлетворительном техническом состоянии плит перекрытия. Для продолжения строительства, а затем длительной безопасной эксплуатации перекрытий необходимо уже на стадии продолжения строительства усиление не менее 37 % плит и обработка нижней поверхности плит составами проникающей гидроизоляции не менее 44 % плит.

Приведенное выше показывает, что физический анализ бетона (определение показателя рН водной вытяжки цементного камня в зоне расположения стальной арматуры) при выполнении обследования зданий и сооружений является необходимым условием обеспечения требуемой долговечности различных типов ЖБЭ, эксплуатирующихся в разных воздушных средах.

#### 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.

УДК 624.012.45/46

### ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВИЙ

*А. А. ВАСИЛЬЕВ, Е. В. БЕЛЯЕВА, В. И. КИРЮШИНА, Е. В. СЕДУН  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железобетон во всем мире признан одним из самых экономичных, экологически чистых, надежных и долговечных строительных материалов. В настоящее время объем производства бетона и железобетона в мировом строительном комплексе по разным оценкам колеблется от 2 до 3 млрд м<sup>3</sup> в год. В индустриально развитых странах на одного жителя затрачивается в год до 2 м<sup>3</sup> бетона и железобетона [1]. Таким образом, основную долю строительных конструкций зданий и сооружений, эксплуатируемых в настоящее время, составляют железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК) различных типов. Массовость применения бетона и железобетона, многолетние сроки службы, условия эксплуатации от нормальных до сильноагрессивных, качество эксплуатации обуславливают значительную повреждаемость ЖБЭ (ЖБК).

Подавляющее большинство ЖБЭ и ЖБК эксплуатируются в различных атмосферных средах. Воздух – многокомпонентная газовая смесь. Уже в данной среде могут происходить процессы коррозии бетона и стальной арматуры посредством их контакта с СО<sub>2</sub>, О<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О [2]. Развитие мегаполисов и техническая революция, сопровождающиеся интенсивным развитием энергетики, металлургии, химической промышленности, всех видов транспорта, машиностроения, привели к значительному изменению состава воздушной среды (повышению её агрессивности), что в свою очередь вы-

звало ускорение процессов деградации бетона, коррозии стальной арматуры и, как следствие, снижению сроков эксплуатации конструкций из бетона и железобетона.

подавляющее большинство строительных конструкций эксплуатируется в условиях жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных зданий либо в условиях открытой атмосферы. Агрессивность атмосферной среды для ЖБЭ и ЖБК определяется следующими основными эксплуатационными условиями:

1) сельскохозяйственные здания: концентрация  $\text{CO}_2$  – 0,1–1,0 %; относительная влажность – до 100 %; положительная температура в помещениях в течение всего года; наличие зон с повышенным содержанием  $\text{CO}_2$  и влажности; длительные промежутки времени с учетом специфики вентиляции; постоянное длительное воздействие  $\text{CO}_2$  и влажности в зимний период;

2) общественные здания и промышленные – с неагрессивной эксплуатационной средой: концентрация  $\text{CO}_2$  – 0,03–0,12 %; относительная влажность – до 100 %; положительная температура в помещениях в течение всего года;

3) открытая атмосфера: концентрация  $\text{CO}_2$  – 0,03–1,20 %; относительная влажность – до 100 %; периодический переход температуры через 0 °С; периодическое увлажнение атмосферными осадками различной степени интенсивности.

На базе результатов многолетних обследований зданий различного назначения, со вскрытием бетона защитного слоя ЖБЭ, оценкой состояния бетона и стальной арматуры, проведенных НИЛ «Диагностика, испытания и исследования строительных материалов и конструкций» имени профессора И. А. Кудрявцева, была выполнена оценка поврежденности основных типов ЖБЭ, эксплуатирующихся длительные сроки в разных атмосферных условиях. Поврежденность ЖБЭ определяли по результатам обследования различных типов зданий Гомельской области Республики Беларусь. Анализ поврежденности выполняли для основных типов ЖБЭ: колонн, полурам, балок покрытия, стропильных ферм, плит покрытия (перекрытия), стеновых панелей для каждого вида условий эксплуатации: сельскохозяйственных зданий (коровники), промышленных (цехи с неагрессивной средой), открытой атмосферы (недостроенные здания каркасного типа). Оценивали поврежденность ЖБЭ для десяти зданий каждого типа эксплуатационных условий.

Выявленные по результатам детального обследования дефекты и повреждения всех ЖБЭ были классифицированы и сгруппированы. Для каждого типа ЖБЭ определяли количество видов повреждений и от общего количества – доли каждого вида повреждений. Затем для дальнейшего анализа выделили повреждения ЖБЭ, вызванные коррозией бетона и (или) стальной арматуры.

На основе проведенного анализа были получены регрессионные зависимости изменения во времени коррозионных повреждений в бетоне и (или) стальной арматуре для различных типов ЖБЭ, эксплуатирующихся в разных атмосферных средах. В общем виде они описываются следующим выражением:

$$\Pi = \alpha_0 + \alpha_1 t,$$

где  $\Pi$  – коррозионные повреждения бетона и (или) стальной арматуры, %;  $\alpha_0$  и  $\alpha_1$  – коэффициенты;  $t$  – прогнозный период, лет.

Регрессионные зависимости прогнозирования поврежденности для различных эксплуатационных условий с результатами проверки их значимости сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Регрессионные зависимости поврежденности ЖБЭ

Конструктивные элементы	Регрессионная зависимость*	F-статистика Фишера	P-Value
<i>Условия сельскохозяйственных зданий</i>			
Колонны (стоечная часть полурам)	$\Pi_c = 17,0 + 0,624t$	55,1228	7,44E-05
Балки (балочная часть полурам)	$\Pi_b = 11,7 + 2,07t$	110,119	5,92E-06
Стеновые панели	$\Pi_{\text{ст}} = 28,9 + 1,07t$	59,9099	5,53E-05
Плиты покрытия	$\Pi_{\text{пл}} = 49,5 + 1,09t$	121,788	4,05E-06
<i>Условия общественных зданий и промышленных – с неагрессивной эксплуатационной средой</i>			
Колонны	$\Pi_c = 8,60 + 1,07t$	94,3580	1,05E-05
Стропильные фермы (балки)	$\Pi_{\text{сф}} = 5,80 + 1,24t$	78,2892	2,10E-05
Стеновые панели	$\Pi_{\text{ст}} = 7,83 + 0,838t$	76,9078	2,24E-05
Плиты покрытия	$\Pi_{\text{пл}} = 0,345 + 1,45t$	109,697	6,01E-06

Окончание таблицы 1

Конструктивные элементы	Регрессионная зависимость*	F-статистика Фишера	P-Value
<i>Условия открытой атмосферы</i>			
Колонны	$P_k = 7,33 + 1,75t$	33,2867	0,00042
Стропильные фермы (балки)	$P_{сп} = 13,8 + 1,99t$	125,016	3,67E-06
Стеновые панели	$P_{ст} = 7,68 + 1,52t$	77,8476	2,14E-05
Плиты покрытия	$P_{пл} = 21,0 + 1,70t$	23,8789	0,001214

\* $P_k$ ,  $P_b$ ,  $P_{сп}$ ,  $P_{пл}$  – прогнозные значения поврежденности соответственно колонны (стоечной части полурам), балок (балочной части полурам), стеновых панелей, плит покрытия, %

Проверка значимости полученных регрессионных зависимостей для различных типов ЖБЭ показала, что предлагаемые модели адекватны, поскольку параметр P-Value  $\ll 0,05$  – уровня значимости, принятого в инженерной практике.

Выполненный анализ повреждений ЖБЭ, эксплуатировавшихся различные сроки в разных воздушных средах, показал, что за длительный период эксплуатации коррозионным повреждениям бетона и стальной арматуры различной степени опасности подвержены практически все элементы. По результатам исследований их доля в длительно эксплуатируемых ЖБЭ составляет до 90 %.

Предложенные зависимости могут быть использованы для укрупненного прогнозирования поврежденности различных типов ЖБЭ и ЖБК как на стадии проектирования, так и эксплуатирующихся в различных атмосферных средах при их общем и детальном обследованиях.

#### Список литературы

- 1 Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России; НИИЖБ. – М. : Готика, 2001. – 684 с.
- 2 Долговечность железобетона в агрессивных средах / С. Н. Алексеев [и др.] // Совм. Изд. СССР – ЧССР – ФРГ. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.

УДК 624.012.45/46

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. В. ДАШКЕВИЧ

«Дойче Бан Инжениринг & Консалтинг GmbH филиал Вильнюс», Литва

Искусственные сооружения (ИССО) являются неотъемлемой частью железнодорожного пути. Несмотря на то, что их доля по протяженности в среднем менее 1,5 % от общей длины путей, их стоимость составляет почти 10 % пути. Это обуславливает необходимость проектирования ИССО на длительные эксплуатационные сроки. Повсеместное использование железобетона (до 90 % элементов) при устройстве ИССО в значительной степени определяет долговечность пути и его безопасную эксплуатацию.

Железобетонные конструкции (ЖБК) ИССО при длительной эксплуатации подвергаются воздействию различных по характеру и степени действия нагрузок: по степени агрессивности эксплуатационных сред, температурно-влажностных деформаций, других внешних и внутренних факторов, поэтому проблема долговечности, оценки ресурса ЖБК ИССО очень сложна. Ее корректная постановка требует учета изменчивости материалов и нагрузок во времени, чувствительности к деградации конструктивной формы сооружения, условий строительства и эксплуатации, социально-экономических требований. Задача оценки ресурса ИССО как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации всегда была наименее изученной в теории сооружений, в то же время – наиболее значимой в социально-экономическом плане. Сегодня, в условиях весьма ограниченного финансирования системы эксплуатации, стратегическое планирование финансирования отрасли должно опираться на как можно более реалистичный прогноз технического состояния ИССО.

В настоящее время проблема прогнозирования сроков службы ИССО решается несколькими направлениями [1], к основным из которых относятся:

1 **Общепринятый метод**, являющийся, по сути, экспертной оценкой, основанной на коллективном опыте и знаниях, полученных на базе лабораторных и производственных испытаний конструкций и материалов, а также специальных исследований. Данный подход допускает, что принятая ЖБК будет иметь ожидаемый срок службы, так как конструкция выполнена в соответствии с требованиями норм и стандартов. Такой метод достаточно надежен в тех случаях, когда срок службы конструкции невелик либо агрессивность эксплуатационной среды не изменяется во времени. Однако он не дает качественного прогнозирования срока службы ЖБК, если срок их эксплуатации превышает пределы опыта, либо применены новые виды бетона и арматуры, а информация о возможной длительности их применения ограничена.

2 **Метод прогнозирования**, основанный на сравнении эксплуатационных качеств. Он построен на предположении, что если ЖБК была долговечной для определенного времени, то аналогичная конструкция, находящаяся в подобных условиях, будет иметь тот же срок службы. Ограниченность метода состоит в том, что любая железобетонная конструкция обладает определенной уникальностью из-за вариаций свойств примененных материалов, конкретной практики изготовления (строительства), а также нагрузок и эксплуатационной среды. Поэтому сравнение между долговечностью известных старых и проектируемых новых аналогичных ЖБК не всегда приводит к достоверным результатам. Сроки службы однотипных конструкций, эксплуатируемых даже примерно в одинаковых условиях, могут отличаться друг от друга на целый порядок.

Методы, основанные на прогнозировании срока службы при использовании расчетов, построенных на знании деградационных механизмов и скорости деградационных процессов:

1 **Метод ускоренных испытаний**. В случаях отсутствия достаточного опыта в отношении сопротивления воздействиям для новых материалов или конструкций, проводятся ускоренные возрастные испытания. Сравнивая скорость изменения эксплуатационного качества материала при испытаниях с тем же параметром, полученным при долговременных испытаниях в реальных условиях, можно оценить срок службы новых материалов или конструкций. Наибольшей трудностью в использовании такой методики прогнозирования срока службы является получение обеспеченных данных о параметрах эксплуатационного значения за длительный отрезок времени.

2 **Методы математического моделирования**, основанные на законах физики и химии деградационных процессов. Ключевым вопросом здесь является получение закономерностей снижения эксплуатационного качества, то есть изменения во времени в зависимости от эксплуатационных условий основных свойств материалов и характеристик конструкций. В рамках детерминированного подхода для оценки долговечности получил развитие диаграммный метод расчета сечений железобетонных элементов, в котором используются трансформированные значения главных параметров диаграмм деформирования бетона и арматуры.

3 **Методы**, в которых используются практические приложения теории надежности и методов математической статистики. Одним из них является метод расчета долговечности железобетонных конструкций с использованием коэффициента надежности по сроку службы. Следует заметить, что реальная безопасность и долговечность могут быть несколько иными, чем те, которые определены в рамках теории надежности и вероятностных методов, так как крупные ошибки проектирования и другие причины нестатистического характера требуют иных подходов.

Одним из подходов при разработке расчетных моделей долговечности является оценка условной надежности, при которой характеристики прочности сечений и действующие на конструкцию нагрузки рассматриваются как случайные величины. При этом снижение несущей способности в период эксплуатации конструкции условно заменяется понятием статистической изменчивости расчетных параметров. В соответствии с другим подходом вероятность безотказной работы в период эксплуатации подчиняется статистическим закономерностям, характерным для данного объекта. Они должны быть найдены по результатам статистической обработки большого объема информации об эксплуатационных отказах изучаемых объектов. Основным препятствием в реализации данного подхода является ограниченность объема информации об отказах.

5 **Методы строительной механики ЖБК**, взаимодействующих с агрессивной средой. Этот раздел теории конструкций, работающих в агрессивных средах, включает в себя приложение аналитических методов механики сплошного тела к задачам сопротивления ЖБК коррозионным воздействи-

ям, особенно в тех случаях, когда не удается выяснить общую схему разрушения конструкции и когда возможности метода предельных состояний ограничены.

Приведенные основные методы и подходы к оценке долговечности ЖБК ИССО достаточно условны, поскольку они часто применяются в сочетании, но общим является то, что концепциями расчета в них предусмотрен прямой учет фактора времени. Их развитие прогнозируется на основе энергетических представлений механики деформирования и разрушения конструкций, теории накопления повреждений и деградационных функций с учетом комплексного характера силовых и несиловых воздействий, управления ресурсом конструктивной безопасности.

Железобетонные конструкции ИССО имеют конечный срок службы, так как они значительно подвержены физическим, химическим и механическим воздействиям, следствием которых являются деградационные процессы, приводящие к невозможности их длительной эксплуатации в соответствии с функциональным назначением. В настоящее время на детерминистском и вероятностном уровнях разработаны отдельные методики, однако в целом проблема прогнозирования срока службы ЖБК ИССО еще находится в стадии развития; отсутствуют системный подход и стандартные модели для оценки долговечности и прогнозирования их срока службы. В этих условиях перспективным и приемлемым подходом для прогнозирования срока службы ЖБК ИССО, основанным на знании деградационных механизмов и скорости деградационных процессов, является использование математических моделей в детерминистской и стохастической постановке [2].

#### Список литературы

1 Основные положения проектирования долговечности железобетонных конструкций и сооружений / В. Н. Левченко [и др.] // Вестник ДонНАСА «Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства», Вып. 2016-6 (122) – С. 43–51.

2 Васильев, А. А. Химический анализ бетона – основа оценки долговечности бетонных и железобетонных элементов искусственных сооружений / А. А. Васильев, С. В. Дашкевич // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 75–76.

УДК 624.01/04.004.6

### АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ В ПЕРИОД С 2001 ПО 2015 гг.

*А. В. ВИТОВТОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Строительная авария представляет собой внезапное неконтролируемое разрушение объекта строительства либо его части, происходящее в процессе его (ее) строительства или эксплуатации. Такое разрушение представляет собой возникшие по техногенным (конструктивным, производственным, технологическим, эксплуатационным) причинам или из-за природно-климатических воздействий (землетрясение, ветровой напор, снеговая нагрузка), интенсивность которых не превышала расчетных нагрузок, обрушения и повреждения здания, сооружения, их частей или отдельных конструктивных элементов, при которых отмечается в конструктивных элементах превышение предельно допустимых деформаций, угрожающих безопасному ведению работ и повлекших приостановку производства или эксплуатации объекта, и (или) причинение телесных повреждений, и (или) гибель одного и более человек.

Аварии строительных конструкций зданий и сооружений наносят значительный экономический ущерб и часто сопровождаются ранением и гибелью людей. Происходят аварии строительных конструкций обычно из-за совокупности причин: ошибок при проектировании, низкого качества материалов, используемых для несущих конструкций, нарушения технологии изготовления и монтажа строительных конструкций, несоблюдения правил эксплуатации зданий и сооружений.

Аварии строительных конструкций можно предвидеть и устранить предвестники на раннем этапе. Если своевременно заметить признаки приближающейся аварии, то можно вовремя принять профилактические меры: вывести людей из опасной зоны, произвести разгрузку аварийной конструкции, установить временные крепления и т. п. Поэтому так важно инженерно-техническому персоналу строительных и эксплуатационных организаций знать признаки аварийного состояния конструкций.

В последние годы все чаще озвучиваются отдельные примеры аварий не только эксплуатируемых зданий и сооружений, но и находящихся в стадии строительства. Решение вопросов безопасности объектов строительства является неотъемлемой частью обеспечения национальной безопасности любой страны.

Сообщения об аварийных разрушениях зданий и сооружений постоянно присутствуют в новостных лентах средств массовой информации, что свидетельствует об актуальности проблемы предотвращения аварий. По причине возможного умалчивания информации владельцами разрушенных объектов нет возможности привести полностью достоверные данные. Но и накопленные данные об авариях позволяют заострить внимание на масштабности проблемы [1, с. 3].

Для написания данной статьи были собраны сведения в свободном доступе об авариях строительных конструкций на территории стран СНГ в 2001–2015 гг. Из общего количества (1557 шт.): 50 % аварий (757 шт.) происходят с конструкциями жилых зданий, 35 % аварий (550 шт.) – с конструкциями общественных зданий, 15 % аварий (247 шт.) – с конструкциями производственных зданий.

Однако тяжесть последствий аварий можно предвидеть, а также сократить их общее количество за счет прекращения тиражирования однотипных причин аварий, неквалифицированного выполнения оценки и прогнозирования технического состояния элементов и конструкций, безграмотного ведения ремонтно-восстановительных работ, нарушений правил технической эксплуатации зданий.

Рассмотрим подробнее и проанализируем аварийность строительных конструкций производственных зданий отдельно для конструктивных элементов (ограждающих конструкций, перекрытий и покрытий и крыш и кровель) и материалов конструкций (каменных и армокаменных, бетонных и железобетонных, стальных и других).

Графический анализ аварийности строительных конструкций производственных зданий по виду конструктивных элементов представлен в виде гистограммы (рисунок 1). Анализируя ее, можно сделать вывод, что из общего количества аварий строительных конструкций производственных зданий по виду конструктивных элементов 22 % аварий происходит с ограждающими конструкциями, 51 % – с конструкциями перекрытий и покрытий, 27 % – с конструкциями крыш и кровель.

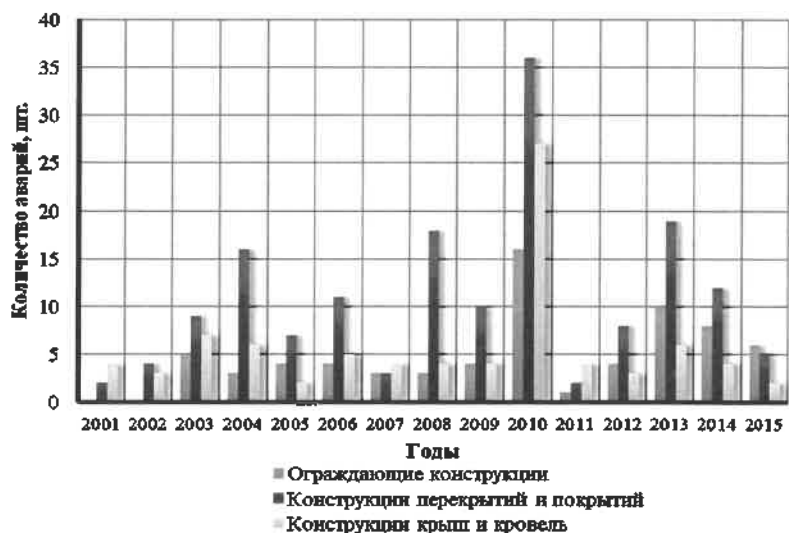


Рисунок 1 – Анализ аварийности строительных конструкций производственных зданий в 2001–2015 гг. (по виду конструктивных элементов)

Для дальнейшего подробного изучения аварийности выполнен графический анализ количества аварий строительных конструкций производственных зданий по материалам конструкций в виде гистограммы (рисунок 2).

Из полученного графика видно, что из общего количества аварий строительных конструкций производственных зданий 23 % аварий приходится на каменные и армокаменные конструкции, 39 % – бетонные и железобетонные, 18 % – стальные, 20 % – другие.

Полученные по результатам анализа аварийности конструкций гистограммы показывают, что общая зависимость происшествий по годам отсутствует, однако на протяжении всего рассмотренного периода наблюдается схожий характер распределения количества аварий в каждом году. Такое распределение дает повод для поиска и исследования возможных зависимостей.



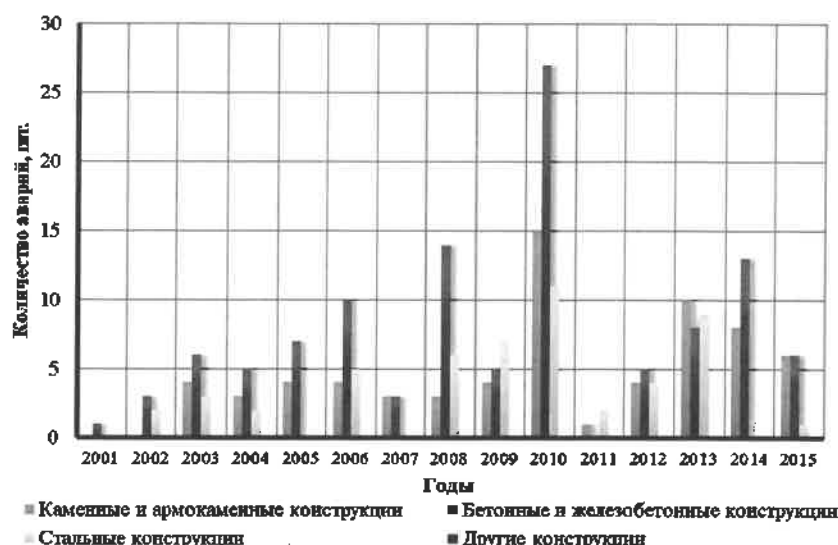


Рисунок 2 – Анализ аварийности строительных конструкций производственных зданий в 2001–2015 гг. (по материалам конструкций)

Таким образом, в работе выполнен анализ аварийности строительных конструкций жилых, общественных и производственных зданий на территории стран СНГ в период с 2001 по 2015 гг. Наиболее подробно проанализирована аварийность строительных конструкций и элементов производственных зданий по виду конструктивных элементов и разновидности материалов.

#### Список литературы

1 Реестр аварий зданий и сооружений 2001–2010 годов / К. И. Еремин [и др.]. – М., 2011. – 320 с.

УДК 539.3

## РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*Ю. В. ГРОМЫКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Безопасность зданий и сооружений, а также связанных со зданиями и сооружениями процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса) обеспечивается посредством установления соответствующих требованиям безопасности проектных значений параметров зданий и сооружений и качественных характеристик в течение всего жизненного цикла здания или сооружения, реализации указанных значений и характеристик в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта (далее также – строительство) и поддержания состояния таких параметров и характеристик на требуемом уровне в процессе эксплуатации, консервации и сноса.

Безопасность зданий и сооружений, а также связанных со зданиями и сооружениями процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса) обеспечивается посредством соблюдения требований действующих нормативных документов.

В Российской Федерации главенствующим документом, регламентирующим минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям (в том числе к входящим в их состав сетям инженерно-технического обеспечения и системам инженерно-технического обеспечения), а также к связанным со зданиями и с сооружениями процессам проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса), является «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ, имеющий статус федерального закона. Данный технический регламент устанавливает требования, касающиеся:

- 1) механической безопасности;
- 2) пожарной безопасности;
- 3) безопасности при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях;
- 4) безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях;
- 5) безопасности для пользователей зданий и сооружений;
- 6) доступности зданий и сооружений для инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения;
- 7) энергетической эффективности зданий и сооружений;
- 8) безопасного уровня воздействия зданий и сооружений на окружающую среду.

Наряду с вышеперечисленными требованиями документ регламентирует:

- требования к результатам инженерных изысканий и проектной документации в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений;
- обеспечение безопасности зданий и сооружений в процессе строительства, реконструкции, капитального и текущего ремонта;
- обеспечение безопасности зданий и сооружений в процессе эксплуатации, при прекращении эксплуатации и в процессе сноса (демонтажа);
- оценку соответствия зданий и сооружений, а также связанных со зданиями и с сооружениями процессов проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).

В целях настоящего Федерального закона строительные нормы и правила, утвержденные до дня вступления в силу настоящего Федерального закона, признаны сводами правил. Этим же регламентом был утвержден перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований настоящего Федерального закона.

Что же касается Республики Беларусь, то на данный момент подобные документы у нас отсутствуют. Требования к зданиям и сооружениям на этапах проектирования, строительства и эксплуатации регламентируются рядом узкоспециализированных документов, больше половины из которых имеют статус ГОСТов. Часть документов, имея перекрестные ссылки, противоречат друг другу, что приводит к недопониманию и нестыковкам на всех этапах: от проектирования до эксплуатации.

Более-менее обстоит дела с документами, касающимися вопросов оценки безопасности зданий и сооружений в процессе обследования. Так ТКП 45-1.04-305–2016 «Техническое состояние и техническое обслуживание зданий и сооружений. Основные положения» устанавливает основные требования к техническому состоянию и техническому обслуживанию зданий и сооружений, строительных конструкций и инженерных систем и оценке их пригодности к эксплуатации.

Требования настоящего технического кодекса предназначены для применения при эксплуатации строительных конструкций и инженерных систем зданий различного назначения, находящихся в ведении организаций, собственности физических лиц и индивидуальных предпринимателей независимо от форм их собственности и ведомственной принадлежности.

Данный документ содержит не только непосредственные указания и рекомендации по порядку проведения, методике и критериям оценки строительных конструкций и инженерных систем, но и определяет порядок проведения как непосредственно обследования, так и весенне-осенних осмотров, и порядок ведения необходимой документации.

Являясь узконаправленным документом данный технический кодекс установившейся практики может послужить примером и стать основой для разработки закона, аналогичного Федеральному закону «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ Российской Федерации. Потребность в таком документе возникла уже очень давно – с начала процессов по приведению нормативных документов к сегодняшним реалиям и потребностям строительного комплекса Республики Беларусь.

Началом процесса по созданию аналогичного документа хотелось бы считать Указ Президента Республики Беларусь от 14 января 2014 г. № 26 «О мерах по совершенствованию строительной деятельности», где вводится понятие «классы сложности». К моменту выхода Указа № 26 был принят предварительный государственный стандарт СТБ П 2331–2013 «Классификация зданий и сооружений. Основные положения», утвержденный постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 30 августа 2013 г. № 45 (далее – СТБ П 2331–2013).

Согласно СТБ П 2331–2013 здания и сооружения относятся к пяти классам сложности.

Классификацию зданий и сооружений применяют для определения необходимости осуществления административных процедур, стадийности проектирования и строительства, определения состава проекта и необходимости выполнения специальных расчетов, проведения государственных экспертиз, процедур подтверждения соответствия, аттестации и аккредитации.

Основанием для принятия решения по отнесению объекта строительства к определенному классу сложности являются технические характеристики (высота, объем, площадь, вместимость, протяженность здания или сооружения и др.).

В качестве дополнительных критериев учитывают функциональное назначение зданий и сооружений объекта строительства, их технико-экономические характеристики, прогнозируемые экономические, социальные и (или) экологические последствия при аварии на объекте.

В целом в виду более тесной интеграции России и Беларуси возможно принятие аналогичного документа с адаптированным перечнем национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе будет обеспечиваться соблюдение требований законов Республики Беларусь.

УДК 696.48-67

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛИОУСТАНОВОК ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*В. В. ГРУШИНОВ, Т. В. ЯШИНА,*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Повышение надежности и долговечности транспортных объектов наравне с повышением их энергоэффективности и энергонезависимости весьма актуально для нашей страны, находящейся на пересечении мировых транспортных потоков.

В настоящее время имеется многообразие строительных технологий, но они должны быть в большей степени скорректированы на энергосбережение, долговечность и надежность. В особенной степени это касается объектов, обслуживающих бесперебойную работу на автомобильном и железнодорожном транспорте. При реализации сложных и ответственных строительных проектов в транспортном строительстве возрастают требования к качеству зданий, сооружений и коммуникаций.

Поиск путей ресурсосбережения и снижения себестоимости транспортных объектов также является весьма актуальным. Применение безопасных гелиосистем, обеспечивающих горячей водой и энергией здания и сооружения на транспорте, способствует решению этих проблем.

Безопасный и экологически чистый способ приготовления горячей воды и поддержки отопления (гелиосистемы) завоевывает во всем мире все большую популярность. Системы горячего водоснабжения и отопления с использованием солнечных коллекторов особенно активно развиваются в странах, экономика которых (как и наша) испытывает существенную зависимость от импортируемого топлива.

Гелиоустановки – это устройства для преобразования солнечной энергии в другие виды. Они могут применяться для нагревания и охлаждения воды и воздуха, то есть отопления и кондиционирования, опреснения воды, выработки электроэнергии и др.

В конструкции гелиосистемы основным элементом является солнечный коллектор, или гелиоколлектор. Именно в поглощающей панели гелиоколлектора под воздействием солнечного излучения, а точнее, инфракрасной его составляющей, и происходит преобразование солнечной энергии в тепловую. В результате панель разогревается, а прокачиваемый через нее жидкий теплоноситель отбирает полученное тепло.

На транспорте эффективное применение гелиосистемы могут найти там, где есть потребность в горячей воде: на вокзалах и предприятиях общественного питания, для душевых, домов отдыха локомотивных бригад и особенно на объектах, удаленных от централизованных систем теплоснабжения (придорожных кафе, строительных бытовках, общественных комплексах, расположенных вдоль магистралей и у транспортных развязок и др.).

Сегодня современные установки обладают дополнительными преимуществами, поскольку энергоэффективность их значительно увеличилась, ударостойкая герметичная конструкция коллектора практически не имеет теплопотерь, а срок эксплуатации может составлять более 20 лет.

При проектировании и установке гелиоколлекторов следует учитывать индивидуальные особенности объекта: высоту здания, наклон и направленность скатов крыши, затененность рядом стоящими объектами или деревьями и др. Гелиоустановки могут быть расположены на крышах и стенах зданий, на земле с учетом максимальной ориентации их на юг.

Опыт эксплуатации гелиоустановок в Республике Беларусь на железнодорожных объектах уже есть и свидетельствует о высокой эффективности их работы.

Сегодня гелиоустановки эффективно эксплуатируются на объектах железнодорожного транспорта: дистанции пути Барановичского отделения БелЖД и Волковысской дистанции пути, на моторвагонном депо БелЖД в Минске, локомотивном депо (дом отдыха для машинистов) в Полоцке, в доме отдыха локомотивных бригад в Калинковичах; на предприятии «Красносельскавтотранс» в Гродненской области (для прачечных и душевых). Установка солнечного коллектора на Заводе путевых машин в Пинске, принадлежащем БелЖД, позволила отказаться от услуг местной ТЭЦ, а затраты на установку солнечного коллектора окупались за считанные месяцы.

Опыт эффективной эксплуатации и производства современных солнечных коллекторов белорусскими специалистами в г. Гомеле, производящими мониторинговые исследования их работы, показал, что наиболее объективная и точная оценка работы гелиоустановки возможна при учете солнечных часов в сутки, а не пасмурных и солнечных дней в году. Достаточно нескольких часов (двух-трех) появления солнца из-за туч в пасмурный день, чтобы температура в бойлере современной гелиоустановки восстановилась и повысилась, а современное утепление бойлеров позволяет длительное время поддерживать в нем высокую температуру.

В Гомельской области гелиоустановки с успехом эксплуатируются сегодня на 50 объектах. Одними из первых гелиоустановки стали эффективно эксплуатироваться на ж.-д. транспорте – на Гомельской дистанции гражданских сооружений и Гомельской дистанции пути, где горячая вода используется для производственных и бытовых нужд – механической мастерской, буфета, душевой (от коллекторов, имеющих общую площадь 12,6 м<sup>2</sup>, можно получать до 6 кВт тепловой энергии с емкостью объемом 500 л).

Гелиоустановки нагревают воду для эксплуатационных служб на железнодорожном транспорте, например, в вагонном депо удовлетворяется ежедневная потребность в подогреве эмульсии для мойки колесных пар подвижного состава.

Солнечное тепло может быть эффективным источником тепла и энергии для зданий, расположенных вдали от инженерных коммуникаций.

Широкое применение с высокой степенью эффективности солнечные коллекторы могут найти в транспортном строительстве – там, где требуется горячая вода, а именно: в служебных НГЧ, для прачечных комбинатов на транспорте, ремонтно-механических мастерских, зданий по обслуживанию (ремонт, уборке, мойке, чистке подвижных составов) и т. п.

Наибольший экономический эффект может быть получен с марта по октябрь, (т. е. 7–8 месяцев в году). Работать гелиосистемы могут бесконечно – пока светит солнце.

В Беларуси есть все перспективы, чтобы солнечная энергия (наряду с другими возобновляемыми источниками) работала на энергетическую безопасность страны. Солнечные установки практически не требуют больших эксплуатационных расходов, не нуждаются в ремонте и требуют затрат лишь на них сооружение и поддержание их в чистоте. Работать они могут бесконечно.

Сбережение дорогостоящих энерго- и теплоресурсов будет способствовать энергонезависимости РБ и транспортного комплекса в частности.

Здания и сооружения на транспорте, использующие горячую воду, при использовании гелиоколлекторных систем могут стать энергоэффективными и надежными.

УДК 66.013.512

## **ВЛИЯНИЕ ЗИМНИХ УСЛОВИЙ НА ПАРАМЕТРЫ БЕТОНИРОВАНИЯ: ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИЧИНЫ, МЕТОДЫ ОЦЕНКИ**

*Е. А. ДЕМИДОВА, В. В. ТИТОК, Е. В. НОВАК*

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина*

Современные способы организации и технологии строительства предусматривают непрерывное выполнение строительных работ в течение года без остановок, обусловленных природно-

климатическими и погодными условиями в зимнее время. При осуществлении бетонирования при среднесуточной температуре ниже +5 °С нормативной базой предусматривается увеличение трудоемкости и стоимости работ, при этом организационно-технологические параметры однотипных процессов могут существенно отличаться при их выполнении в разных временах года.

Существует много исследований и практических разработок по осуществлению бетонирования в условиях холодного или жаркого климата, воздействия агрессивной среды, стесненных условиях и влияния других усложняющих факторов. В то же время в дополнительном рассмотрении и развитии нуждаются способы прогнозирования сроков выполнения работ, стоимости и трудоемкости с учетом влияния зимних условий. Создание методики исследования отклонений этих значений от плановых, выявление реальных параметров для условий Украины является актуальной задачей технологии и организации строительства.

Сезонная трансформация параметров выполняемых работ выступает не только основой для нового качественного преобразования процессов бетонирования, но требует разработки методологической базы технологии и организации строительства, создания нового и оптимизации существующего инструментария, планирования параметров работ на различных этапах инвестиционно-строительного процесса, учета возможных отказов и отклонений в результате усложняющихся условий в зимнее время года. В результате возникает необходимость создания новых принципов, моделей и методов прогнозирования с учетом сезонной трансформации процессов строительства под влиянием зимних условий, из чего вытекает актуальность и своевременность исследования.

С развитием новых подходов к проведению публичных закупок и процедур тендеров для заказчиков растет важность прогнозирования и адекватного оценивания дополнительных расходов на проведение строительства, в том числе и в зимних условиях. Особую актуальность приобретает вопрос об оценке заказчиком затрат на зимнее удорожание для отдельных видов работ, проводимых зимой, так как в соответствии с ДСТУ-Н Б Д.1.1-5: 2013, при составлении сметной документации стоимость и трудоемкость выполнения строительных работ в зимний период принимается как процент суммы по главам 1–8 сводного сметного расчета стоимости объекта строительства, то есть как среднегодовая. Тогда как при составлении тендерных предложений подрядные предприятия – участники торгов рассчитывают стоимость и трудоемкость большинства дополнительных работ, связанных с выполнением строительства в зимний период, исходя из фактических решений ППР, обычно не выходя за пределы предусмотренной в инвесторской смете суммы расходов.

Эффективность выполнения работ в зимних условиях на объектах гражданского и промышленного строительства значительно зависит от качества принятия организационных и технологических решений, инструментального совершенствования организации строительства, что значительно облегчает организационное проектирование зданий и сооружений, дает возможность выбора оптимального способа выполнения строительных работ в зависимости от конкретных условий, сокращает сроки строительства.

Определяя влияние зимних условий на параметры строительства, следует иметь в виду, что причины ухудшения параметров строительства могут зависеть не только от сезона выполнения работ, но и от других факторов, влияние которых может заменить сезонные факторы.

Причины задержек или срывов сроков выполнения работ можно разделить:

- на климатические (ветер более шести баллов, мороз ниже –25 °С приводят к остановке строительства или отдельных строительных процессов; снегопад, гололед, ливень, ветер, мороз – к увеличению сроков выполнения работ и их трудоемкости);

- экономические (инфляция, подорожание материалов, конструкций, деталей, машин, механизмов, топлива, электроэнергии приводят к увеличению стоимости строительства);

- финансовые (резкий спад инвестиций, остановка финансирования строительства приводят к остановке строительных работ);

- социально-политические (протесты населения по возведению объектов, деятельность активистов против застройки городов, забастовки, невыход или опоздание на работу, невыполнение производственных заданий, низкая квалификация исполнителей, порчи или хищения материалов, инструмента, оборудования приводят к остановке строительства, увеличению его стоимости и т. д.);

– организационные (изменения в правилах оформления и несвоевременное обеспечение проектно-сметной документацией, срыв сроков поставки материалов, сроков работ, отсутствие материалов, отсутствие рабочих необходимой специальности и квалификации, недостатки оперативного планирования и управления, срыв сроков подготовки строительной площадки, правил ввода объекта в эксплуатацию);

– технологические (переработка недоброкачественно выполненных работ, изменение запланированной последовательности работ, нарушение правил охраны труда и техники безопасности, появление непредвиденных работ, недостатки в проектировании технологии строительных работ, нарушение графика работ субподрядными организациями);

– технические (поломки машин, механизмов, транспортных средств, выход из строя энерго- и водоснабжения, дорог, изменение проектных решений в процессе строительства);

– качественные (низкое качество материалов, деталей, конструкций, оборудования приводит к необходимости их замены по ходу строительства, вызывает увеличение его стоимости или проблемы при эксплуатации объекта);

– форс-мажорные (стихийные бедствия, военные действия и т. д. – полная остановка возведения объектов).

Результаты опроса свидетельствуют о высоком проценте влияния финансовых, экономических, организационных, политических факторов на полную остановку строительства при нарушениях хода выполнения работ – наибольшее влияние имеют организационные, технические, технологические, климатические факторы. Устранение всех причин отказов и нарушений хода строительства невозможно, но участники строительства могут осуществлять ряд мероприятий по мониторингу, оперативного реагирования и нейтрализации или предотвращения выявленных угроз.

С целью выявления факторов, которые оказывают наибольшее влияние на отказы, сбои и отклонения хода строительного процесса от плановых показателей, проведен опрос работников строительных предприятий, принимавших участие в возведении жилых домов в городах Киев и Черновцы.

Влияние климатических факторов на сроки выполнения работ работники оценили на 22 балла из 100. Результат характеризуется как средняя степень воздействия. Это может означать, что большинство строительных компаний могут успешно нейтрализовать негативное влияние природно-климатических факторов, имея технологические возможности выполнять строительство в течение года. Но при этом стоимость и трудоемкость выполнения работ растут, потому что многие строительные работы выполняются на открытом, ничем не защищенном пространстве, а для их успешной реализации нужны дополнительные организационно-технологические мероприятия. Поэтому можно предположить, что отклонения параметров бетонирования в зимних условиях зависят от температуры окружающего воздуха. Эти отклонения можно прогнозировать с разной степенью точности, имея данные по среднесуточной температуре в течение нескольких предыдущих лет или зная месяц, в котором будут проводиться бетонные работы.

Влияние зимних условий на параметры строительства на этапе разработки и утверждения ПОС учитывается укрупненно, без привязки к конкретным процессам, видам работ, условиям их выполнения. Подробные мероприятия разрабатывают в ППР на основе ПОС, их разрабатывают непосредственные исполнители работ. Так что на момент проведения тендера у заказчика есть только общая сумма средств, которые могут быть использованы для выполнения дополнительных работ в зимних условиях, и их трудоемкость, которые могут быть использованы для проверки обоснованности тендерных предложений. Поэтому заказчику нужен дополнительный инструментарий, который с достаточной точностью, быстро, без дополнительных трудозатрат управленческого персонала, поможет осуществить оценку изменения параметров строительства (стоимости, трудоемкости, сроков выполнения работ) под влиянием зимних условий.

Исходя из гипотезы исследования о влиянии зимних условий на параметры строительства (сезонные колебания стоимости, трудоемкости и сроков бетонирования), широко известные методы определения сезонных колебаний могут быть использованы для обнаружения этого влияния; определения закономерностей их развития, расчета будущих отклонений параметров под действием зимних условий и создания инструментария прогнозирования влияния зимних условий на параметры бетонирования.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ,  
ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЦЕСС ДЕПАССИВАЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ  
В КОМПЛЕКСЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Р. Ю. ДОЛОМАНЮК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Для Республики Беларусь, входящей в единую транспортную систему Европы и имеющей на своей территории около 6,5 тыс. мостов, обеспечение их бесперебойной работы является важнейшей государственной задачей. Проектный срок службы мостов составляет 100 лет. Однако практика эксплуатации мостовых сооружений показывает, что наибольшее коррозионное воздействие на железобетон оказывают хлориды щелочных и щелочноземельных металлов, широко используемых в реагентах на дорогах в зимний период (более 250 тыс. т).

Все чаще в инженерной практике наряду с конструкционным проектированием строительных железобетонных конструкций используется зарубежный термин «durability design» или «service life design», что переводится как проектирование долговечности или срок службы. Считается, что обеспечить заданный срок службы можно путем соблюдения определенных нормативных конструктивных требований (минимальный защитный слой бетона, водоцементное отношение, расход цемента и т. д.). В мостостроительной практике выделяют два основных подхода к прогнозированию долговечности мостов. Первый основывается на функции деградации конструкций мостов, для которой необходимо большое число опытных данных. Второй подход базируется на прогнозировании изменения состояния стальной арматуры в бетоне с точки зрения физико-механических процессов, протекающих в конструкции под воздействием различных факторов окружающей среды с учетом влияния транспортных процессов [1].

Предложенная модель деградации железобетонных конструкций на прогнозе коррозионного состояния стальной арматуры в бетоне представляется дифференциальными уравнениями, в результате решения которых получено выражение карбонизации защитного слоя бетона  $t_{carb}$  и накопление критической концентрации хлоридов у поверхности стальной арматуры  $t_{Cl}$ , лет:

$$t_p = \frac{x_c^2}{2k_w^2 k_f^2 D_{CO_2} a^{-1} (c_1 - c_2)}, \quad t_{Cl} = \frac{x_c^2}{4D_{Cl} \cdot \left( \operatorname{erf}^{-1} \left( \frac{C_s - C_{crit}}{C_s} \right) \right)^2},$$

где  $t_p$  – срок службы, лет;  $x_c$  – глубина карбонизации за время службы конструкции, м;  $k_w$  – коэффициент, учитывающий влияние погодных условий;  $k_f$  – коэффициент влияния морозной деструкции;  $D_{CO_2}$  – коэффициент диффузии  $CO_2$  в бетоне,  $m^2/c$ ;  $a$  – реакционная емкость бетона (количество  $CO_2$ , необходимое для превращения всех способных карбонизироваться продуктов гидратации цемента),  $kg/m^3$ ;  $c_1$ ,  $c_2$  – соответственно содержание диоксида углерода на внешней поверхности бетона и на границе карбонизации (бесконечно малая величина),  $kg/m^3$ ;  $D_{Cl}$  – коэффициент диффузии хлоридов в бетоне,  $m^2/c$ ;  $\operatorname{erf}()$  – функция ошибок Гаусса;  $C_s$  и  $C_{crit}$  – концентрация хлоридов на поверхности арматуры, % по массе цемента [1].

В результате исследований параметров, влияющих на период инициирования коррозии стальной арматуры, установлено:

а) коэффициент влияния влажности за период наблюдений 1981–2010 гг. в течение времени имеет значения от 0,4 до 0,08. Глубина карбонизации за время службы конструкции в зависимости от коэффициента влияния влажности будет варьироваться во времени от 1 года до 100 лет в пределах от 0,1 до 5,6 мм (рисунок 1);

б) коэффициент влияния морозного разрушения в нашей климатической зоне составляет 1,14–4,24 мм на 0,0001 при сроке до 10 лет и 4,47–14,14 мм на 0,001 – от 10 до 100 лет (рисунок 2);

в) реакционная емкость бетона для элементов пролетных строений лежит в пределах от 24,9 до 30,4  $cm^3$  бетонной смеси (рисунок 3). Среднее значение коэффициента диффузии углекислого газа в железобетоне мостовых элементов варьируется в пределах от  $2,5 \cdot 10^{-5}$  до  $5 \cdot 10^{-5} cm^2/c$  [2];

г) коэффициент диффузии хлоридов в бетоне  $D_{Cl}$  является определяющим параметром при оценке долговечности железобетонных элементов по физическим моделям деградации. Этот коэффициент определяется как скорость переноса диффундирующего вещества (хлорида) через единицу площади, деленную на пространственный градиент концентрации вещества (хлорида) и измеряется в  $см^2/с$ . Сложность определения  $D_{Cl}$  состоит в том, что для получения значений требуются длительные сроки воздействия  $CO_2$  воздуха на бетон. Значение коэффициента диффузии приведены в таблице 1.

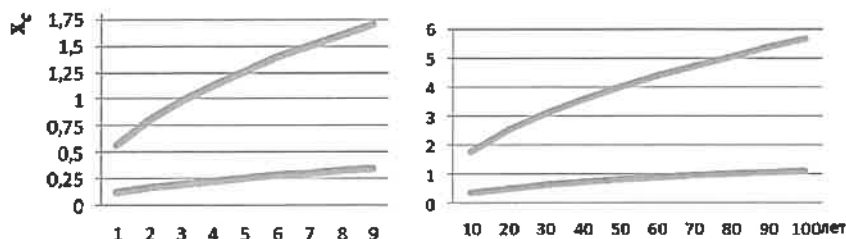


Рисунок 1 – Глубина карбонизации во времени от 1 года до 100 лет в зависимости от коэффициента влияния влажности

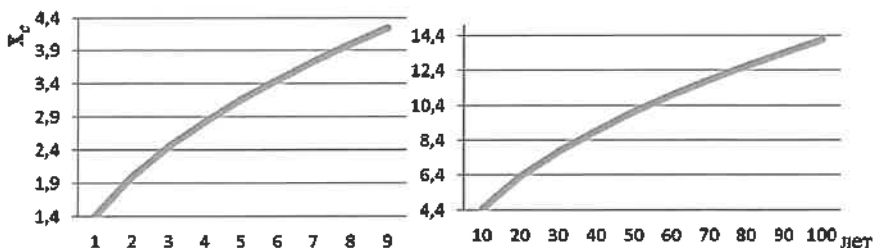


Рисунок 2 – Глубина карбонизации во времени от 1 года до 100 лет в зависимости от коэффициента влияния морозного разрушения

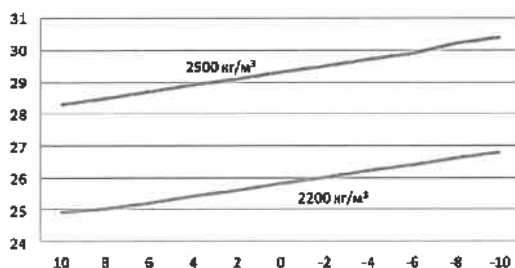


Рисунок 3 – Зависимость реакционной емкости бетона от его плотности и температуры

Таблица 1 – Коэффициент диффузии хлоридов в бетоне

$D_{Cl}, м^2/с$	Максимальное В/Ц					
	0,25	0,3	0,4	0,45	0,51	0,55
1 год	$2,359^{-12}$	$2,115^{-12}$	$1,701^{-12}$	$1,526^{-12}$	$1,339^{-12}$	$1,227^{-12}$
5 лет	$1,853^{-12}$	$1,305^{-12}$	$6,479^{-13}$	$4,564^{-13}$	$2,998^{-13}$	$2,265^{-13}$
10 лет	$1,670^{-12}$	$1,060^{-12}$	$4,274^{-13}$	$2,714^{-13}$	$1,573^{-13}$	$1,094^{-13}$
50 лет	$1,311^{-12}$	$6,542^{-13}$	$1,627^{-13}$	$8,117^{-14}$	$3,522^{-14}$	$2,019^{-14}$
100 лет	$1,182^{-12}$	$5,314^{-13}$	$1,073^{-13}$	$4,826^{-14}$	$1,848^{-14}$	$9,752^{-15}$

Модель прогноза долговечности железобетонных элементов мостовых сооружений на стадии проектирования позволяет определить их сроки службы в виде функции времени в зависимости от физико-механических свойств бетона и стальной арматуры, а также условий эксплуатации.

#### Список литературы

- 1 Васильев, А. А. Модель прогнозирования долговечности железобетонных пролетных строений мостов / А. А. Васильев, Р. Ю. Доломанюк, С. В. Дашкевич // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2018. – № 1 (36). – С. 121–123.
- 2 Доломанюк, Р. Ю. Оценка расчета коэффициента диффузии углекислого газа в железобетонных элементах мостовых конструкций / Р. Ю. Доломанюк // Международный научно-практический журнал «Интеграция наук». – М. – 2018. – № 7 (22). – С. 146–150.



## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ОСАДКАМИ И ДЕФОРМАЦИЯМИ СООРУЖЕНИЙ

*И. П. ДРАЛОВА, Н. С. СЫРОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Недооценка деформационных процессов может привести к необратимым последствиям. Чтобы свести к минимуму риск, необходим постоянный мониторинг осадочно-деформационных процессов. Технология мониторинга деформаций основана на последовательном накоплении и обработке данных наблюдений – отметок и плановых координат специальных осадочных и осадочно-деформационных марок, закрепляемых на объекте. Данные поступают через примерно равные интервалы времени, длительность которых зависит от конкретного объекта. Фрагмент данных, содержащий информацию об измерениях на определенный фиксированный момент времени, составляет цикл наблюдений. В качестве методов определения осадок фундаментов рассматриваются геометрическое, тригонометрическое и гидростатическое нивелирования.

Сущность геометрического нивелирования сводится к определению превышения одной точки над другой горизонтальным лучом визирования, используя нивелир и рейки. Нивелир – геодезический прибор, у которого в момент отсчета по рейке визирная ось устанавливается в горизонтальное положение. Визирная ось зрительной трубы – это мнимая линия, соединяющая перекрестие нитей сетки и оптический центр объектива. Таким образом, в нивелире должна быть зрительная труба для точного визирования на рейку и уровень, обеспечивающий горизонтальное положение визирной оси.

Тригонометрическое нивелирование – один из способов определения превышения в вертикальной плоскости между разными точками местности или сооружений. Для этого применяются геодезические приборы – теодолиты и тахеометры, – обладающие конструктивными способностями наклонного визирования. В самом его названии заложена сущность метода, основанная на применении части математического аппарата вычислений с использованием набора тригонометрических функций после выполнения полевых линейных и угловых измерений.

Гидростатическое нивелирование – определение высот точек земной поверхности относительно исходной точки с помощью сообщающихся сосудов с жидкостью. Гидростатическое нивелирование основано на том, что свободная поверхность жидкости в сообщающихся сосудах находится на одном уровне. Гидростатический нивелир состоит из двух стеклянных трубок, вставленных в рейки с делениями, соединенных резиновым или металлическим шлангом и заполненных жидкостью. Разность высот определяют по разности уровней жидкости в стеклянных трубках, причем учитывают различие температуры и давления в различных частях жидкости гидростатического нивелира. Погрешности определения разности высот этим методом составляют 1–2 мм. Гидростатическое нивелирование применяют для непрерывного изучения деформаций инженерных сооружений, высокоточного определения разности высот точек, разделенных широкими водными преградами и др.

При этом основная роль отводится нивелированию горизонтальным лучом (геометрическое нивелирование) способом «совмещения», а тригонометрическое нивелирование предлагается применять в трудных условиях.

Повсеместное применение в геодезическом производстве высокоточных приборов позволяет выполнять геометрическое нивелирование с автоматическим получением отсчетов по рейке, а также увеличить область применения тригонометрического нивелирования. Применение таких приборов имеет свои особенности и требует установления определенного алгоритма действия на станции [1].

Процесс определений осадок с использованием геодезических приборов сопровождается воздействием ряда отрицательных факторов. К таким воздействиям необходимо отнести: недостаточную освещенность объекта, вибрационные колебания, температурные воздействия и т. п.

Значительное влияние на процесс взятия отсчетов играет освещение. При его недостатке или избытке взятие отсчетов затрудняется и скорость измерений заметно снижается.

Воздействие вибраций на процесс выполнения геометрического нивелирования зависит от частоты вибрации и амплитуды колебаний, строения фундамента оборудования, расположения ножек штатива, расстояния между прибором и источником вибрации и пр.

Тепловое излучение, а также потоки теплого воздуха – это явления, схожие с воздействием вертикальной рефракции на визирный луч. Кроме устойчивого искривления луча свойственны сильные колебания штрихов рейки и их расплывчатость.

Проанализируем воздействие вышеперечисленных факторов на процесс геометрического нивелирования цифровыми нивелирами. В период эксплуатации средняя квадратическая погрешность определения осадки в слабом месте хода не должна превышать 1 мм. Обеспечить такую высокую точность способен цифровой нивелир DINI 22, для которого средняя квадратическая погрешность на 1 км двойного хода не превышает 0,3 мм при использовании инварных реек.

Нивелир DINI 22 фирмы «Trimble» (Германия) состоит из водонепроницаемого корпуса, с размещенной в нем оптикой, электронно-измерительным и регистрирующим модулем. Корпус нивелира соединен с несъемной подставкой для установки нивелира на штатив. На верхней части корпуса нивелира имеется ручка для его переноски. Управление нивелиром и его настройка обеспечивается посредством клавиатуры и жидкокристаллического экрана, расположенных на задней панели нивелира, точное наведение на рейку осуществляется с помощью рукоятки наводящего устройства. Нивелир снабжен круглым уровнем для быстрого его приведения в рабочее положение. Автоматическое выставление визирной оси в горизонтальное положение обеспечивается с помощью компенсатора. Взятие отсчета может выполняться визуальным способом по стороне с традиционными шашечными делениями или электронным способом по стороне с кодовыми делениями, при этом прибор автоматически выполняет измерение и выводит на экран отсчет по рейке и дальность до нее. Имеется встроенная память для сохранения 2200 измерений и последовательный порт RS-232C для передачи данных на компьютер. Нивелир снабжен встроенным аккумулятором емкостью 1,1 А·ч и напряжением 6,0 В. Полной зарядки аккумулятора хватает для работы в течение 6 дней. Рабочий диапазон температур от –20 до +50 °С [2].

Благодаря автоматическому выводу результатов измерения значительно повышается производительность, точность геометрического нивелирования и исключается ошибка наблюдателя. Перед началом измерений наблюдателем задаются допуски в расхождениях между отсчетами, при превышении которых прибор выдает предупреждающий сигнал [2]. Важным преимуществом цифрового нивелира является возможность автоматического ввода ряда поправок в отсчет по рейке (за кривизну Земли, рефракцию) и, что особенно важно, ввод поправки за нарушение главного условия нивелира пропорционально измеряемым длинам плеч. Это позволяет допускать значительное неравенство плеч на станции при условии регулярного проведения поверки.

Результаты геодезических измерений деформаций являются одним из основных материалов, характеризующих устойчивость и надежность оснований фундаментов. Данные измерений вертикальных и горизонтальных деформаций оснований фундаментов зданий и сооружений могут быть использованы с целью: определения скорости и неравномерности деформаций и сравнения их с расчетными (прогнозируемыми); проектирования мероприятий по устранению деформаций или их предупреждению; выявления причин возникновения и степени опасности деформаций для нормальной эксплуатации зданий и сооружений; предупреждения и устранения аварийных ситуаций; своевременного проведения ремонтных работ, изменения условий эксплуатации.

Полученные результаты наблюдений за деформациями зданий и сооружений отражаются в техническом заключении или отчете. Там же описываются сценарии развития событий, даются рекомендации по предотвращению нежелательных ситуаций.

На сегодняшний момент цифровые нивелиры не могут полностью заменить оптические. Нивелир Н-05 более неприхотлив в работе, чем DINI 22. Нивелирование способом «совмещения» возможно производить в условиях плохой освещенности, вибраций и при наличии видимости небольшого участка рейки (менее 30 см). Сегодня не представляется возможным полностью отказаться от оптико-механических геодезических приборов и заменить их на электронные. Это связано с ограниченностью использования электронных приборов при большом влиянии внешней среды.

#### Список литературы

1 Жарников, В. Б. О классах геометрического нивелирования для контроля деформаций / В. Б. Жарников, Б. Н. Жуков // Геодезия и картография. – 1990. – № 9. – С. 22–26.

2 Руководство пользователя. Цифровой нивелир Trimble Dini /Trimble Navigation Limited, 2006.

3 Ворошилов, А. П. Измерение осадок зданий и сооружений электронными тахеометрами / А. П. Ворошилов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – Вып. 3. – 2005. – № 13. – С. 37–39.

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРИДОРОЖНОГО СЕРВИСА В БЕЛАРУСИ

А. В. ЕВСТРАТЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Сложившуюся к настоящему времени систему придорожного сервиса республиканских трасс Беларуси можно охарактеризовать как несовершенную, с неравномерным размещением и разнообразным архитектурно-планировочным решением элементов преимущественно малой функциональности. С целью ее оптимизации и унификации, принимая во внимание влияющие принципы интегрирования пунктов обслуживания в структуру дорог [1], можно предложить основные типы объектов: базовый, базово-инфраструктурный, локальный, туристско-рекреационный, пригородный, селитебный. Объекту каждого типа соответствует определенный набор доступных пользователю услуг и планировочная структура. Центральным звеном выступают автозаправочная станция и пункт общественного питания как наиболее значимые в пути услуги, размещаемые с наименьшим интервалом.

Объект базового типа является точечным и создается на базе автозаправочной станции и (или) пункта питания с небольшим перечнем сопутствующих услуг. При дополнении такого предприятия иными требуемыми услугами, в частности, станцией технического обслуживания или пунктом постоя, формируется базово-инфраструктурный тип в качестве точечного или многозадачного объекта. Базовый и базово-инфраструктурный типы объектов придорожного сервиса должны размещаться в соответствии с нормативным принципом [2].

Расширенные типы объектов могут быть образованы при наличии соответствующих предпосылок. Локальный тип формируется вблизи пересечения крупных автомобильных дорог с интенсивным транспортным потоком. Объект туристско-рекреационного типа создается в условиях благоприятного для отдыха природного ландшафта либо вблизи мест туризма. Пригородный тип преимущественно формируется вблизи и в составе крупных и средних городов и активно посещается жителями данных населенных пунктов. Предприятие селитебного типа может быть образовано в пределах сельского поселения и направлено на обслуживание в том числе местных жителей. Локальный, туристско-рекреационный, пригородный и селитебный типы являются объектами многозадачными и комплексными, которые не рекомендуется формировать повсеместно, а на территориях в полосе отвода республиканских трасс, соответствующих типу, и при наличии спроса на обслуживание.

В таблице 1 приведено рекомендуемое наполнение объекта обслуживания в соответствии с приведенными рекомендациями. Все предложенные типы объектов могут быть отнесены к различным структурным уровням, проявляющимся в их многообразных потребительских качествах. Наиболее высоким структурным уровнем характеризуются объекты пригородного и туристско-рекреационного типа. Базовый тип, напротив, имеет наиболее низкий структурный уровень.

Таблица 1 – Рекомендуемая структура объекта обслуживания согласно его типу

Функционально-планировочная зона	Элемент структуры	Тип объекта придорожного сервиса					
		Базовый	Базово-инфраструктурный	Локальный	Туристско-рекреационный	Пригородный	Селитебный
Коммуникационная	Парковки	■	■	■	■	■	■
	Проезды	■	■	■	■	■	■
	Зеленые зоны						
Универсально-общественная	Пункт питания	■	■	■	■	■	■
	Бытовое обслуживание				■		▲

Окончание таблицы 1

Функционально-планировочная зона	Элемент структуры	Тип объекта придорожного сервиса					
		Базовый	Базово-инфраструктурный	Локальный	Туристско-рекреационный	Пригородный	Сельтебный
Универсально-общественная	Банковское обслуживание		▲	■	■	■	■
	Пункт торговли			■			■
	Медпункт/аптека				▲		
	Административные, служебные помещения	■	■	■	■	■	■
Транспортная	АЗС	■	■	■		■	■
	СТО		▲	■		■	■
	Мойка					▲	
	Охраняемая стоянка		▲	■	■	■	
	Административные, служебные помещения	■	■	■		■	■
Жилая	Пункт постоя		▲		■	■	
	Административные, служебные помещения		▲		■	■	
Рекреационная		▲	■	■	■	■	
Досуговая	Развлекательная				■	■	■
	Детская		▲		■	■	■
	Спортивная		▲		■	■	
	Оздоровительная				■	■	
	Баня				■	■	
	Пункт проката транспорта				▲	▲	
	Пункт проката спортивного инвентаря и снаряжения				■	■	
Инженерно-хозяйственная	Инженерно-технические помещения	■	■	■	■	■	■
	Хозяйственные постройки	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Санитарно-бытовые постройки				▲		▲	▲

Примечание – ■ – обязательная зона, ▲ – рекомендуемая зона.

Вопросы вместимости объекта и его отдельных функциональных групп не могут быть решены однозначно и требуют анализа ситуации на конкретном участке трассы, главным образом, потребительского спроса. Плановый подход не может быть однозначно применен. Доминирующими в данном вопросе являются рыночные потребности, т. е. маркетинговый принцип.

#### Список литературы

- 1 Евстратенко, А. В. Объекты придорожного сервиса Беларуси: история формирования и современное состояние : [монография] / А. В. Евстратенко ; под ред. И. Г. Малкова. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 151 с.
- 2 Евстратенко, А. В. Территориальная организация объектов придорожного сервиса в Беларуси / А. В. Евстратенко // Архитектура: сборник научных трудов. – 2019. – Вып. 12. – С. 159–164.

**СТРУКТУРА СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.  
ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ  
НА ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЕ**

*З. Н. ЗАХАРЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях жесткой рыночной экономики ключевое значение при строительстве зданий и сооружений имеет стоимость различных компонентов будущего объекта (конструктивная схема, этажность, объемно-планировочное решение, уровень инженерно-технического обеспечения, материал наружных стен), а также стоимость различных видов работ (земляные работы, монтажные работы, отделочные и т. д.) при его возведении.

В общем случае стоимость возведения любого объекта определяется такими показателями, как выбор территории строительства, строительно-монтажные работы, устройство наружных инженерных сетей и благоустройство. Если, например, рассматривать структуру затрат на строительство 10-этажного жилого дома, то в среднем подготовка территории строительства составляет около 0,03 % от общей сметной стоимости, строительная часть здания – 69,5 %, инженерное обеспечение – 22,17 %. Остальные расходы приходятся на затраты подрядчика, связанные с выполнением строительных работ и затраты заказчика, связанные с обеспечением ввода в действие объектов.

Как видно, основную долю от общей стоимости возведения объекта составляет непосредственно строительная часть. Если рассматривать структуру стоимости строительно-монтажных работ, то в процентном соотношении можно выделить следующие категории: земляные работы составляют около 0,40 %, стоимость фундаментов – 1,75 %, наружных стен – 23,8 %, внутренних стен – 20,5 %, перегородок – 3,2 %, перекрытий и покрытий – 15,65 %, кровли – 1 % и других элементов и конструкций – 3,20 %. В свою очередь инженерно-техническое обеспечение здания составляет (%): водоснабжение и канализация – 4,87, теплоснабжение – 5,85, вентиляция – 0,30, газоснабжение – 1,20, электроосвещение и силовое оборудование – 3,55, связь – 1,60, технологическое оборудование и трубопроводы – 2,95, автоматизация – 0,35, освещение – 1,50.

Следует отметить, что в каждом из компонентов существуют свои принципы и подходы снижения их стоимости. Например, существенное значение при снижении стоимости одного из наиболее ресурсоемких компонентов здания – наружных стен – имеют габаритные размеры здания. Так, при увеличении ширины здания с 12 до 21 м удельная площадь наружных ограждений существенно уменьшается, что позволяет соответственно снизить и их стоимость, а следовательно, и стоимость строительства в целом [1]. На рисунке 1 представлены графики снижения стоимости строительства жилых зданий при сокращении удельной площади их вертикальных наружных ограждений. Так, например, при площади этажа 400 м<sup>2</sup> площадь наружных ограждений при значениях ширины здания 12, 15, 17 и 21 м уменьшается соответственно следующим образом: 253,85, 233,35, 225,23, 224,28 м<sup>2</sup> (в процентном соотношении – 100, 91,9, 88,7 и 88,4 %). Соответствующее данному уменьшению удельной площади наружных стен снижение стоимости составляет примерно 2, 5, 8 % соответственно. При площади этажа 600 м<sup>2</sup> снижение удельной площади ограждающих конструкций составляет соответственно – 100, 86,7, 82,8 и 80 %, а снижение стоимости – 3, 7, 12 %. Из рисунка видно, что максимальное снижение стоимости строительства при различной площади этажей (от 400 м<sup>2</sup> и выше) наблюдается при ширине здания 21 м и достигает почти 25 %.

Указанные процентные соотношения по различным компонентам возводимого объекта установлены для усредненных обычных условий строительной площадки. В реальных условиях очень часто производитель работ сталкивается с некоторыми так называемыми неблагоприятными факторами (высокий уровень грунтовых вод, «слабые» грунты, высокая/низкая температура атмосферного воздуха и др.). По некоторым данным подобные неблагоприятные факторы могут способствовать значительному увеличению стоимости производства работ (например, в [2] указывается увеличение до 50 %). Так, при понижении высокого уровня грунтовых вод стоимость строительства увеличивается от 1 до 3 %, при осушении заболоченных территорий – до 4 %, а недостаточная несущая

способность грунтов повышает стоимость строительства – до 10 % [2]. В случае проведения специальных работ (например, по ликвидации оврагов или противооползневые мероприятия) стоимость возрастает до 50 %.

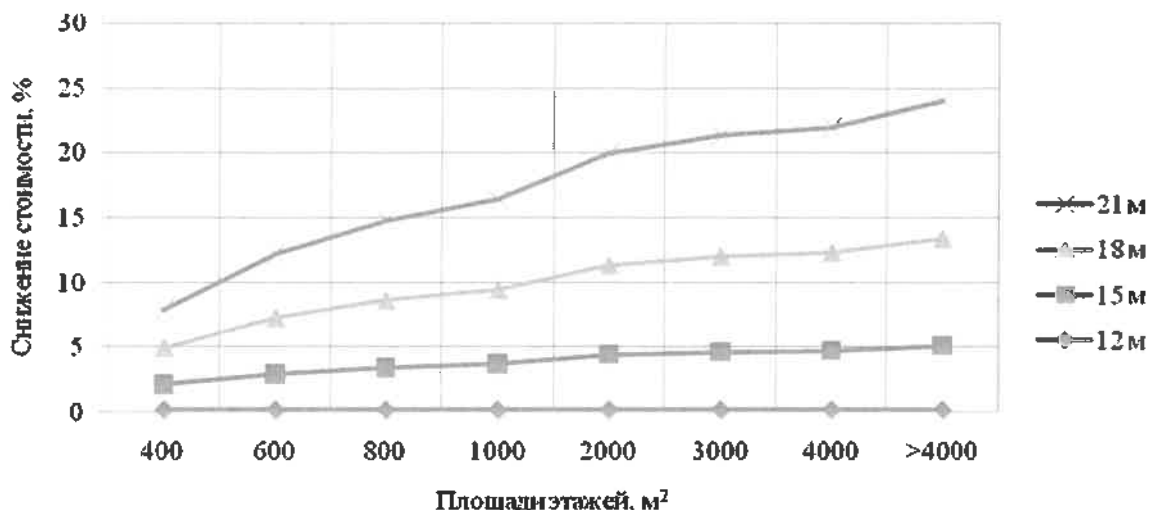


Рисунок 1 – Зависимости снижения стоимости строительства от снижения площади наружных ограждений здания при ширине здания 12, 15, 18 и 21 м

Таким образом, подготовка территории строительства, в частности, при наличии подобных неблагоприятных факторов, может существенно повлиять на общую стоимость строительства. В связи с этим можно считать целесообразным при выборе площадки строительства стремиться к вариантам с наименьшим количеством подобных неблагоприятных условий, что свидетельствует о важности качественного проведения на подготовительном этапе различных видов изыскательских работ, в т. ч. топографической съемки, инженерно-геологических и геодезических изысканий и т. п. Важно также учитывать, что выбор участка для строительства с неблагоприятными внешними условиями впоследствии существенно скажется на процессе эксплуатации объекта. Так, в некоторых источниках указывается, что стоимость эксплуатации зданий в таких неблагоприятных условиях может увеличиваться до 55 % [2]. Например, здание, построенное на мокрых грунтах, впоследствии в эксплуатации оказывается дороже на 10 %, чем здание, построенное на обычных грунтах; понижение высокого уровня грунтовых вод увеличивает в дальнейшем эксплуатационные расходы на 2–5 %.

**Выводы.** В современных условиях стоимостные показатели играют существенную роль в обеспечении устойчивого развития строительного комплекса нашей страны. Учитывая многокомпонентность структуры самого здания, а также многофакторность воздействующих на него в процессе возведения и последующей эксплуатации критериев и условий, выявление возможных путей сокращения стоимости реализации тех или иных конструктивных и инженерно-технических решений, а также проведения различных видов строительного-монтажных работ имеет важное значение в реализации задачи снижения стоимостных показателей единицы площади. Должное внимание, особенно в условиях участвующейся нестабильности природно-климатических факторов даже в пределах нашей страны, необходимо уделять так называемым неблагоприятным условиям площадки строительства, недостаточный учет которых может значительно увеличить стоимость производства работ.

#### Список литературы

- 1 Булгаков, С. Н. Окупаемая реконструкция жилых домов первых массовых серий / С. Н. Булгаков, В. В. Леонтьев // Научно-техническое издание. – М. : Издательство АСВ, 2018. – 246 с.
- 2 Черняк, В. З. Экономика строительства и коммунального хозяйства : учеб. для вузов / В. З. Черняк. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 623 с.

## ЗАМЕНА ЭСКАЛАТОРОВ НА МИНСКОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ВОКЗАЛЕ

*С. В. ИГНАТОВ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Здание пассажирского железнодорожного вокзала в г. Минске построено в 1999 году по проекту № 92-028, разработанному институтом «Минскпроект». Здание четырехэтажное, с дополнительным подземным техническим этажом, расположенным на отм.  $-7,650$  м, и техническим надземным этажом, расположенным на отм.  $+16,950$ , с общими размерами по наружным осям  $46,50 \times 174,00$  м.

Здание выполнено каркасным, несущими элементами здания являются ленточные монолитные фундаменты; железобетонные и стальные стойки и колонны; настилы перекрытий из монолитного и сборного железобетона по балкам.

Общая устойчивость и геометрическая неизменяемость здания обеспечивается за счет совместной работы жесткого сопряжения колонн и фундаментов, колонн с ригелями и настилами перекрытий, системами вертикальных связей, наличием вертикальных ядер жесткости, в которых находятся пути эвакуации.

Первоначальным проектом было предусмотрено, что в здании главного корпуса Северного железнодорожного вокзала станции Минск-Пассажирский будут располагаться 8 эскалаторов: 4 эскалатора марки E900 – подъем с отм.  $+0,150$  на отм  $+8,550$  и 4 эскалатора марки ЭПЗО – подъем с отм.  $-4,650$  на отм  $+0,150$ . Эти эскалаторы и были смонтированы при строительстве до монтажа покрытия здания.

В связи с достаточно продолжительным периодом эксплуатации (до 2018 года) рабочие механизмы существующих эскалаторов изнашивались и их дальнейшая безопасная эксплуатация вызывала сомнение.

Государственным предприятием «Институт «Белжелдорпроект» (ГИП – С. Н. Лебедев) была разработана проектная документация по замене 6 эскалаторов; вместо изношенных и устаревших эскалаторов была предусмотрена установка новых греческой фирмы Kleemann. Согласно заданию на проектирование замене подлежат 2 эскалатора E900 в осях 11-12/Ж-Н1 и 4 эскалатора марки ЭПЗО: 2 эскалатора в осях 9-11/Г-Е, 2 эскалатора в осях 12-14/Г-Е.

В связи с тем, что главный корпус Северного железнодорожного вокзала станции Минск-Пассажирский, расположенный по адресу г. Минск, площадь Привокзальная, является важным пересадочным узлом и полностью закрыть проход через этот узел не предоставлялось возможным, проектом предусматривалось производство работ с выделением трех очередей строительства без остановки работы здания вокзала:

– первой очередью строительства предусматривалась полная замена эскалаторов № 2 и № 3 (подъем с отм.  $-4,650$  на отм.  $+0,150$ ), максимальным весом  $12\,939$  кг и расположенных между осями 9-11 с последующей заменой зашивки боковых и нижней поверхностей эскалаторов, комплекс работ по переустройству инженерных сетей электроснабжения, диспетчеризации и системы управления эскалаторов;

– второй очередью строительства предусматривался комплекс работ по замене эскалаторов № 6 и № 7, расположенных между осями 12-14, также обеспечивающих подъем с отм.  $-4,650$  на отм  $+0,150$ ;

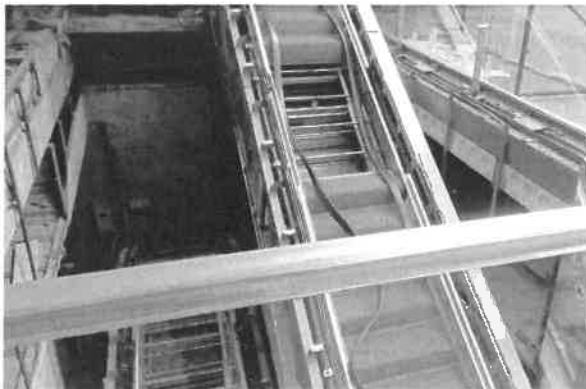
– третьей очередью строительства были реализованы работы по замене эскалаторов № 4 и № 5 (марки E900), осуществлявших подъем с отм.  $+0,150$  на отм  $+8,550$ . Масса одного заменяемого эскалатора составляла  $19\,963$  кг.

Для осуществления работ каждой из очередей были выполнены большие комплексы подготовительных работ, включающие не только обеспечение мест производства средствами обеспечения пожарной безопасности, снабжения электроэнергией и т.д., но и установлено охранно-защитное ограждение мест производства работ, которое обеспечивало как недопуск посторонних к местам производства строительно-монтажных работ, так и подход ко всем функционирующим участкам здания вокзала и беспрепятственный проход пассажиров к поездам, а также выходы на все этажи здания.

Так, если четыре эскалатора, осуществляющие подъем с отм.  $-4,650$  на отм  $+0,150$  дублировали друг друга и их замена не представляла сложностей в части организации движения потока людей,

то наиболее технически сложным было организовать работы по замене двух центральных эскалаторов № 4 и № 5, осуществлявших подъем с отм. +0,150 на отм +8,550, которые находились над выходом из подземного тоннеля со стороны станции Дружная.

а)



б)



Рисунок 1 – Работы по замене эскалаторов: а – 1-я очередь; б – 3-я очередь

Для обеспечения безопасных условий производства работ было предусмотрено, что замена этих эскалаторов осуществлялась в две захватки: 1-я захватка – замена эскалатора № 4, при которой проход пассажиров осуществлялся по лестнице, расположенной со стороны эскалатора № 5; 2-я захватка – замена эскалатора № 5, когда проход пассажиров осуществлялся по лестнице, расположенной со стороны эскалатора № 4.

Технологическая последовательность выполнения работ по третьей очереди была реализована в следующей последовательности:

- выполнена разборка всех ограждений и декоративной зашивки, гранитной облицовки на полу у нижней части эскалаторов;

- частичная разборка эскалаторов балюстрады, электродвигателей, редукторов, ступеней, цепей в целях уменьшения нагрузки на грузоподъемные механизмы и приспособления, используемые при демонтаже эскалаторов;

- на отм. +0,150 и +8,550 слева и справа от эскалаторов были установлены по две «А»-образные металлические рамы, которые были установлены с помощью кран-балки и тали грузоподъемностью 15 и 20 Т;

- на конструкцию из «А»-образных рам и кран-балки с талью, расположенных на первом этаже, были вмонтированы механические ролики в направлении от демонтируемых эскалаторов в сторону главного входа;

- был осуществлен подъем эскалаторов и их плавное перемещение в сторону главного входа. При этом нижняя рамная конструкция также перемещалась, а верхняя была неподвижной. После того, как эскалатор был полностью опущен на уровень +0,150 в горизонтальное положение и установлен на технологические опоры и подвижные роликовые катки, рама эскалатора была разъединена на две части, которые были удалены через проемы главного входа на улицу.

Такая последовательность по демонтажу была реализована для двух эскалаторов. Монтаж новых эскалаторов выполнялся в порядке, обратном демонтажу, с использованием тех же приспособлений и механизмов.

В результате грамотного проектного решения и слаженных работ была осуществлена замена износившихся эскалаторов на новые без закрытия здания вокзала.



## КОНЦЕПЦИЯ СТОККАДИЧЕСКИХ РИТМОВ В КОЛОРИСТИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ К ФОРМИРОВАНИЮ ВИЗУАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

*А. А. КАРАМЫШЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Создание визуальной среды города зависит от многих факторов. Она формируется зданиями, элементами транспортной сети, зелеными насаждениями, рекламой, малыми формами, техническими атрибутами современной городской инфраструктуры и др. Критериями ее принятия могут выступать эстетичность, гармоничность, современность. Наряду с исторически сложившимися традициями она должна удовлетворять принципам удобства, функциональности, информативности, соответствовать требованиям морального и эстетического комфорта современного жителя.

Для того чтобы лучше понять принципы формирования визуального компонента городской среды, необходимо проанализировать строение визуального стереотипа в восприятии объекта человеческим глазом на физиологическом уровне. Как известно, процесс восприятия визуального образа в зрительном анализаторе происходит не плавно [1]. Глаза человека совершают мгновенные перемещения от точки к точке с частотой от одного до трех замираний в секунду. Эти перемещения называются саккады. Таким образом, наши глаза двигаются по объекту посредством последовательных саккад для извлечения важной информации. Подобные саккады осуществляются в разных направлениях (вверх, вниз, в стороны и под углом) последовательно от одной точки картинке к другой, создавая образ объекта из статических фиксаций на его деталях. Сканировав таким образом объект или участок визуальной среды, мы производим его анализ. В первую очередь учитывается воспринятое как опасное – безопасное пространство, а во вторую очередь как интересное – неинтересное. Если все вокруг безопасное и интересное, мы чувствуем себя комфортно и наша психика гармонизируется.

Очевидно, что монотонная среда не является благотворной для создания качественного образа и неудобна для психики. Саккадам негде, условно говоря, находить точки фиксации. Это состояние некомфортно уже на уровне физиологического аппарата нашего зрения, нервной системы. Надо сказать, что среда, в которой формировался человеческий разум в его эволюционном становлении, всегда обладала качеством изменчивости. Мы инстинктивно стремимся к разнообразию. Монотонный видеоряд нервирует. Тем не менее, избыточная перегрузка визуальными стимулами вредна не меньше монотонии. Саккадические фиксации интенсифицируются, перегружая мозг информацией. Видеоряд воспринимается мозгом в качестве опасного раздражителя, возникает тревожность, стресс. Существует множество исследований, говорящих о негативном воздействии на организм хронического стрессового состояния. Существуют также в этом направлении и работы архитектурно-дизайнерского характера [6]. В 2003 г. в Сан Диего была создана исследовательская организация ANFA (Academy of Neuroscience for Architecture), занимающаяся вопросами влияния архитектурной среды на нейрофизиологию организма человека. Таким образом, сегодня мы с полной уверенностью можем говорить об актуальности проблемы гармонизации визуальной городской среды с научной, медицинской и эстетической точек зрения, а также о необходимости дальнейших исследований вопросов дизайна визуальной городской среды.

Исследования в области нейроэстетики говорят нам о том, что природные формы и естественные цветовые соотношения востребованы человеческой психикой в городской среде. И здесь мы сталкиваемся с понятием «видеоэкологии», в которой ключевую роль играет проблема рекламы. Улицы города, по которым мы ежедневно ходим, – важнейший элемент визуальной среды, требующий основного внимания со стороны всех архитектурно-художественных служб. Сегодня мы видим, что наши улицы полны хаотически разбросанных там и сям «мимоходов», рекламных объявлений, растяжек. Рекламные щиты выполнены без учета окружающих факторов визуальной среды, цветовое решение подается обособленно, в противоречии с контекстом. Даже сами тротуары все чаще становятся информационным объектом. Ритмы саккад человеческого глаза не могут приспособиться к интенсивности и несогласованности информационного

потока и выключают мозг из смыслового контекста. При этом восприятия той же рекламы, важных информационных сообщений и других не происходит. Нам кажется, что вопросы информационного обустройства зданий, а следовательно, и городской среды должны быть в поле зрения городской архитектурной службы.

Еще М. Я. Гинзбург в 1923 г., формулируя теоретические основы конструктивизма [3], говорил о том, что образ города в человеческом сознании строится на основе зрительных впечатлений об устойчивости его структуры, указывает на важнейший формообразующий фактор городского массива – ритм. Таким образом, когда мы говорим о визуальной городской среде, мы можем выделить фактор ритма этой среды. И в этом ключе саккадические интеракторы в восприятии визуального ряда можно воспринимать ключевым оператором, важнейшим принципом в направлении нейрофизиологической эстетики архитектурных исследований, связанных с колористикой города в том числе. Устойчивая структура визуальной среды – это структура гармонично фиксированная, в которой саккадические ритмы благотворны для психики. В. Гроппиус охарактеризовал принцип визуальной среды города как «гармоничное пространство для жизни», т. е. по сути – эстетически завершенный, удобный, целесообразно организованный предметно-пространственный ансамбль [4]. Очевидно, что это модель природного ландшафта, окружения, в котором человек жил в природе миллионы лет своего развития. Визуальная информация формирует метафору устойчивости среды, ее комфортности или дискомфорта. Визуальное восприятие в значительной степени обусловлено восприятием ландшафта. При этом если архитектура формирует визуальную структуру, зависимую от решения архитектора и социальных аспектов, то ландшафт воспринимается в сугубо заданном природном ключе. Современный город требует тех же природных ритмов, стремится к визуальному восприятию естественной для него среды. Формирование уличной застройки с учетом силуэтной композиции и ее перспективного восприятия является сложным вопросом градостроительного формирования, учитывающего историю, традиции, социально-экономические факторы. Однако в первую очередь нужно учитывать «зеленый» фактор. В летний период основным фактором восприятия являются растительные насаждения вдоль тротуаров, в парках и скверах. Проблема в том, что в зимнее время колористический ландшафт меняется в сторону обесцвечивания, колористическое решение жилых массивов сливается с окружающей средой. Цветовая монотонность воздействует на физиологическое состояние граждан не лучшим образом. С учетом нейрофизиологических данных [6] можно говорить о росте депрессивных и соматических заболеваний в условиях подавленного цветового ряда визуальной городской среды. Всем понятно, что введение в серый или белый тон зимних городских улиц вечнозеленых деревьев и кустарников существенно повысит качество городских ландшафтов.

Таким образом, говоря об эстетике визуальной среды города, мы всегда имеем в виду соединение архитектурной и дизайнерской идеи. В наше время улицы города не являются статичными образованиями – они постоянно меняются, наполняются новыми объектами восприятия разной степени функциональности, и относиться к визуальному оформлению городской среды необходимо в динамическом аспекте. Очевидно, что вопросы колористики и обустройства визуальной среды города необходимо согласовывать на уровне административных органов. При составлении архитектурными службами архитектурно-планировочных заданий на проектирование, нужно оговаривать некоторые вопросы из предлагаемых выше. Со временем это может быть внесено в строительные нормативно-правовые акты.

#### Список литературы

- 1 Гиппенрейтер, Ю. Б. Движения человеческого глаза / Ю. Б. Гиппенрейтер. – М : Изд-во Моск. ун-та, 1978. – 256 с.
- 2 Беляева, Е. Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия / Е. Л. Беляева. – М. : Стройиздат, 1997. – 125 с.
- 3 Гинзбург, М. Я. Ритм в архитектуре / М. Я. Гинзбург. – М. : Среда коллекционеров, 1923. – 65 с.
- 4 Шимко, В. Т. Архитектурно-дизайнерское проектирование городской среды / В. Т. Шимко. – М. : Архитектура-С, 2006. – 384 с.
- 5 Уилсон, Э. О. О природе человека / Э. О. Уилсон. – М. : Кучково поле, 2015. – 225 с.
- 6 City living and urban upbringing affect neural social stress processing in humans // Nature, 2011. – V. 474. – P. 498–501.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ПОЛИМЕРБЕТОНА

*С. Н. КОВШАР, В. В. БАБИЦКИЙ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Полимербетоны благодаря некоторым не характерным для обычного бетона свойствам (высокая, причем универсальная, стойкость в кислотах, окислителях, щелочах, растворах солей, масел и нефти; высокие прочность и морозостойкость; практическая водонепроницаемость; прекрасные электроизолирующие свойства; способность защищать стальную арматуру от коррозии и др.) могут успешно применяться на объектах с тяжелыми и многообразными условиями эксплуатации.

Таким образом, эти бетоны весьма долговечны, но им присущ существенный недостаток – их стоимость может превышать стоимость обычного бетона на минеральных вяжущих, в частности, портландцементе, в десятки и даже сотни раз. В связи с этим грамотное проектирование состава полимербетона должно обеспечивать необходимые технико-экономические параметры.

В состав полимербетона обычно входят полимерное связующее (синтетическая смола, отверждающие и модифицирующие добавки, а также тонкодисперсный наполнитель), крупный и мелкий заполнители.

Рассмотрим подробнее методику проектирования состава.

Предварительно определяют: плотности смолы ( $\rho_{\text{смол}}$ ), отвердителя ( $\rho_{\text{отв}}$ ), пластификатора ( $\rho_{\text{пласт}}$ ), плотность ( $\rho_{\text{нап}}$ ) и удельную поверхность наполнителя ( $S_{\text{нап}}$ ); насыпную ( $\rho_{\text{мзнас}}$ ) и в зерне ( $\rho_{\text{мз}}$ ) плотности мелкого заполнителя и, соответственно, крупного ( $\rho_{\text{кзнас}}$  и  $\rho_{\text{кз}}$ ), а также их фракционный состав.

В соответствии с литературными рекомендациями или на основе экспериментов назначают процентное содержание отвердителя ( $k_{\text{отв}}$ ) и пластификатора ( $k_{\text{пласт}}$ ) от массы смолы.

Вначале определяют необходимые для последующего расчета характеристики заполнителей.

Пустотность крупного и мелкого заполнителей, д. ед.:

$$m_{\text{кз}} = 1 - \frac{\rho_{\text{кзнас}}}{\rho_{\text{кз}}} \quad (1)$$

$$m_{\text{мз}} = 1 - \frac{\rho_{\text{мзнас}}}{\rho_{\text{мз}}} \quad (2)$$

Удельная площадь поверхности крупного ( $S_{\text{удкз}}$ ) и мелкого ( $S_{\text{удмз}}$ ) заполнителей в соответствии с известной формулой А. С. Ладинского, м<sup>2</sup>/кг:

$$S_{\text{удкз}} = \frac{k_{\text{фкз}} \cdot (F_{40} + 2F_{20} + 4F_{10} + 8F_5)}{100} \quad (3)$$

$$S_{\text{удмз}} = \frac{k_{\text{фмз}} \cdot (F_{2,5} + 2F_{1,25} + 4F_{0,63} + 8F_{0,315} + 16F_{0,16} + 32F_{<0,16})}{100} \quad (4)$$

где  $k_{\text{фкз}}$ ,  $k_{\text{фмз}}$  – коэффициенты формы зерен крупного и мелкого заполнителя, м<sup>2</sup>/кг;  $F_{40}$ ,  $F_{20}$ ,  $F_{10}$ ,  $F_5$  – частные остатки крупного заполнителя на ситах 40, 20, 10, 5 мм;  $F_{2,5}$ ,  $F_{1,25}$ ...  $F_{<0,16}$  – частные остатки мелкого заполнителя на ситах 2,5, 1,25... менее 0,16 мм, %.

Далее переходят к непосредственному расчету состава бетона.

Рассчитывают коэффициент  $\alpha$ , равный отношению объема мелкого заполнителя к объему пустот между зернами крупного заполнителя. Для обычного бетона есть аналогичный термин – коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя растворной частью.

При прочих равных условиях этот коэффициент удобно связать с удобоукладываемостью полимербетонной смеси (в дальнейшем и бетон), характеризуемой осадкой конуса (ОК в см):

$$\alpha = 1,025 + 0,004 \cdot \text{ОК}, \text{ д. ед.} \quad (5)$$

С осадкой конуса можно увязать и толщину пленки связующего на поверхности мелкого и крупного заполнителей:

$$\delta = 30 + 1,7 \cdot \text{ОК}, \text{ мкм.} \quad (6)$$

Объем крупного заполнителя на 1 м<sup>3</sup> смеси, м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{кз}} = \frac{1}{1 + m_{\text{кз}} \cdot (\alpha - 1)} \quad (7)$$

а объем мелкого,  $m^3$ ,

$$V_{мз} = \alpha \cdot m_{кз} \quad (8)$$

Соответственно расходы крупного и мелкого заполнителей, кг:

$$КЗ = V_{кз} \rho_{кзнас} \quad (9)$$

$$МЗ = V_{мз} \rho_{мзнас} \quad (10)$$

Определяют суммарную площадь поверхности смеси заполнителей,  $m^2$ :

$$S_{см} = МЗ \cdot S_{удмз} + КЗ \cdot S_{удкз} \quad (11)$$

Рассчитывают пустотность смеси заполнителей,  $m^3$ :

$$m_{см} = V_{мз} m_{мз} \quad (12)$$

а далее выход бетона, кг:

$$V_6 = 1 + S_{см} \delta \cdot 10^{-6} \quad (13)$$

Затем определяют необходимый объем связующего  $V_{св}$ ,  $m^3$ , уточненные расходы крупного  $КЗ_y$ , кг, и мелкого  $МЗ_y$  заполнителей, кг:

$$V_{св} = \frac{m_{см} + S_{см} \cdot \delta \cdot 10^{-6}}{V_6} \quad (14)$$

$$КЗ_y = \frac{КЗ}{V_6} \quad (15)$$

$$МЗ_y = \frac{МЗ}{V_6} \quad (16)$$

Далее рассчитывают состав связующего.

Доля наполнителя в связующем, д. ед.:

$$d_{нап} = 0,55 - 8 \cdot 10^{-5} \cdot S_{нап} \quad (17)$$

Доля отвердителя, д. ед.:

$$d_{отв} = \frac{\rho_{смола}}{\rho_{отв}} 0,01 k_{отв} \quad (18)$$

Доля пластификатора, д. ед.:

$$d_{пласт} = \frac{\rho_{смола}}{\rho_{пласт}} 0,01 k_{пласт} \quad (19)$$

Определяют сумму долей наполнителя, отвердителя и пластификатора, а также смолы, доля которой составляет 1:

$$d = 1 + d_{нап} + d_{отв} + d_{пласт} \cdot \text{д. ед.} \quad (20)$$

Объем смолы,  $m^3$ :

$$V_{см} = \frac{V_{св}}{d} \quad (21)$$

Расходы компонентов связующего, кг:

$$\text{Смола} = V_{см} \rho_{смола} \quad (22)$$

$$\text{Наполнитель} = V_{см} \cdot 0,01 d_{нап} \rho_{нап} \quad (23)$$

$$\text{Отвердитель} = V_{см} \cdot 0,01 d_{отв} \rho_{отв} \quad (24)$$

$$\text{Пластификатор} = V_{см} \cdot 0,01 d_{пласт} \rho_{пласт} \quad (25)$$

Расчетная плотность бетонной смеси,  $кг/м^3$ :

$$\rho_{бсм} = КЗ_y + МЗ_y + \text{Смола} + \text{Наполнитель} + \text{Отвердитель} + \text{Пластификатор} \quad (26)$$

Экспериментальная апробация рассмотренной методики показала ее действенность.

#### Список литературы

1 Елшин, И. М. Полимербетоны в гидротехническом строительстве / И. М. Елшин. – М. : Стройиздат, 1980. – 192 с.

**УЧЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ МАТЕРИАЛА  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СОСТАВНЫХ БАЛОК,  
КОНТАКТИРУЮЩИХ С УПРУГИМ ОСНОВАНИЕМ**

О. В. КОЗУНОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**Актуальность проблемы.** Из анализа научной литературы по расчету шарнирно-соединенных конструкций на упругом основании [1–5] можно сделать вывод об отсутствии общего подхода к решению этой проблемы, справедливого для шарнирно-соединенных балок и плит, лежащих на любой модели упругого основания под действием произвольной внешней нагрузки.

В данной работе предлагается универсальный подход для расчета составных (шарнирно-соединенных) балок на линейно-упругом основании с учетом физической нелинейности материала балок. Этот подход основан на смешанном методе строительной механики [6] и реализуется с учетом соотношений Жемочкина в разных основаниях для функций влияния упругой среды [7].

**Постановка и алгоритм решения задачи в линейной постановке.** Рассмотрим систему составных (шарнирно-соединенных) балок на упругом основании под действием внешней нагрузки (рисунок 1). Требуется определить распределение контактных напряжений под балками, усилия и осадки. Будем считать [8], что на контакте балки с основанием действуют только нормальные напряжения, для балок справедливы гипотезы теории изгиба, шарниры между балками являются цилиндрическими. Распределение контактных напряжений по ширине равномерное.

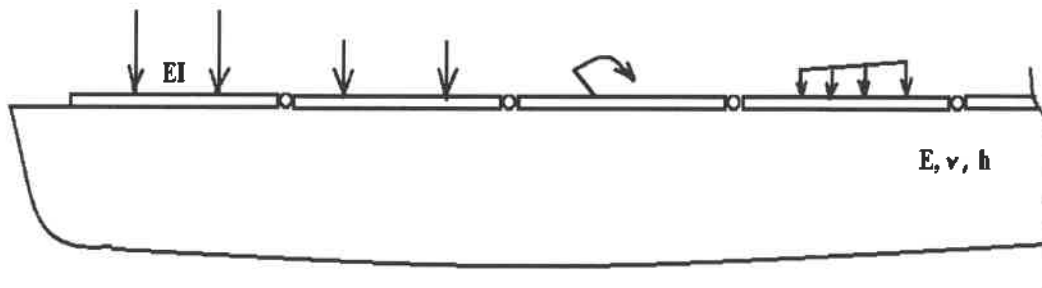


Рисунок 1 – Система составных балок на упругом основании

Разобьем каждую балку на участки равной длины и в центре каждого участка поставим вертикальную связь, через которую осуществляется контакт балки с упругим основанием. Полученную многократно статически неопределимую систему решаем смешанным методом строительной механики [6]. Основная система смешанного метода приведена на рисунке 2.

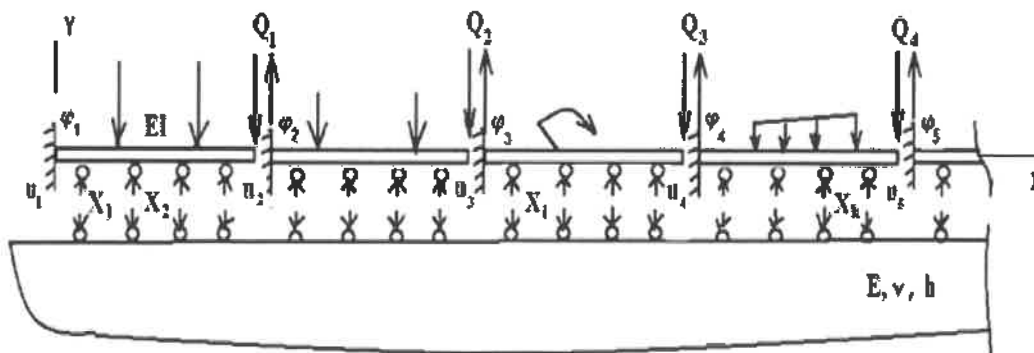


Рисунок 2 – Основная система смешанного метода

Коэффициенты при неизвестных системы канонических уравнений смешанного метода имеют следующий вид:

а) для основания Винклера соотношениями (1)

$$\delta_{i,k} = \frac{1}{Kbc} + \frac{\ell^3}{3EI} w_{i,k}, \quad i = k;$$
$$\delta_{i,k} = \frac{\ell^3}{3EI} w_{i,k}, \quad i \neq k,$$
(1)

где  $K$  – коэффициент постели упругого основания;  $EI$  – изгибная жесткость балки;

б) для упругого полупространства соотношением

$$\delta_{i,k} = \frac{1-\nu_0^2}{\pi E_0 c} F_{i,k} + \frac{\ell^3}{3EI} w_{i,k},$$
(2)

где безразмерная функция  $F_{i,k}$  в формуле (2) определяется соотношениями [7].

**Учет физической нелинейности материала балки. Алгоритм и результаты нелинейного расчета.** После определения усилий в связях Жемочкина на контакте каждой балки с упругим основанием в результате линейного расчета определяются величины изгибающих моментов в каждом сечении каждой балки известными методами строительной механики [6]. По вычисленным значениям моментов определяется касательная жесткость для каждого участка Жемочкина на балках по формуле принятой зависимости «момент-кривизна» для сечений балки. В работе она принята в виде гиперболического тангенса [8].

В дальнейшем расчете определяются коэффициенты канонических уравнений как для балки переменной жесткости (первая итерация). Для этого используется представление интеграла Мора [7]. По вычисленным значениям перемещений снова решается система канонических уравнений и определяются новые значения усилий в связях Жемочкина. Для определения скорректированных величин жесткости на каждом участке Жемочкина повторяются вычисления по приведенному выше алгоритму. Итерационный процесс заканчивается при достижении требуемой точности вычислений метода конечных разностей.

Численная реализация предлагаемого подхода выполнена с использованием математического пакета Mathematica 10.4. Приведен пример расчета для семи шарнирно-соединенных балок на действие системы сосредоточенных сил на основании Винклера с учетом их физической нелинейности. Анализ численных результатов подтверждает известный факт, что при расчете железобетонных изгибаемых балок с учетом физической нелинейности прогибы балок растут, а усилия в ней уменьшаются. Хотелось бы отметить, что в одиночной балке на основании Винклера под действием равномерно распределенной нагрузки изгибающие моменты отсутствуют. В приведенном примере такового не наблюдается.

#### Список литературы

- 1 Корнев, Б. Г. Вопросы расчета балок и плит на упругом основании / Б. Г. Корнев – М. : Стройиздат, 1954. – 127 с.
- 2 Попов, Г. Я. О расчете неограниченной шарнирно-разрезной балочной плиты, лежащей на упругом полупространстве / Г. Я. Попов // Изв. вузов, Строительство и архитектура. – № 3. – 1959. – С. 25–33.
- 3 Симвулиди, И. А. Составные балки на упругом основании / И. А. Симвулиди. – М. : Высш. шк., 1961. – 204 с.
- 4 Серебряный, Р. В. Расчет тонких шарнирно-соединенных плит на упругом основании / Р. В. Серебряный. – М. : Стройиздат, 1962. – 64 с.
- 5 Юр'ев, О. Г. Разрахунок шарнірно-з'єднаних балок на податливій основі із застосуванням інтегрального методу / О. Г. Юр'єв // Труды ХІВІ. – Вып. 29, т. VII. – 1963. – С. 44–55.
- 6 Ржаницин, А. Р. Строительная механика / А. Р. Ржаницин. – М. : Высш. шк., 1991. – 439 с.
- 7 Жемочкин, Б. Н. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании / Б. Н. Жемочкин, А. П. Сеницын. – М. : Стройиздат, 1962. – 239 с.
- 8 Козунова, О. В. Применение МКР в нелинейных расчетах балок на однородном упругом слое / О. В. Козунова // Междунар. сб. науч. статей «Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – Ровно, Украина. – 2008. – Вып. 17. – С. 373–381.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНО НАГРУЖЕННОЙ КРУГЛОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ НА НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

О. В. КОЗУНОВА, Д. М. ГУРСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

**Введение. Обзор литературы.** В рассматриваемой работе исследуется напряженно-деформированное состояние (НДС) осесимметрично нагруженной круглой фундаментной плиты, контактирующей с нелинейно-упругим однородным основанием. Для решения сформулированной задачи используется вариационно-разностный метод (ВРМ), который позволяет полностью описать НДС упругого основания под фундаментной плитой, исследовать контактную зону между плитой и основанием, вычислить внутренние усилия в фундаментной плите и осадки основания под плитой.

Из источника [1] известно, что сущность ВРМ, реализующего вариационный принцип Лагранжа с помощью метода конечных разностей, заключается в сведении задачи минимизации функционала полной потенциальной энергии, являющейся квадратичной функцией относительно деформаций и перемещений, к задаче минимизации функции многих переменных, отнесенных к узлам конечно-разностной сетки.

В отличие от функционала полной энергии деформируемой системы от внешней нагрузки, применяемого в [2, 3], в данной работе предложена другая форма функционала полной потенциальной энергии, с учетом энергии деформации [4] нелинейно-упругого основания, структура которой аналогична рассмотренной ранее в работах [5–7]. Численная реализация ВРМ в нелинейной постановке осуществляется методом конечных разностей (МКР) с использованием итерационного алгоритма А. А. Ильюшина [8] в программном пакете МАТНЕМАТИСА 10.0.

Данная работа является продолжением исследований, начатых год назад авторами. В статье [9] были опубликованы численные результаты нелинейного расчета НДС упругого основания, приведенного к однородному описанию обобщенными упругими параметрами. В предлагаемой работе исследуется напряженно-деформированное состояние не только нелинейно-упругого основания, но и контактной зоны, и железобетонной круглой плиты на этом основании. Теория и результаты решения аналогичных нелинейных задач, но для балочных плит (плоская деформация) приведены в работах [5, 6] для неоднородных оснований, и внедрены в инженерную практику нормативным документом [7].

**Постановка задачи и граничные условия.** Круглая линейно-упругая плита на нелинейно-упругом однородном основании находится под действием вертикальной осесимметричной нагрузки  $F$  (рисунок 1). Геометрические параметры плиты с учетом упругих характеристик материала, следующие: диаметр  $2b$ , цилиндрическая жесткость  $D$ .

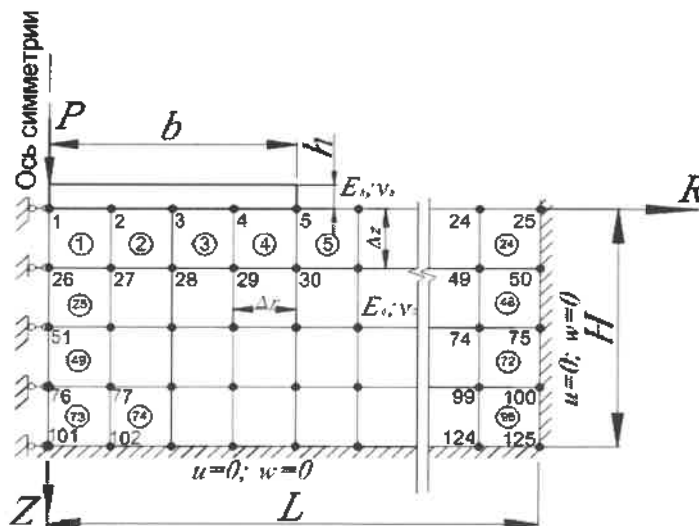


Рисунок 1 – Разбивочная сетка  $\frac{1}{2}$  расчетной области

Нелинейно-упругое однородное основание моделируется как для упругого слоя с конечной толщиной  $H$  и переменным модулем упругости этого слоя с начальным значением  $E_0$ , формула для которого представлена в работе [9]. Коэффициент Пуассона упругого слоя  $\nu_0$  принимается постоянным. Поперечник упругого основания аппроксимируется симметричной разбивочной сеткой с постоянными шагами по осям вглубь основания вдоль оси  $Z$  и в ширину расчетной области вдоль оси  $R$ . В результате получено  $N$   $i$ -х узловых и  $K$   $j$ -х сеточных ячеек в осесимметричной постановке рассматриваемой задачи.

На рисунке 1 показана разбивочная сетка  $\frac{1}{2}$  расчетной области с соответствующими граничными условиями. *За неизвестные принимаются:*  $u_i(r, z)$  и  $w_i(r, z)$  – компоненты вектора перемещения  $i$ -й узловой точки основания в полярной системе координат.

*Кинематические граничные условия* [6] реализуются на границе принятой расчетной области. Для крайних точек осесимметрично-нагруженной круглой плиты вводятся также *статические граничные условия* [8] относительно радиальных поперечной силы и изгибающего момента.

**Алгоритм расчета.** Для решения осесимметричной задачи теории упругости используются слабые функционалы полной энергии в виде: функционала энергии деформаций упругого основания, функционала энергии изгиба круглой плиты и потенциала внешней нагрузки, соотношения для которых получены ранее и приведены в работе авторов [9]. Хотелось бы отметить, что при составлении функционала энергии деформаций упругого основания [2] не учитывается работа сил собственного веса упругого основания. Следовательно, при поиске полного напряженного состояния рассматриваемой задачи необходимо на полученное решение наложить напряженное состояние от сил собственного веса основания.

В работе [9] в подробном описании приведен алгоритм вариационно-разностного расчета в линейной и нелинейной постановках (через переменный – секущий модуль упругости (деформации)), а именно: минимизация полной энергии деформации системы «плита-основание», замена дифференциальных уравнений конечно-разностными аппроксимациями и составление системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) для нахождения компонент-вектора перемещений.

**Результаты расчета.** В результате проведенных исследований по осадкам упругого основания под фундаментной плитой были определены ее прогибы для линейного и нелинейного расчетов, а также вертикальные напряжения нелинейно-упругого основания на характерных горизонтальных срезах. По прогибам исследуемой плиты через дифференциальные соотношения были вычислены внутренние усилия в ее сечениях и сопоставлены с известными ранее.

#### Список литературы

- 1 Барашков, В. Н. Алгоритм реализации задач теории упругости и пластичности вариационно-разностным методом. Ч. 1 / В. Н. Барашков // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2003. – № 3, Т. 306. – С. 23–28.
- 2 Босаков, С. В. Метод Рунге в контактных задачах теории упругости / С. В. Босаков. – Брест : БрГТУ, 2006. – 107 с.
- 3 Босаков, С. В. Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск : БНТУ, 2002. – 127 с.
- 4 Гриффин, Д. С. Численное решение осесимметричных и плоских задач упругости / Д. С. Гриффин, Р. Б. Келлог // Механика. Периодический сборник переводов иностранных статей. – М. : Мир. – 1968. – № 2 (108). – С. 117–125.
- 5 Босаков, С. В. Вариационно-разностный подход в решении контактной задачи для нелинейно упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Теория расчета. Ч. 1 / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Вестник БНТУ. – 2009. – № 1. – С. 5–13.
- 6 Козунова, О. В. Статический анализ системы «балочная плита – нелинейно-упругое неоднородное основание» вариационно-разностным методом: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.17 / О. В. Козунова. – Минск, 2017. – 168 с.
- 7 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 : Стройтехнорм, 2009. – Гл. 8. – С. 39–47.
- 8 Александров, А. В. Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высшая школа, 1990. – 398 с.
- 9 Козунова, О. В. Осесимметричная задача для вертикально нагруженного фундамента с подошвой круглой формы на нелинейно-упругом основании / О. В. Козунова, Д. М. Гурский // Междунар. сб. науч. тр. (Вып. 11). Механика. Исследования и инновации. – Гомель, БелГУТ, 2018. – С. 94–104.



## СЪЕМКА ЛИФТОВОЙ ШАХТЫ ТАХЕОМЕТРОМ

Г. М. КУНОВСКАЯ, О. И. ЯКОВЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время для выполнения исполнительных съемок лифтовых шахт применяют электронные тахеометры. В процессе строительства тахеометром выносят разбивочные оси на фундаменты приямка, а на каждом этаже – на объемные блоки или стены шахты. При правильном выборе мест открашивания осей они сохраняются и в дальнейшем их используют при съемке. По окончании возведения шахты для производства монтажных работ в ней устанавливают на каждом этаже настилы, которые отступают от стены на  $\geq 200$  мм. В первую очередь монтажники с помощью отвесов проверяют вертикальность стен, геометрические размеры шахты и съемку.

В одном из способов съемки тахеометр устанавливают в приямке, в другом – на каждом этаже возле дверного проема шахты [1]. При выполнении съемок в шахте не должно быть настилов, что бывает редко, и нет непосредственного доступа к закладным деталям и стенам шахты. Можно предложить способ съемки лифтовой шахты с стоянкой тахеометра возле стены приямка  $\sim 150$  мм и установкой марки на визирные цели с настилов:

1 На фундаментах приямка имеются знаки (риски) разбивочных осей. До начала возведения за разбивочные оси  $X, Y$  принимают середины внутренних проектных размеров шахты. Для вынесения дополнительных знаков от знаков разбивочных осей откладывают рулеткой горизонтальные расстояния  $a - 150$  и  $b - 150$  мм и знаки маркируют (рисунок 1).

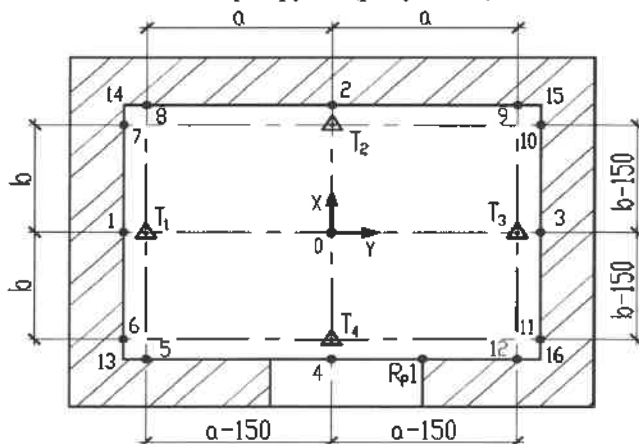


Рисунок 1 – Схема разбивочной основы в приямке лифтовой шахты:  
 точки 1–4 – знаки (риски) разбивочных осей шахты; точки 5–12 – дополнительные знаки; точки  $T_1$ – $T_4$  – точки стоянок тахеометра;  
 точка  $R_{p1}$  – высотная отметка

Вводят временную систему координат  $X'Y'$  с началом в точке 1, для чего измеряют горизонтальные расстояния  $l$  между знаками 1 и 3 (базис): 1 (0, 0); 3 (0,  $l$ ). Тахеометр устанавливают в приямке и по знакам 1 и 3 обратной засечкой определяют координаты стоянки и выполняют съемку знаков 1–4.

Высотную отметку стоянки определяют измерением на знак  $R_{p1}$ .

Сдвиг начал координат по оси  $Y$ :

$$\Delta Y = \frac{Y'_2 + Y'_4}{2}.$$

По координатам знаков разбивочных осей 1–4:

$$\begin{aligned} X_i &= X'_i; \\ Y_i &= Y'_i - \Delta Y; \end{aligned}$$

определяют координаты стоянки и с высотной отметкой выполняют съемку 1–12 знаков, которые теперь являются разбивочной основой приямка.

2 Если на фундаменте приямка нет знаков разбивочных осей, то рулеткой измеряют внутренние размеры шахты и на стенах на одинаковой высоте размечают середины этих расстояний:

$$S_1 = \frac{1}{2} S_{13-14}; S_2 = \frac{1}{2} S_{14-15}; S_3 = \frac{1}{2} S_{16-15}; S_4 = \frac{1}{2} S_{13-16}.$$

т. е. знаки 1–4 (см. рисунок 1).

Координаты знаков разбивочных осей:

$$1\left(0, -\frac{1}{2}(S_4 + S_2)\right); 2\left(\frac{1}{2}(S_1 + S_3), 0\right); 3\left(0, \frac{1}{2}(S_2 + S_4)\right); 4\left(-\frac{1}{2}(S_1 + S_3), 0\right).$$

Дополнительные знаки 5–12 выносят на стены и маркируют.

Тахеометр устанавливают в центре приямка и по координатам знаков 1–4 определяют координаты стоянки и выполняют съемку знаков 1–4. Высотную отметку стоянки определяют измерением на знак  $R_p1$ .

По полученным из съемки координатам знаков 1–4 определяют координаты стоянки и с высотной отметкой выполняют съемку 1–12 знаков [2].

Для уточнения положения знаков применяют программу преобразования координат «Транскор». Начальная система координат  $XU$  – координаты знаков разбивочных осей из последней съемки. Другая система координат  $X_{II}Y_{II}$  – координаты проектных положений этих знаков 1 ( $0, Y_1$ ); 2 ( $X_2, 0$ ); 3 ( $0, Y_3$ ); 4 ( $X_4, 0$ ), где  $X_i, Y_i$  – координаты знаков разбивочных осей из последней съемки. Вначале определяют параметры преобразования системы координат с начальным пунктом «Центр тяжести». С этими параметрами преобразуют координаты  $XU$  всех знаков 1–12 в систему координат  $X_{II}Y_{II}$ . Знаки в системе координат  $X_{II}Y_{II}$  являются разбивочной основой приямка.

Для съемки тахеометр устанавливают на подставку, ее можно изготовить из стального листа, согнутого под  $90^\circ$ , с раскосами. В подставке должны быть большое отверстие для станкового винта и четыре отверстия для крепления ее к стенке. Из дерева изготавливают марку в виде прямоугольного параллелепипеда с размерами, например,  $40 \times 40 \times 20$  мм. На грань наклеивают светоотражающую пленку и размечают в центре перекрестие. В тахеометре выполняют калибровку.

При затруднении в наведении с стоянок  $T_1 - T_4$  на знаки используют диагональный окуляр или наводят тахеометр с помощью лазерного указателя (длина луча  $< 3$  м). Лазерный луч визуально совмещают наводящими винтами с серединой знаков.

Съемку лифтовой шахты выполняют с стоянок  $T_1 - T_4$  с установкой марки с настилов к стенам и на углы закладных деталей и стен. Количество стоянок тахеометра может быть разное (2–4) и зависит от расположения закладных деталей в стенах шахты.

Результаты проведенной съемки в дальнейшем используются при монтаже лифтового оборудования.

#### Список литературы

- 1 Нестеренок, М. С. Применение электронного тахеометра для исполнительной съемки лифтовых шахт / М. С. Нестеренок, В. Н. Вексин // Наука и техника. Серия 2. Строительство. – 2015. – № 2. – С. 38–41.
- 2 Куновская, Г. М. Создание геодезического обоснования при реконструкции промышленных сооружений / Г. М. Куновская, О. И. Яковцева // IV Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ. – 2018. – С. 95–96.

УДК 624.05

### РАЗБИВОЧНАЯ ОСНОВА НА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКЕ

Г. М. КУНОВСКАЯ, О. И. ЯКОВЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Как известно, в большинстве случаев заказчик на строительной площадке создает геодезическую разбивочную основу с выносом в натуру главных или основных разбивочных осей зданий и

сооружений, которая затем передается подрядчику. К акту прилагается схема расположения на местности постоянных осевых знаков, которые закрепляют положение основных осей зданий (рисунок 1).

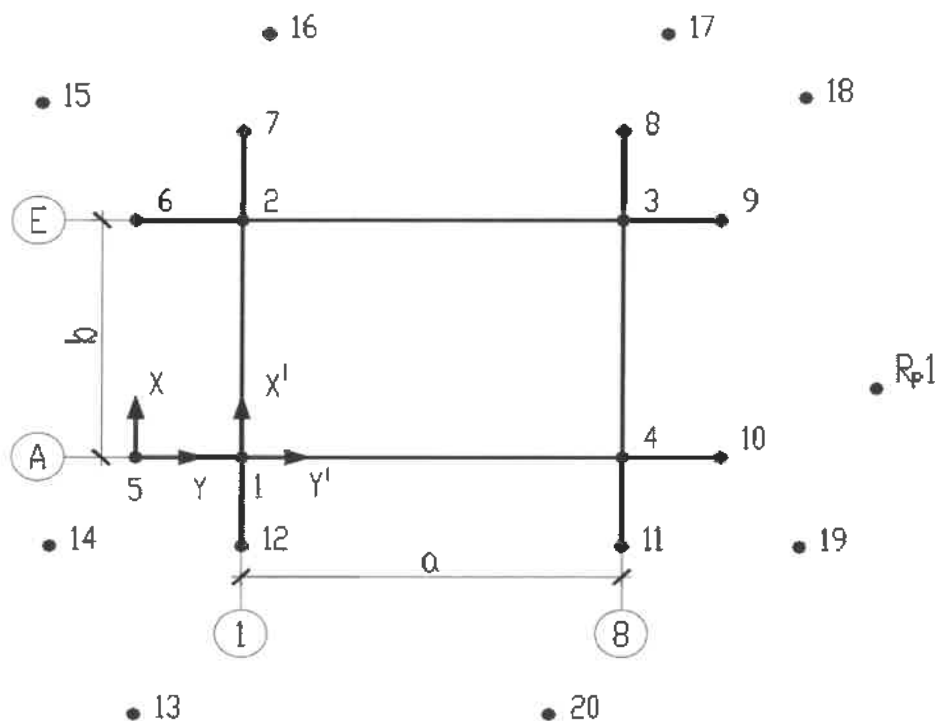


Рисунок 1 – Схема знаков разбивочной основы

На рисунке 1:

точки 1–4 – знаки пересечения основных осей;

точки 5–12 – осевые знаки;

точки 13–20 – дополнительные знаки;

точка 1 – начало системы координат  $X'Y'$ .

Осевых знаков на каждой оси должно быть не менее двух с каждой стороны контура здания, но практически бывает по одному металлическому штырю [1].

В разбивочных работах при возведении зданий применяют электронные тахеометры. Для определения положения тахеометра на перекрытии (монтажном горизонте) необходима видимость на несколько осевых знаков, которая часто отсутствует из-за складываемых строительных материалов, временных и постоянных сооружений, ограждения строительной площадки и близкого расположения осевых знаков к возводимому зданию.

После создания разбивочной основы с осевыми знаками на капитальных зданиях, сооружениях, бордюрах, колодцах и т. д., которые расположены на строительной площадке и вне ее, открашивают дополнительные знаки в виде пересекающихся рисок или наклеивают на них светоотражающую пленку. Координаты дополнительных знаков определяют в системе координат осевых знаков несколькими способами:

1 Если на схеме указаны расстояния между знаками пересечения основных осей и осевыми знаками или их можно непосредственно измерить (1–5, 1–12, 2–6, 2–7, 3–8, 3–9, 4–10, 4–11), то координаты знаков будут: 1 (0, 0); 2 ( $b$ , 0); 3 ( $b$ ,  $a$ ); 4 (0,  $a$ ); 5 (0,  $-s_{1-5}$ ); 6 ( $b$ ,  $-s_{2-6}$ ); 7 ( $b + s_{2-7}$ , 0); 8 ( $b + s_{3-8}$ ,  $a$ ); 9 ( $b$ ,  $a + s_{3-9}$ ); 10 (0,  $a + s_{4-10}$ ,  $a$ ); 11 ( $-s_{4-11}$ ,  $a$ ); 12 ( $-s_{1-12}$ , 0).

а) по координатам знаков 1–12 обратной геодезической засечкой определяют координаты стоянки тахеометра и выполняют при двух кругах съемку знаков 1–12. Высотную отметку стоянки определяют измерением на знак  $R_p1$ ;

б) по полученным из съемки координатам знаков определяют координаты стоянки и с высотной отметкой выполняют съемку всех знаков 1–20 [2].

2 Иногда на строительной площадке имеются только осевые знаки 5–12 (выкопан котлован) и неизвестны расстояния между знаками пересечения основных осей и осевыми знаками. Тогда используют систему координат  $XU$  с началом в точке 5, а ось  $U$  совмещают с линией 5–10. Координаты стоянки тахеометра определяют с помощью функции «Базис» измерениями на знаки 5 и 10. При отсутствии функции с точки стоянки тахеометра измеряют угол между знаками 5 и 10 и расстояние до них и вычисляют расстояние  $d$  между знаками по теореме косинусов.

а) по координатам знаков 5 и 10: 5 (0, 0); 10 (0,  $d$ ) – определяют координаты стоянки и выполняют съемку осевых знаков 5–12. Высотную отметку стоянки определяют измерением на знак  $R_p 1$ ;

б) от полученных из съемки координат знаков переходят к координатам  $X'Y'$  с началом в точке 1. Сдвиг начала координат по оси  $Y$ :

$$Y_c = \frac{Y_7 + Y_{12} + Y_8 - a + Y_{11} - a}{4}$$

По координатам осевых знаков 5–12:

$$X'_i = X_i;$$

$$Y'_i = Y_i - Y_c$$

определяют координаты стоянки и с высотной отметкой выполняют съемку всех знаков 5–20.

3 Для уточнения положения знаков применяют программу преобразования координат «Транскор». Начальная система координат  $X'Y'$  – координаты осевых и дополнительных знаков из окончательной съемки (пункт 1б или 2б). Другая система координат  $X_{II}Y_{II}$  – координаты проектных положений осевых знаков: 1 (0, 0); 2 ( $b$ , 0); 3 ( $b$ ,  $a$ ); 4 (0,  $a$ ); 5 (0,  $Y'_5$ ); 6 ( $b$ ,  $Y'_6$ ); 7 ( $X'_7$ , 0); 8 ( $X'_8$ ,  $a$ ); 9 ( $b$ ,  $Y'_9$ ); 10 (0,  $Y'_{10}$ ); 11 ( $X'_{11}$ ,  $a$ ); 12 ( $X'_{12}$ , 0), где  $X'_i, Y'_i$  – координаты осевых знаков из окончательной съемки. Вначале определяют параметры преобразования систем координат с начальным пунктом «Центр тяжести». С этими параметрами преобразуют координаты  $X'Y'$  всех знаков от 1–20 или 5–20 в систему координат  $X_{II}Y_{II}$ .

Дополнительные знаки с координатами в пунктах 1 б), 2 б) или 3 являются разбивочной основой на строительной площадке.

#### Список литературы

1 ТКП 45-1.03.313–2018 (33020) Геодезические работы в строительстве. Основные положения. – Взамен ТКП 45-1.03.26–2006 (02250), ТКП 45-1.03.106–2008 (02250); введ. 01.05.2018. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь: Стройтехнорм, 2018. – IV, 13 с.: табл.

2 Куновская, Г. М. Создание геодезического обоснования при реконструкции промышленных сооружений / Г. М. Куновская, О. И. Яковцева // IV Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: БелГУТ. – 2018. – С. 95–96.

УДК 69.003

### ФУНКЦИИ ОСНОВНЫХ УЧАСТНИКОВ СТРОИТЕЛЬСТВА НА РАЗНЫХ ПЕРИОДАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТА СТРОИТЕЛЬСТВА

*А. С. МАКСИМОВ*

*ГП «Научно-исследовательский институт строительного производства  
им. В. С. Балицкого», г. Киев, Украина*

*О. О. ДЕМЬЯНЕНКО*

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина*

Жизненный цикл объекта капитального строительства рассматривается как совокупность взаимосвязанных этапов последовательного изменения его состояния или как период времени от создания объекта до полной его ликвидации (сноса, демонтажа), в течение которого объект создается и функционирует как материальный объект, объект недвижимости или имущественный комплекс [1].

Жизненный цикл объекта строительства можно разделить на шесть периодов: предпроектный период (начальный замысел), период проектирования, подготовительный период, период строительства, период эксплуатации объекта, период физического и морального износа.

1 Предпроектный период (начальный замысел) – это начальный период, в который выполняется сбор данных, анализ объекта строительства и привлечение кредитных инвестиционных средств.

2 Период проектирования – работы, связанные с созданием проектной документации на строительство.

3 Подготовительный период – работы, которые должны обеспечивать возможность развертывания и осуществления строительных работ [2].

4 Период строительства – сооружение нового объекта, реконструкция, расширение, достройка, реставрация и ремонт объектов, выполнение монтажных работ.

5 Период эксплуатации объекта – использование объекта по функциональному назначению (с проведением необходимых мероприятий по сохранению заданного состояния конструкций), по которому он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения параметров, установленные требованиями проектной документации.

6 Период физического и морального износа – характеризуется ухудшением основных эксплуатационных показателей физико-технических характеристик здания, приводит к принятию решения о сносе или демонтаже объекта строительства.

Периоды состоят из следующих этапов:

1 Предпроектный период (начальный замысел):

- анализ рынка недвижимости;
- разработка бизнес-плана, технико-экономического обоснования (ТЭП);
- разработка предварительных концептуальных архитектурных предложений (ЭП);
- инвестиционный анализ;
- финансовый анализ и прогноз эффективности проекта, экологические аспекты, исследования социального воздействия;
- оформление исходно-разрешительной документации;
- привлечение кредитных инвестиционных средств;
- выбор и согласование места размещения объекта с учетом градостроительного планирования территории;
- предварительные инженерно-геологические изыскания, топогеодезическая съемка участка объекта;
- подготовка разрешительной документации для целей разработки проектной документации (сбор исходных данных для проектирования, в том числе градостроительных условий и ограничений, технических условий, составление задания на проектирование);
- выбор архитектурно-инженерных групп для проведения конкурса;
- подготовка тендерной документации к конкурсу и его проведение.

2 Проектирование:

- организация финансирования;
- инженерно-геологические изыскания, топографические решения;
- разработка проектной документации (технико-экономические расчеты (ТЭР), проект (П), рабочий проект (РП), рабочая документация (Р)).

3 Подготовительный период:

- прохождение экспертизы государственной, технической, экологической, экономической, защиты от чрезвычайных ситуаций;
- получение разрешения на строительство;
- создание временной строительной инфраструктуры;
- выбор генподрядчика (подрядчика) для проведения конкурса;
- подготовка тендерной документации к конкурсу и его проведение.

4 Период строительства:

- координация ведения строительного-монтажных работ;
- внесение корректировки в проектную документацию;
- контроль качества строительства – предусматривает государственный, архитектурный, авторский и технический надзор;
- вложение договоров с эксплуатационными фирмами;
- ввод объекта в эксплуатацию.

- 5 Период эксплуатации объекта
- паспортизация объекта;
  - обслуживание объекта;
  - диагностика и мониторинг технического состояния объекта;
  - уточняющие работы по инженерным изысканиям (геологические, геодезические гидрометеорологические и экологические изыскания);
  - проектирование капитального ремонта, реконструкции, технического переоснащения, реставрации;
  - текущий ремонт (малый, средний), плановый, капитальный, аварийный ремонт;
  - реконструкция, техническое переоснащение, реставрация.
- 6 Период физического и морального износа:
- разработка проекта организации работ по сносу или демонтажу (ПОД);
  - разработка проекта производства работ (ППР) по сносу (демонтажу) объекта;
  - снос или демонтаж объекта.

На каждом из периодов жизненного цикла могут возникнуть риски, которые приведут к кратковременной, долговременной задержке или полной остановке одного из основных этапов.

**Риск** – возможность возникновения и возможные масштабы последствий негативного воздействия в течение определенного периода времени [3].

К основным видам рисков на всех периодах и этапах жизненного цикла объекта можно отнести: неплатежеспособность заказчика; правовой риск (ошибки согласно действующему законодательству); риск, связанный со спорами; травмы или смертельный исход; невыполнение одной из сторон условий договора; ошибки в основных проектных решениях; ошибки при выполнении строительно-монтажных работ; использование некачественных строительных материалов; задержка с доставкой строительных материалов; задержки выполнения работ; недостатки системы управления всего процесса; неблагоприятные погодные условия, возможные катаклизмы; риск потери имущества при пожаре.

Основной задачей команды по управлению строительством и эксплуатацией объекта является минимизация рисков на всех этапах жизненного цикла объекта.

#### Список литературы

- 1 Опарин, С. Г. Здания и сооружения. Архитектурно-строительное проектирование : учеб. и практикум / С. Г. Опарин, А. А. Леонтьев. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 283 с.
- 2 ДБН А.3.1– 5: 2016 Организация строительного производства. – Киев : М-во регион. развития, строит. и жил.-комму. хозяйства Украины, 2016. – 49 с.
- 3 Конституция Украины. Редакция от 03.07.2019 № 124-VIII // База данных «Законодательство Украины» / ВР Украины. – Режим доступа : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19>. – Дата доступа : 03.10.2019).

УДК 336.7

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРИВОКЗАЛЬНЫЕ ПЛОЩАДИ ГОРОДОВ БЕЛАРУСИ

*И. Г. МАЛКОВ, И. И. МАЛКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Привокзальные площади являются частью градостроительной структуры городов. Выполняя функции городских и междугородных железнодорожных транспортных узлов, они формируют архитектурно-композиционный облик важной части городского пространства. Особенно велика их роль в структуре крупных и больших городов Беларуси. Проведенный анализ приемов размещения привокзальных площадей в городских структурах основных железнодорожных станций Беларуси в городах с населением более 100 тысяч человек можно разделить на три типа:

- в центре застройки, вблизи от исторически сложившегося общественного центра;
- на периферии территории основного объема капитальной застройки;
- на окраине города.

Ярким примером размещения привокзальной площади вблизи от исторически сложившегося общественного центра является город Минск. Крупный вокзальный комплекс, на территории кото-

рого возведены здания железнодорожного и автомобильного вокзалов, гостиница, находится в непосредственной близости от главной общественной площади столицы. Сама привокзальная площадь – это городской транспортный узел, где пересекаются либо начинаются маршруты линий метрополитена, трамвая, автобусов, такси. И это вполне объяснимо для крупнейшего города с огромным пассажиропотоком и потребностью доставки на вокзал людей, начинающих свое путешествие, либо рассредоточения и перемещения прибывших в город.

Привокзальная площадь Витебска и городская площадь Ленина связаны градостроительной осью, роль которой выполняет улица Кирова. Здание железнодорожного вокзала является архитектурной доминантой, замыкающей перспективу улицы при движении к нему по этой важной, исторически сложившейся магистрали с бульваром посередине.

Привокзальная площадь Могилева, вытянутая вдоль железнодорожной магистрали, связана с основной улицей города – Первомайской, – где сформирована историческая застройка, достаточно протяженным отрезком второстепенной улицы. Так же, как и в Бресте, размещение привокзальной площади на границе исторической застройки не создает условий для гармоничного и полноценного влияния на формирование основных ансамблей города.

Последний тип – размещение привокзальной площади на окраине города, когда развитие города в силу ряда причин по отношению к железнодорожным путям шло с одной стороны. В качестве примера назовем город Речицу Гомельской области. Размещенный на правом берегу реки Днепр город протянулся лентой вдоль правого берега.

Выявленные нами типы размещения привокзальных площадей в градостроительной структуре следует дополнить особенностями планировки площадей, их конфигурацией, связью с городскими магистралями и типами зданий, формирующих ансамбли площадей.

История формирования вокзальных комплексов наложила свой отпечаток на современном планировочном облике площадей. Без труда можно выделить три варианта их формирования. Первый – развитая в прямоугольном построении вдоль железнодорожных путей, с примыкающей по другой стороне привокзальной улицей, послужившей основой для ее территориального развития. Таковы площади в Могилеве и Гомеле.

Второй вариант – ярко выраженные площади тупикового типа, завершающие одну-две главные улицы городов. Как правило, форма этих площадей, ограниченная с трех сторон зданиями и сооружениями, включая вокзал, близка к квадрату. К такому типу относятся привокзальные площади городов Гомеля, Витебска и Гродно.

Третий вариант – островные площади, размещенные на территории, ограниченной с двух сторон железнодорожными путями. Такие площади технологически весьма органичные и удобные по причине наличия коротких путей между вокзалом и выходом к поездам. Они применялись ранее при небольших объемах пассажирских перевозок и являются частью истории формирования железных дорог. Примером могут быть привокзальные площади в городах Бресте и Орше.

Привокзальная площадь самого крупного железнодорожного вокзала страны в городе Минске представляет сугубо функциональный транспортный узел, где начинаются, заканчиваются, либо проходят линии метро, трамвая, троллейбуса, автобусные маршруты и расположены стоянки такси. Непосредственно к привокзальной площади примыкает комплекс автобусного вокзала. Вся инфраструктура этих двух крупнейших вокзалов столицы рассчитана на пассажиров, совершающих поездки как внутри города, так и за его пределы, в другие города и населенные пункты государства. В архитектурно-композиционном отношении привокзальная площадь со зданием вокзала является важным архитектурным акцентом, завершающим перспективу двух важных улиц города: имени Кирова и Ленинградской. Главный вход в здание с объемом шатрового завершения прекрасно вписывается в градостроительный ансамбль.

Привокзальная площадь второго по значимости и населению города Беларуси – Гомеля – имеет квадратную конфигурацию с четкими границами, очерченными стоящими по трем сторонам зданиями вокзала, Дворца культуры железнодорожников и гостиницы.

Основными компонентами градостроительного формирования привокзальных площадей областных центров являются здания вокзала, гостиницы, Дворца культуры железнодорожников, административного здания управленческих служб Белорусской железной дороги. На привокзальной площади Минска, непосредственно сливающейся с городской магистралью, размещены, кроме того, центральный автовокзал и жилые дома, которые являются важными архитектурными акцентами городской застройки. В качестве элементов благоустройства можно назвать скверы с малыми фор-

мами, размещенные в центре площади (Гомель), либо по одной из боковых сторон (Минск, Витебск, Могилев), в других случаях – миниатюрный сквер, являющийся дополнением к памятнику выдающемуся деятелю города, государства (памятник К. Н. Заслонову в Орше).

В целом можно констатировать, что привокзальные площади большинства белорусских городов являются законченными градостроительными формированиями, в малой степени создающими условия для их планировочной реновации. Вместе с тем эти зоны городов со значительным скоплением жителей привлекают внимание инвесторов и требуют поиска возможностей для размещения здесь зданий и сооружений торгового, развлекательного, сервисного назначения. Без нарушения исторического облика достигнуто это может быть путем использования подземного пространства привокзальных площадей. Разработки использования подземного пространства площадей (пока на уровне студенческих проектов для города Гомеля) уже имеются. И, без сомнения, реализация таких проектных идей для второго по численности города Беларуси не за горами. Использование подземного пространства крупных городов является актуальной проблемой в связи с ростом населения, расширением городских территорий, резким увеличением единиц автотранспорта.

Анализ особенностей градостроительного формирования привокзальных территорий крупных городов в других странах показывает, что их дальнейшая реконструкция возможна за счет освоения подземного и надземного пространства как самой привокзальной площади, так и уровня над железнодорожными путями.

УДК 621.879

### **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКСКАВАТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКТА МАШИН**

*Е. М. МАСЛОВСКАЯ, М. А. МАСЛОВСКАЯ, П. В. ДАВЫДОВ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Строительство характеризуется большой материалоемкостью, что связано со значительными объемами погрузочно-разгрузочных и транспортных работ. Земляные работы наиболее трудоемкие и капиталоемкие в строительстве. Для выполнения земляных работ используют различные комплекты машин, из которых наибольшее распространение находят: экскаваторно-транспортные, землеройно-транспортные (скреперные и бульдозерные), буровзрывные и др. Этими комплектами машин выполняется свыше 90 % объема земляных работ в строительстве. Землеройно-транспортные комплекты машин используются для возведения насыпи из резервов, разрабатывают вырезки с перемещением грунта на небольшие расстояния.

Наиболее распространенными комплектами для выполнения земляных работ являются экскаваторно-транспортные. Экскаваторы различают по назначению, типу рабочего оборудования, емкости ковша, типу ходового устройства, степени ограничения поворотного движения рабочего оборудования. Автосамосвалы осуществляют операции, связанные с подачей строительных материалов.

Большее половины объема земляных работ выполняют одноковшовыми экскаваторами с погрузкой грунта в автосамосвалы. Для выполнения работ нередко приходится использовать целый набор экскаваторов и автосамосвалов собственного или арендуемого парка машин организации. При этом затруднительно пересмотреть все возможные комбинации и сочетания. Поэтому возникает необходимость определения оптимальных параметров экскаваторно-транспортного комплекта.

Устанавливаются оптимальные основные технические параметры, которые должны иметь машины комплекта «экскаватор-автосамосвал» данного типа для выполнения заданных объемов работ:

- вместимость ковша экскаватора;
- грузоподъемность автосамосвала.

При определении оптимальных параметров машин должны быть заданы исходные условия и факторы:

- режим работы комплекта машин;
- время работы в течение смены;
- категория и объемная масса разрабатываемого грунта;



- дальность транспортирования;
- тип используемой машины и другие факторы.

Для определения оптимального комплекта «экскаватор-автосамосвалы» возможно использовать аналитический и графический методы.

В основу аналитического метода положено исследование и решение математической модели в форме уравнения оптимизации в функции вместимости ковша экскаватора и грузоподъемности автосамосвала. При этом решение системы уравнений приводит в результате к весьма сложному аналитическому выражению, которое теряет свою практическую применимость, поэтому оно подлежит упрощению.

Используя графический метод, возможно быстро определить оптимальные параметры комплекта из условия минимума приведенных затрат на разработку и транспортировку грунта.

На рисунке 1 представлена система уравнений для определения оптимального экскаваторно-транспортного комплекта машин для построения графика в системе Mathcad.

Одно из возможных решений представлено в виде графика на рисунке 2. Точка пересечения построенных графиков определяет оптимальные параметры рассматриваемого комплекта.

	$A2 := 0.606$
Инвентарно-расчетная стоимость автосамосвала, руб.:	$A3 := 0.049$
$Sa = A5 + A6 \cdot g$	$A4 := 0.019$
	$A5 := -1023$
	$A6 := 986$
Нормативный коэффициент эффективности кап. вложений	$En := 0.15$
Время работы комплекта машин в течение смены, ч	$tсм := 6$
Годовой режим работы комплекта машин, см	$Tгсм := 300$

$$qopt(q, 1) := \frac{q \cdot Kз \cdot Kр \cdot y \cdot 120 \cdot 1 \cdot \left( A3 \cdot tсм + \frac{A1 + \frac{En \cdot A5}{Tгсм}}{Vср} \right)}{a \cdot \left( A2 + \frac{En \cdot A6}{Tгсм} \right) \cdot (Э3 + Э4 \cdot q) \cdot Kг}$$

$$qopt(g) := \frac{Э3 \cdot \left[ A1 + A2 \cdot g + (A5 + A6 \cdot g + Э3) \cdot \left( \frac{En}{Tгсм} \right) + Э1 \right]}{\left[ Э2 + \left( \frac{En}{Tгсм} \right) \cdot Э6 \right] \cdot Э4}$$

Рисунок 1 – Система уравнений для определения оптимального экскаваторно-транспортного комплекта машин

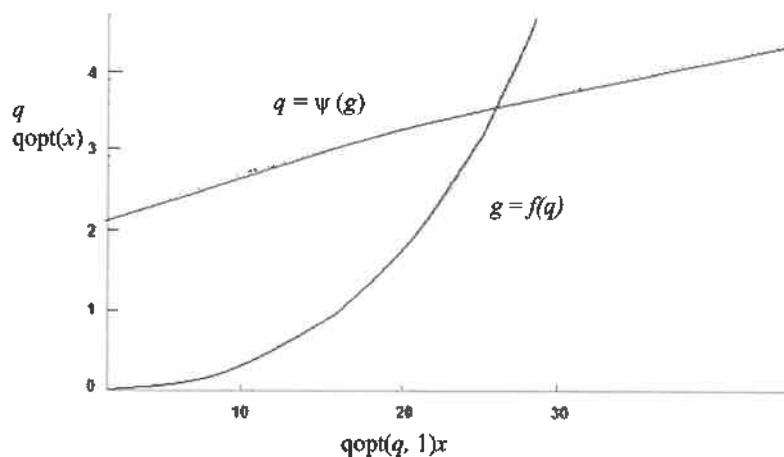


Рисунок 2 – Один из возможных вариантов графика в системе Mathcad

Таким образом, комплект одноковшового экскаватора с вместимостью ковша 3,6 м<sup>3</sup> и автосамосвала грузоподъемностью 26 т при заданных условиях работы обеспечат наибольшую производительность и минимальную сумму приведенных затрат.

#### Список литературы

- 1 Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация строительства : учеб. / Е. М. Кудрявцев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АСВ, 2013. – 464 с.
- 2 Вербицкий, Г. М. Комплексная механизация строительства : текст лекций / Г. М. Вербицкий. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2006. – 265 с.

УДК 625.8

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СООРУЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОГО ОРГАНИЗАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ

*Е. М. МАСЛОВСКАЯ, М. А. МАСЛОВСКАЯ, П. В. ДАВЫДОВ*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Экономическая стратегия страны направлена на повышение производительности труда за счет коренных преобразований в технике и технологии, мобилизации всех технических, организационных, экономических и социальных факторов. В настоящее время проводится политика создания и внедрения прогрессивных технологий, комплектов машин и механизмов, обеспечивающих комплексную механизацию дорожно-строительных работ. Задачей комплексной механизации является повышение производительности и технического уровня дорожного строительства, улучшение качества производимых работ. Строительству свойственно большое разнообразие объектов и условий ведения работ, широкая номенклатура строительных и дорожных машин.

Известно, что производственный процесс может быть выполнен комплектами машин, отличающимися друг от друга конструктивно-техническими параметрами. Наряду с отечественными машинами в дорожном строительстве все более широкое применение находит зарубежная техника. Поэтому актуальным является вопрос: какую технику предпочесть – отечественную или иностранных производителей?

Выбор машин, обеспечивающих в заданных условиях эксплуатации наиболее высокую эффективность работы, предлагается производить по схеме, приведенной на рисунке 1.

Одним из критериев экономического сравнения альтернативных (отечественных и импортных) комплектов, предназначенных для устройства дорожной одежды, является сумма затрат на машинокомплект. Для ее определения необходимо произвести расчет наиболее значимых параметров.

Определяются затраты на топливо для комплекта машин исходя из суммы затрат для машин, выполняющих различные виды работ. Учитывается количество необходимого топлива и его стоимость. По данному критерию импортный комплект эффективнее отечественного на 23,9 %. Рассчитывается стоимость закупки машин комплекта по стоимости единицы техники и количеству таковых в комплекте. Стоимость отечественного комплекта меньше импортного на 55 %. Рассчитывается амортизация путем сложения амортизации машин одного типа в соответствии со сроком службы и числом машин в комплекте. На отечественный комплект амортизация ниже на 55 %, чем на импортный. Определяются затраты на выплату заработной платы исходя из количества машин в комплекте с учетом коэффициента, добавляющего размер отчислений в фонд социальной защиты населения и другие фонды.

Так, для возведения дорожной одежды при сменной длине захватки 400 м импортные машины будут иметь более низкий коэффициент использования, но являться более производительными, чем отечественные машины.

Стоимость закупки машин отечественного комплекта является значительно меньшей, чем стоимость машин импортного комплекта. Это является определяющим фактором выбора, несмотря на более высокую производительность, меньшее число машин и персонала для обслуживания техники импортного комплекта.

При указанном выше объеме работ наиболее выгодным комплектом является отечественный в силу того, что затраты на его приобретение значительно меньше, а следовательно и амортизация.

Таким образом, сформированный комплект машин позволит выполнить работы по устройству дорожной одежды с наименьшими затратами, при этом обеспечив повышение производительности работ.

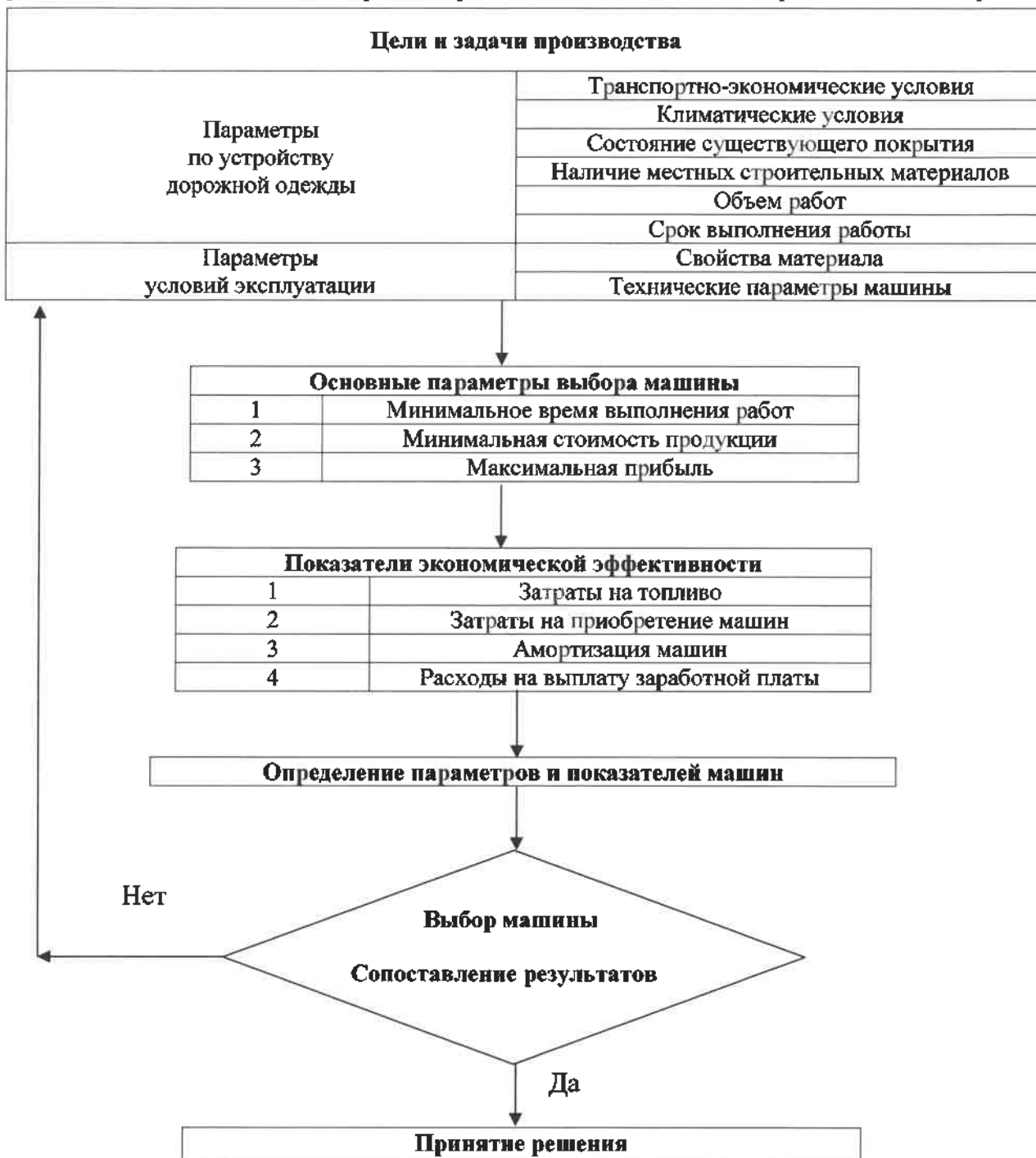


Рисунок 1 – Схема определения выбора машины в зависимости от условий эксплуатации

#### Список литературы

- 1 Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация строительства : учеб. / Е. М. Кудрявцев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АСВ, 2013. – 464 с.
- 2 Канторер, С. Е. Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве : учеб. / С. Е. Канторер. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство литературы по строительству, 1969. – 294 с.

## ПРОЦЕСС ПЕРЕПРОФИЛИРОВАНИЯ КАК ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ЗДАНИЙ

*И. В. МИХАЛЬЦОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Процесс перепрофилирования устаревших объектов с каждым годом набирает обороты и является весьма актуальным и распространенным направлением в современной градостроительной практике. Смена функционала здания относится к переустройству или использованию старой строительной площадки или существующего здания с целью изменения функции, отличной от той, для которой они были первоначально построены или спроектированы. Подобная практика была применена для устаревших или вышедших из строя промышленных зданий и широкого круга объектов коммерческого строительства: детские сады, многоквартирные жилые дома, объекты розничной торговли, офисы, музеи, выставочные галереи и др.

Данное направление начало зарождаться около века назад, но получило особую популярность в начале XXI века. Существует ряд причин, по которым старые объекты утратили свою изначальную функциональную нагрузку: технический прогресс, исторические реалии, политические или экономические изменения, а также множество факторов, происходящих в жизни современного общества в целом и в местах их расположения. Экономическая эффективность капитальных вложений в перепрофилирование зданий значительно выше, чем новое строительство, т. к. в данном случае предполагается частичное переустройство сооружения, т. е. величина вложений меньше, реконструкция в 1,5–2 раза дешевле нового строительства.

Перепрофилирование старых либо вышедших из строя зданий в объекты иного назначения, пожалуй, самое модное и гуманистическое. Такой подход позволяет не только сохранять исторические здания с интересной архитектурой, но и «социализировать» их в современном обществе [1].

В настоящее время можно выделить ряд сформировавшихся терминов, определяющих действия органов управления, проектировщиков по отношению к отслужившим строительным объектам, которые в сложившихся условиях являются невостребованными и опустевшими, но которые в свою очередь имеют историческую значимость, отличаются пространственным, энергетическим, а также градостроительным потенциалом [2].

**Адаптивное использование (adaptive reuse)** – наиболее распространенный термин, который относится к процессу использования старых территорий и зданий для новых функций. Оно связано с политическим, социальным и экономическим отношением к вопросам наследия и его сохранения. Под адаптацию подпадают производственные и военные объекты, религиозные комплексы.

**Конверсия (conversion)** – это термин, описывающий процесс восстановления, реконструкции или перестройки фабрик, заводов, складов, доков и т. д., имеющих историческую нагрузку, с современным использованием их под иные цели. Такие объекты зачастую становятся торговыми, выставочными, образовательными или жилыми.

**Реадаптация (readaptation)** – комплекс мероприятий, направленный на восстановление утраченных функций объекта, содействующий его приспособлению к современным условиям жизни. Этот термин берет свое начало в медицине и психологии.

**Реновация (renovation)** – процесс восстановления или замещения вышедшего из строя объекта, агрегата, оборудования или здания путем замены его деталей, починки неисправностей, смены функциональной нагрузки, добавления или улучшения его пространственной конструкции, расширения его границ и т. д. Также реновация может включать полный снос объекта с целью освобождения площадки под новое строительство.

**Ремоделинг (remodeling)** – определение, которым часто заменяют термин «реновация». В самых общих чертах означает улучшение, восстановление или доработку здания.

**Рециклинг (recycling)** – технология повторного использования материалов или ресурсов. Может относиться к строительным материалам и конструкциям, энергетическим и пространственным ресурсам, социальной и функциональной значимости объекта.

**Модернизация (retrofitting)** – усовершенствование, обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями. Показывает возможности современного использования объектов путем восстановления их изначальной функции.

Можно заметить, что эти термины описывают одинаковые процессы, каждый из которых показывает принципы современного использования промышленных объектов и комплексов, их участков и прилегающих территорий. Наряду с освоением заброшенных территорий, они считаются ключевым фактором в сохранении земель и сокращении городской застройки. Данные понятия являются компромиссным решением между историческим сохранением и сносом отслуживших объектов.

Важными понятиями в изменении функционала зданий являются рефункционализация и реконструкция.

**Реконструкция зданий, сооружений** – комплекс строительных работ и организационно-технических мероприятий по совершенствованию их инженерно-технических, конструктивно-технических, планировочных решений и архитектурных качеств с учетом современных требований, изменение функционального назначения.

**Рефункционализация** – реконструкция промышленных зданий и сооружений с изменением функции самого объекта, то есть того назначения, которое вызвало причину строительства.

Во многих городах проблема «наслоений и наплыва» друг на друга зон с различным функциональным назначением решается путем вывода производства из центра города на окраины, в регламентированные промышленные районы. Подобное перемещение производства неразрывно связано с процессом реконструкции оставшихся на месте промышленных объемов при одновременной смене их функционального назначения, то есть рефункционализацией.

Необходимость реконструкции вызвана ускоренным физическим и моральным износом оборудования, технологий и самих зданий и сооружений. Так, к примеру, износ оборудования составляет 7–8 лет, срок службы зданий и сооружений – 40–60 лет, таким образом, за всю жизнь они должны претерпевать 5–8-кратное обновление техническим оборудованием, которое в свою очередь вызывает изменение объемно-планировочных решений, что влечет за собой необходимость выполнения комплекса работ по восстановлению несущей способности конструкций.

При реконструкции зданий решаются следующие основные задачи:

- приведение объемно-планировочной структуры здания в соответствие с потребностями модернизируемого;
- повышение эксплуатационных качеств существующих несущих и ограждающих конструкций в соответствии с новыми требованиями;
- изменение основных строительных параметров здания (конфигурации, плана, высот помещений, сетки колонн);
- модернизация инженерных систем;
- совершенствование архитектурно-художественных качеств здания и его интерьеров с учетом современных требований к общей композиции и эстетике.

Процесс перепрофилирования находится в неразрывной связи со всеми вышеперечисленными понятиями.

Важно помнить, что каждый объект перепрофилирования имеет ряд уникальных особенностей, которые необходимо учитывать при выборе эффективного варианта перепрофилирования. Выбор эффективного решения реализации проектов перепрофилирования зданий рекомендуется проводить в соответствии с разработанным алгоритмом с целью логичного и исключающего ошибки достижения конечного результата.

#### Список литературы

1 Перепрофилирование по-русски [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://news.ners.ru/pereprofilirovanie-po-russki.html>. – Дата доступа : 09.07.2019.

2 СОХРАНЕНИЕ ИЛИ СНОС? КОМПРОМИСС! [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://marhi.ru/AMIT/2013/1kvart13/chadovich/chadovich.pdf>. – Дата доступа : 15.07.2019.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

*Н. И. НИКОГОСЯН, О. Ю. БЕЛЕНКОВА, А. В. ЛИТВИНЕНКО, И. К. ТОПОРОВСКИЙ*  
*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина*

Под надежностью чаще всего понимают способность технических систем сохранять заданные параметры в течение некоторого периода времени. Для определения риска потери надежности используют статистический, экспертный, комбинированный методы.

Статистический – изучается статистика отклонений от запланированных параметров, устанавливается величина и частота получения эффекта от реализации того или иного мероприятия, которые имеют место на этом или аналогичном объекте строительства или во время выполнения аналогичного процесса, на основе чего состоит наиболее вероятный прогноз на будущее. Преимуществом статистического метода является простота математического расчета, а главным недостатком – необходимость большого количества исходных данных для получения более точного расчета.

Так как риск принимает форму отклонения от ожидаемой величины, то есть возможность математического расчета степени изменения, то есть самого риска. Для принятия решения о надежности реализации какого-либо проекта с учетом риска нужно иметь следующую информацию [1, 2]:

1 Среднее ожидаемое значение достижения результата ( $\bar{X}$ ) :

$$\bar{X} = \sum X_i p_i,$$

где  $\bar{X}$  – математическое ожидание (ожидаемый эффект (социальный, экономический, экологический) от реализации проекта);  $X_i$  – значение эффекта в каждом отдельном случае;  $p_i$  – вероятность появления случайной величины.

2 Показатели, характеризующие изменчивость возможного результата. Ими могут быть стандартное отклонение ( $\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $\gamma$ ):

$$\sigma = \sqrt{D(x)},$$

где  $D(x) = \sum \bar{X} p_i$ ;

$$\gamma = \frac{\sigma}{\bar{X}}.$$

Коэффициент вариации является относительной величиной, поэтому на его размер не влияют абсолютные значения исследуемого параметра. Он может принимать значения от 0 до 100 %. Каждый из этих показателей характеризует рискованность отдельного мероприятия или проектного решения и является обратной величиной к показателям надежности отдельных организационно-технологических решений или проектов.

В некоторых случаях, например, отсутствие или недостаточность информации об объекте, статистический метод использовать невозможно. Оценка таких мероприятий проводится экспертным путем.

Экспертный метод может быть реализован путем обработки мнений опытных специалистов. Желательно, чтобы эксперты сопровождали свои оценки данными о вероятности возникновения различных значений убытков в натуральном или относительном измерении. Метод, основанный на использовании статистического и экспертного методов, – комбинированный.

Выбор надлежащего варианта проектного решения с учетом риска осуществляется в несколько этапов:

1 Разработка альтернативных вариантов проектных решений.

2 С помощью статистического и экспертного методов определение и анализ рисков предложенных решений и их количественная оценка (таблица 1).

Таблица 1 – Пример оценки комплексного риска реализации строительного проекта

Альтернативные проектные решения	Вероятность получения результата				$\bar{X}$	$D(x)$	$\sigma$	$\gamma$
	0,2	0,5	0,2	0,1				
А	100	150	180	230	154	1304	36,11	0,23
Б	100	130	200	220	147	1681	41,00	0,28
В	110	168	180	200	162	768	27,71	0,17
Г	165	165	165	165	165	0	0	0

Из представленных результатов расчета видно, что меры распределились как по уровню ожидаемого результата, так и по рискованности. Если риск полностью отсутствует, то проектное решение имеет абсолютную надежность (что в реальных условиях практически недостижимо), то показатели  $D(x)$ ,  $\sigma$ ,  $\gamma$  будут равны 0.

3 Отбор и ранжирование предложенных мероприятий.

В качестве примера рассмотрим выбор варианта развития с учетом величины среднего ожидаемого значения достижения результата ( $\bar{X}$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma$ ). При выборе из двух мероприятий А и Б возможны такие случаи распределения показателей:

1)  $\bar{X}(A) = \bar{X}(B)$ ,  $\sigma(A) < \sigma(B)$ ;

2)  $\bar{X}(A) > \bar{X}(B)$ ,  $\sigma(A) < \sigma(B)$ ;

3)  $\bar{X}(A) > \bar{X}(B)$ ,  $\sigma(A) = \sigma(B)$ ;

4)  $\bar{X}(A) > \bar{X}(B)$ ,  $\sigma(A) > \sigma(B)$ ;

5)  $\bar{X}(A) < \bar{X}(B)$ ,  $\sigma(A) < \sigma(B)$ .

В первых трех случаях избирается проектное решение А, при случаях 4 и 5 решение о выборе мероприятия зависит от заданного уровня надежности проекта. В частности, мероприятие А в четвертом случае обеспечивает более высокий эффект, но и уровень риска является большим.

Среди мер по уменьшению риска выделяют [3]:

1 Уклонение от риска – это отказ от осуществления мероприятий или проектов, связанных с рисками.

2 Передача рисков. Основной способ – заключение договоров на поставку, аренду, факторинг и т. д.

3 Распределение и диверсификация рисков – использование альтернативных возможностей для получения доходов и участия в бизнесе.

4 Объединение рисков – привлечение других партнеров, имеющих дополнительные ресурсы или обладающих информацией.

5 Лимитирование рисков – установка на предприятии системы ограничений, которая помогает уменьшить степень риска (сроков, затрат, инвестиций и т. д.).

6 Резервирование средств на покрытие непредвиденных расходов.

7 Локализация и предупреждение рисков. Локализация – создание специальных предприятий, или подразделений, которые занимаются управлением рискованными проектами. Предупреждение риска – маркетинговые исследования, мониторинг внешней среды.

8 Компенсация рисков – использование различных видов финансовых гарантий, страхования и хеджирования.

#### Список литературы

1 Минашкин, В. Г. Статистика : учеб. и практикум / В. Г. Минашкин ; под ред. В. Г. Минашкина. – М : Юрайт, 2018. – 448 с.

2 Оцінка ризику при розробці програми розвитку будівельної організації // Матеріали 2-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Дні науки – 2006». – Дніпропетровськ, 2006. – С. 33–35.

3 Воронцовский, А. В. Управление рисками : учеб. и практикум / А. В. Воронцовский [Электронный ресурс]. – М : Юрайт, 2018. – 414 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00945-3. – Режим доступа : <https://www.biblio-online.ru/bcode/413430>. – Дата доступа : 04.09.2019.

УДК 66.013.512

### СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Е. В. НОВАК*

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина*

Решения по организации строительства объектов, комплексов, строек разрабатываются согласно ГСН Украины А2.2-3: 2014 «Состав и содержание проектной документации на строительство», ГСН Украины А.3.1-5: 2016 «Организация строительного производства».

Согласно п. 4.2 ГСН А.3.1-5: 2016 : «Организация строительного производства» включает меры:

а) календарного планирования подготовительных и строительных работ с учетом необходимых сроков завершения строительства объектов и выполнения отдельных этапов работ, согласованных действиями участников строительства, соблюдением требований законодательства, нормативных актов и документов;

б) трудового и материально-технического обеспечения выполнения запланированных работ;

в) рациональной организации труда и механизации работ;

г) управления выполнением производственных процессов в соответствии с требованиями проектных решений с учетом состава, объемов, сроков и сезона выполнения работ, требований технологической последовательности, возможностей средств механизации, состава и квалификации исполнителей работ;

д) достижения проектных эксплуатационных свойств объекта строительства, обеспечения соответствующего качества строительной продукции;

е) обеспечения комплексной безопасности строительства, включая охрану и сохранение окружающей среды (природной, социальной, техногенной) и соблюдения требований ДСанПиН по опасным факторам производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса;

ж) осуществления авторского и технического надзора при строительстве объектов;

и) принятия выполненных работ и законченных строительством объектов...».

Реализация любого инвестиционно-строительного проекта осуществляется в несколько стадий, а именно: проектирование, строительство, эксплуатация объекта; а следовательно, меры по организации строительных работ в обязательном порядке реализуются на первых двух стадиях.

Согласно пп. 4.6.1–4.6.3 Изменения № 1 ГСН А2.2-3: 2014 «Состав и содержание проектной документации на строительство» для объектов, комплексов (строек), которые по классу ответственности относятся к группе СС1, проектирование осуществляется в одну (стадия РП) или в две стадии (первая стадия ЭП или ТЭР и вторая – РП).

Для объектов, комплексов (строек), которые по классу последствий относятся к группе со средними последствиями (СС2), по решению заказчика проектирование может осуществляться в две (стадия проект (П) и стадия рабочая документация (Р)) или три стадии (стадия ЭП или ТЭО, стадия П, стадия Р). Для объектов, комплексов (строек), которые по классу ответственности относятся к группе со значительными последствиями (СС3), проектирование выполняется в три стадии (стадия ЭП или ТЭО, стадия П, стадия Р). При капитальном ремонте объектов допускается осуществлять проектирование в одну стадию – РП.

Основные положения по организации строительства разрабатываются в составе проектно-технологической документации на стадии ТЭО (ТЭР), на стадиях П или в утверждаемой части РП, на которых «...осуществляется календарное планирование подготовительных и строительных работ с учетом необходимых сроков завершения строительства объектов и выполнения отдельных этапов работ и т. п., трудовое и материально-техническое обеспечение выполнения работ, управление выполнением производственных процессов в соответствии с требованиями проектных решений с учетом состава, объемов, сроков и сезона выполнения работ, требований технологической последовательности, возможностей средств механизации, состава и квалификации исполнителей работ и тому подобное...».

А.3.1-5: 2016 в состав раздела проекта «Основные положения по организации строительства» на стадии ТЭО (ТЭР) входят [С. 35]: «1 Краткая пояснительная записка по организации строительства, в т.ч.: а) способы выполнения строительных работ; б) определение продолжительности строительства с обоснованием. 2 Схема строительного генплана...».

На данной стадии еще нет возможности определять влияние зимних условий на параметры строительства, так как нет привязки к конкретным срокам выполнения работ.

В соответствии с Приложением Е ГСН А.3.1-5: 2016 в состав проекта организации строительства (ПОС) включаются: «...а) календарный план строительства, в котором определяются сроки и последовательность строительства основных и вспомогательных зданий и сооружений, очередей, частей, технологических узлов и этапов, пусковых комплексов с распределением капитальных вложений и объемов строительных работ по объектам и периодам строительства (приложение Ж, форма Ж1), распределение капитальных вложений и объемов строительных работ по периодам строительства без определения конкретных лет и кварталов;

с) пояснительная записка...».



На данном этапе также трудно учесть влияние зимних условий на параметры строительства, так как в календарном плане распределение капитальных вложений и объемов строительных работ осуществляется без привязки к конкретным годам и сезонам, а учет влияния зимних условий осуществляется в соответствии с коэффициентами, приведенными в ГСТУ-Н Б Д.1.1-5: 2013, которые учитывают рост стоимости и трудоемкости строительства. То есть на этапе экспертизы и утверждения проектной документации влияние зимних условий учитывается укрупненно, без привязки к конкретному процессу видов работ, условий их выполнения.

Если рассматривать процесс строительства объекта, то в соответствии с п. 4.5 ГСН А.3.1-5: 2016 [4]: «... На каждом объекте строительства организация строительных работ должно осуществляться на основании разработанной ПТД. В соответствии с требованиями ДБН А.2.2-3 вопросы организации строительства отражаются на стадии ТЭО (ТЭР) в разделе «Основные положения по организации строительства» (приложение Д), а на стадии П или утверждаемой части рабочего проекта – в ПОС. ПОС и совокупность разработанных на его основании ППР составляют комплект ПТД, которая должна содержать решения по реализации мероприятий, определенных в пп. 4.1, 4.2, 4.3 ДБН А.3.1-5: 2016».

Согласно приложению К ГСН А.3.1-5: 2016 состав и содержание проекта производства работ [2, с. 38]: «...В состав ППР на объект строительства или его части включаются: а) календарный график выполнения работ (может быть построен на базе сетевого графика), в котором устанавливается последовательность и сроки выполнения работ с максимально возможным их совмещением...» [2, с. 39]: «...н) пояснительная записка, содержащая: обоснование решений по выполнению работ, в том числе в зимний период и в летний период (выделено автором диссертации) при температуре воздуха, превышающей 27 °С (перечень и объемы дополнительных работ, увеличение затрат труда и времени работы машин и механизмов); потребность в энергетических ресурсах и решения по ее покрытию; перечень инвентарных объектов и устройств с расчетом потребности и обоснованием условий их привязки к участкам строительной площадки; - мероприятия по обеспечению качества выполнения работ, в том числе по осуществлению входного контроля проектной документации, конструкций, изделий, материалов и оборудования, операционного и приемочного контроля строительных работ; мероприятия, направленные на обеспечение сохранности материалов, изделий, конструкций и оборудования на строительной площадке; меры по обеспечению безопасности во время совместной работы нескольких грузоподъемных и других машин и механизмов; мероприятия по защите существующих объектов строительства от повреждения, а также природоохранные мероприятия; описание способов и порядка хранения и удаления отходов...».

На этапе ПОС осуществлен расчет влияния зимних условий на трудоемкость и стоимость укрупненно, тогда как в ППР разрабатываются конкретные мероприятия по организации строительства. ППР разрабатывают непосредственные исполнители работ – подрядчики. Поэтому на момент проведения тендера у заказчика есть только общая сумма средств, которые могут быть использованы для выполнения дополнительных мероприятий в зимних условиях, которые могут быть использованы для проверки обоснованности тендерных предложений. Считается, что рыночные условия не дают завышать стоимость выполнения работ участникам тендеров, требуя от них поиска наиболее рациональных способов организации работ, технологий, материалов и т. п., в том числе это касается и выполнения работ в зимних условиях. Но известны случаи, когда рыночные механизмы не смогли повлиять на установление обоснованных цен. Это касается как завышения цен (в случае сговора участников тендеров, использования переговорной процедуры и т. д.), так и их занижения (отмена тендеров при отсутствии участников). Поэтому заказчику нужен инструмент, который сможет с достаточной точностью, быстро, без дополнительных трудозатрат управленческого персонала осуществить оценку параметров строительства (стоимости, трудоемкости, сроков выполнения работ) под влиянием зимних условий.

#### Список литературы

1 ГСН А.2.2-3: 2014 «Состав и содержание проектной документации на строительство» [Электронный ресурс]. – Киев, 2013. – [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=).

2 ГСН А.3.1-5: 2016 «Организация строительного производства» [Электронный ресурс]. – Киев, 2016. – 81 с. – [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=64312](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=64312).

3 Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва : [монографія] / Р. Я. Зельцер [та ін.]. – Київ : «МП Леся», 2018. – 209 с.

## РАЗВИТИЕ ЭКОСТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ ВОЗВЕДЕНИЯ ОГНЕСТОЙКИХ ДОМОВ ИЗ СОЛОМЕННЫХ БЛОКОВ

*М. М. СЫС, М. А. ГЕТИКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Актуальной проблемой в современном строительстве можно считать подбор и разработку оригинальных материалов для различных конструкций, в том числе и несущих. На текущем уровне развития строительной отрасли особое внимание уделяется экологичности, доступности и экономичности новых строительных материалов, которые должны обеспечивать их надежное и безопасное применение на практике. Одним из нестандартных решений в этой области является применение соломенных блоков.

Инновационная технология строительства домов из соломы (strawbale-house) [1] получила широкое распространение во всем мире. Состав соломы, как и состав древесины, содержит целлюлозу, лигнин и полуцеллюлозу. Благодаря содержащемуся в ней кремнезему, которого в 2–3 раза больше, чем в древесине, солома обладает высокой долговечностью, поэтому в прессованном виде она является отличным стройматериалом.

Стебли соломы абсолютно полые и имеют трубчатую форму. В них и между ними содержится воздух, который отличается низкой теплопроводностью, около 0,0251–0,0276 Вт/м °С. Теплоизоляционные свойства соломы в 3,5–4 раза выше, чем у дерева поперек волокон, и в 6–7 раз лучше, чем вдоль, поэтому прессованная солома является отличным утеплителем.

Стоимость эксплуатации соломенных домов благодаря хорошим теплоизоляционным свойствам гораздо ниже, чем деревянных домов.

К преимуществам соломенных домов также относят:

- 1 Низкую цену материала.
- 2 Гигроскопичность, легко впитывает и выпускает излишнюю влагу.
- 3 Высокая шумоизоляция стен.
- 4 Высокие виброизоляционные свойства.
- 5 Высокая огнеустойчивость.
- 6 На постройку соломенного дома затрачивается меньше времени, чем на постройку дома из других материалов. Закладка блоков в каркас занимает всего несколько дней.
- 7 Отсутствие послепостроечной усадки из-за того, что блоки предварительно напряжены.
- 8 Низкие расходы на отопление и кондиционирование в связи со значительно меньшим использованием газа, чем в обыкновенном доме.
- 9 Низкие трудозатраты строительных работ.
- 10 Нет необходимости в использовании тяжелой техники.

Пожаробезопасность соломенных домов обусловлена тем, что спрессованная солома горит плохо, а спрессованная до большей плотности не горит вообще. Солома, плотно закрытая глиняно-известковой штукатуркой, теряет способность воспламениться и предохраняет от воспламенения деревянный каркас здания.

В качестве сырья для изготовления блоков лучше всего подходит ржаная солома, которая тщательно высушена в определенных условиях [2]. Стебли ржаной соломы обладают длиной до 200 см и достаточной жесткостью, что гарантирует долговечность материала. При прессовании задается нужная величина плотности. Готовый блок плотно обвязывается металлической проволокой или полимерным шнуром. Параметры блоков могут быть разными, но для строительства лучше всего подходят размеры: в длину 50–120 см, в ширину 50 см, в высоту 40 см. Вес готового блока составит не более 25 кг (рисунок 1).

Дом из соломы можно построить как бескаркасным, так и каркасным методом. В бескаркасном доме главным компонентом выступают стены из соломенных блоков. При каркасном методе на фундаменте строят несущий каркас из дерева, между которым плотно укладываются соломенные блоки. Такая конструкция значительно крепче бескаркасной, так как позволяет обеспечить устойчивость дома к сильному ветру. Стены в таких зданиях будут очень легкими, поэтому фундамент может быть простым, что значительно снижает стоимость строительства. Стены выравнивают спе-

циальной ручной пилой, а поверх блоков наносят металлическую сетку и несколько слоев штукатурки толщиной до 75 мм. Штукатурная смесь состоит из глины, песка и воды. Существует также метод обработки соломенных блоков глиной. В таком случае блок на короткое время обмакивают в глину таким образом, чтобы общая доля глины в конструкции стены составила не более 10 %. Такие стены отличаются большей прочностью и лучше защищены от возгорания [3].

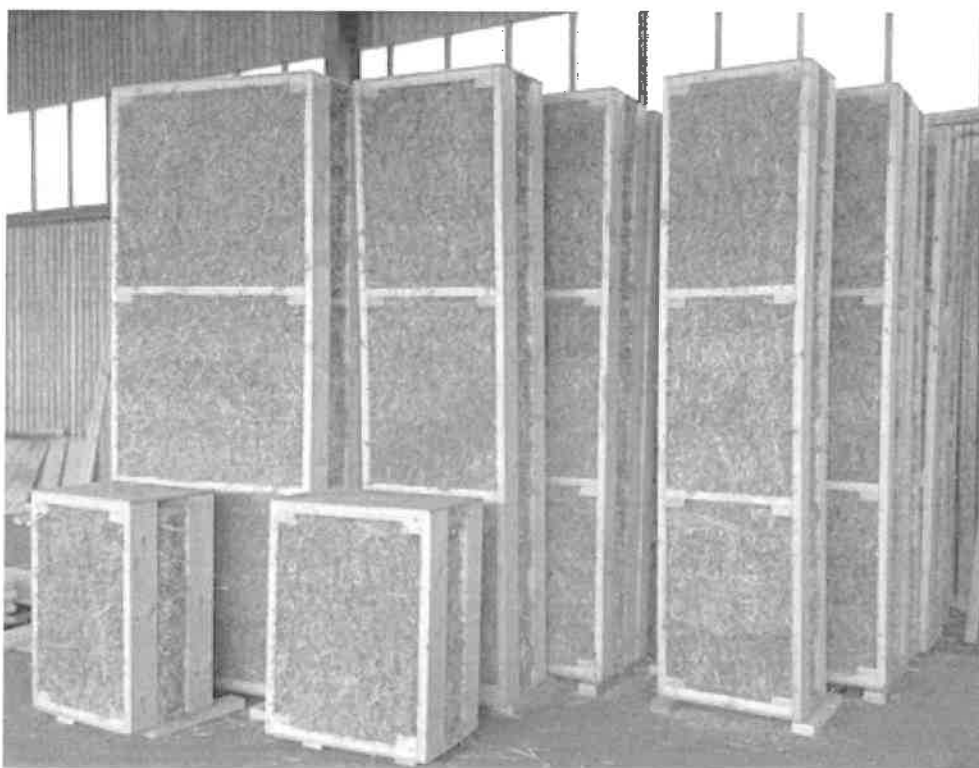


Рисунок 1 – Соломенные панели

Большую роль при строительстве зданий из соломы играет влажность, поэтому важно минимизировать контакт стен с падающими на нее атмосферными осадками. Свес карниза кровли должен составлять не менее 60 см. Крыша в таком здании должна быть предельно простой и легкой, например, из гонта.

При строительстве чрезвычайно важно обеспечить влажность закрытых в стене соломенных блоков не более 18 %. При попадании влаги внутри стен начинается процесс гниения, заводятся насекомые. В результате всего за два года все внутренности стены сгниют, а затем процесс продолжится в деревянном каркасе. Для минимизации поражения соломенные блоки можно обработать антисептическим средством, но в таком случае снизится экологическая чистота материала. В случае соблюдения правильной технологии соломенные конструкции могут перенести непродолжительное наводнение, но длительные увлажнения сооружения из соломы не выносят.

Малый вес материала и простота монтажа позволяют строить дома самой необычной формы. Сырье, используемое для строительства, не только экологически чистое, но и стоит недорого.

Таким образом, надежность и безопасность строительства соломенных домов не вызывает сомнений при соблюдении всех технологий на этапах проектирования, подбора и изготовления материалов и непосредственно возведения на строительной площадке.

#### Список литературы

- 1 Экостроительство из соломенных блоков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://strawbale.ru/>. – Дата доступа : 16.09.2019.
- 2 Огнестойкий дом из соломы. Малоизвестная технология [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://inginiring72.com/bloki-iz-solomy-dlya-stroitelstva-doma/>. – Дата доступа : 16.09.2019.
- 3 Блоки из соломы для строительства дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://intellect-profstroy.ru/bloki-iz-solomy-dlya-stroitelstva-doma/>. – Дата доступа : 16.09.2019.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

*А. Г. ТАШКИНОВ, О. В. КОЗУНОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительном комплексе республики, снижение энергоемкости всей номенклатуры выпускаемой продукции являются необходимыми условиями ее конкурентоспособности на внутреннем и внешних рынках строительных услуг. Большие резервы экономии тепловой энергии имеются в производстве бетонных и железобетонных изделий (ЖБИ). Самым энергоемким процессом при их изготовлении является тепловлажностная обработка, осуществляемая на заводах ЖБИ в пропарочных камерах периодического и непрерывного действия. У наиболее распространенных ямных пропарочных камер основной конструктивный недостаток заключается в большой тепловой емкости ограждений, которая в несколько раз превышает тепловую емкость пропариваемых изделий. Вследствие периодического характера работы ямных камер тепло, аккумулируемое ограждениями, безвозвратно теряется при перерывах в работе (во время выгрузки и загрузки изделий).

Значительное снижение тепловой емкости ограждений может быть достигнуто при устройстве дополнительного теплоизоляционного слоя со стороны внутреннего объема камеры. Одновременно при этом снижаются потери тепла в окружающую среду за счет увеличения термического сопротивления ограждения.

С целью оптимизации параметров теплоизолированных ограждений пропарочных камер исследовалось влияние места расположения утеплителя в ограждающей конструкции, его толщины и теплофизических характеристик на теплотехнические показатели тепловых установок для ускоренного твердения бетонных изделий. С учетом результатов анализа конструктивных решений существующих пропарочных камер производилась сравнительная оценка различных конструкций стеновых ограждений:

- однослойных, из бетона различной плотности;
- двухслойных, с внутренней облицовкой из утеплителя;
- трехслойных, с внутренним слоем из утеплителя.

Учитывая периодический характер работы пропарочных камер ямного типа, теплотери через ее ограждающие конструкции рассчитывались для нестационарных условий, с использованием метода конечных разностей. Этот метод основан на допущении возможности замены непрерывного процесса изменения температуры скачкообразным, как в пространстве, так и во времени. При этом дифференциальные уравнения теплопроводности заменялись уравнениями в конечных разностях, что позволило получить распределение во времени температур по толще ограждений и рассчитать теплотери через стенки, днище и крышку камеры.

В качестве граничных условий при расчете было принято:

- пропарочная камера незаглубленная, с открытым расположением на полигоне Гомельского ДСК;
- длительность активной тепловой обработки (продолжительность подъема температуры и изотермической выдержки)  $3 + 6 = 9$  ч;
- разность между начальной и конечной температурами разогрева бетона и металла форм  $85 - 20 = 65$  °С;
- длительность остывания камеры с закрытой крышкой 8 ч;
- температура глубинных слоев грунта в зоне нулевых колебаний температуры 5 °С.

Теплообмен на наружных поверхностях ограждений пропарочной камеры описывался граничными условиями III рода.

Расчетом установлено, что удельные потери тепла через трехслойные ограждения в 2,3–3,2 раза, а двухслойные ограждения в 5,3–13,9 раз меньше, чем через однослойные из тяжелого бетона, составляющие 32 МДж/м<sup>2</sup>. Теплотери сокращаются со снижением плотности утеплителя (с 800 до 200 кг/м<sup>3</sup>) и увеличением его толщины (с 50 до 100 мм).

Вследствие нестационарного характера теплопередачи основную часть теплотерь через ограждающие конструкции пропарочных камер составляет тепло, аккумулируемое ограждениями, т. е. потери на их нагрев. В то же время теплопередача в окружающую среду за принятый в расчете период активной тепловой обработки незначительна и составляет для однослойных ограждений 13 %, для двухслойных – 8 % и для трехслойных – 4 %.

Для определения суммарного расхода тепловой энергии на тепловую обработку 1 м<sup>3</sup> бетонных изделий, затрачиваемой в ямных пропарочных камерах с различной конструкцией стеновых ограждений, составлялись уравнения теплового баланса. При этом внутренний объем камеры принимался равным 80 м<sup>3</sup>, площадь внутренней поверхности стен 50 м<sup>2</sup>. Было принято, что в камере пропаривались изделия из тяжелого бетона на портландцементе в стальных формах с металлоемкостью 1200 и 3000 кг/м<sup>3</sup>.

Расчеты показывают, что удельный расход тепловой энергии на пропаривание 1 м<sup>3</sup> бетонных изделий для базового варианта с однослойными неутепленными ограждениями составляет 480–930 МДж при коэффициенте заполнения камеры  $K_z = 0,05 \dots 0,1$ . В установках с двух- и трехслойными утепленными ограждениями этот показатель ниже на 30–40 %. Трехслойные ограждения несколько уступая двухслойным конструкциям по теплотехническим характеристикам (из-за большей тепловой емкости внутренней облицовки), обеспечивают лучшую защиту утеплителя от механических повреждений и температурно-влажностных воздействий. Это позволяет рекомендовать к использованию в пропарочных камерах оба типа ограждения с утеплителем.

Для защиты малопрочной внутренней облицовки в двухслойных ограждениях от возможных ударов металлических форм при загрузке изделий в камеру и их выгрузке следует использовать защитные бетонные или металлические упорные стойки или стойки типа СМЖ-293 с поворотными кронштейнами для укладки изделий.

В установках непрерывного действия (горизонтальных и вертикальных, с разным уровнем зон), где практически отсутствуют теплотери на нагрев ограждений, целесообразно устройство теплоизоляции на наружной поверхности ограждений. При этом отпадает необходимость в устройстве паро- и гидроизоляционных слоев, защищающих утеплитель от увлажнения паровоздушной средой (как в устройствах периодического действия).

Наибольший эффект по энергосбережению в пропарочных камерах достигается, когда кроме усовершенствования ограждений выполняется целый комплекс технологических мероприятий, включающий:

- термосное выдерживание разогретых изделий в установках с теплоизолированными ограждениями;
- низкотемпературные режимы выдерживания изделий;
- учет дополнительного прироста прочности бетона в периоды межсменных перерывов (включая выходные и праздничные дни), после распалубки изделий и в период хранения на складах;
- применение цементов с возможно более высоким показателем активности при пропаривании;
- использование химических добавок, ускоряющих твердение бетона при тепловой обработке;
- использование систем парораспределения, обеспечивающих интенсивную циркуляцию паровоздушной смеси внутри камеры;
- установка контрольно-измерительных приборов для регистрации расхода и параметров пара в каждой камере;
- применение систем автоматического регулирования подачи пара (в соответствии с заданным режимом);
- повышение коэффициента заполнения камер;
- регулярные профилактические ремонты камер с целью исключения потерь пара через неплотности ограждений и гидрозатворов.

Реализация этих мероприятий позволит не только сократить удельные расходы тепловой энергии, но и увеличить выпуск готовой продукции с единицы производственной площади, а также повысить оборачиваемость металлической бортоснастки.

## ПОДЗЕМНЫЕ ПАРКИНГИ В СОСТАВЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ Г. ГОМЕЛЯ

Т. С. ТИТКОВА, С. Ф. ПЛОТКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Автомобиль значительно упрощает жизнь современного человека, позволяя преодолевать большие расстояния в направлениях, где нет или плохо организовано движение общественного транспорта, обеспечивая транспортировку грузов, полную мобильность и максимальный комфорт передвижения. Однако, несмотря на все преимущества, автомобильный транспорт является основным источником загрязнения окружающей среды, а также одним из источников, создающих высокий уровень шума и вибрации. Интенсивный рост количества личного транспорта приводит к низкой пропускной способности улиц и нехватке парковочных мест, что является одной из серьезных эколого-градостроительных проблем. По данным Белстата на 2018 год в Беларуси на 1000 жителей в среднем приходилось 320 автомобилей [1]. Из рисунка 1 видно, что Гомельской области соответствует самый низкий показатель уровня автомобилизации населения, но проблема дефицита парковок в последнее время является одной из самых актуальных для нашего города.

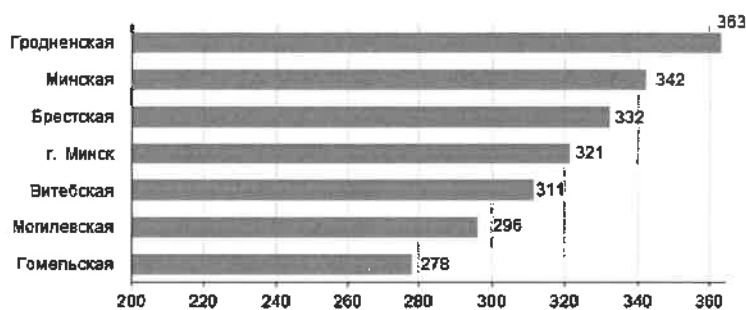


Рисунок 1 – Диаграмма показателей уровня автомобилизации населения по областям

По расчетным данным Облстатуправления г. Гомеля автомобильный парк к 2030 году вырастет в 1,5 раза, и уровень автомобилизации составит около 360 автомобилей на 1000 жителей. По нормам для стоянки одного автомобиля, с учетом площади для выезда и маневров, необходимо 20–25 м<sup>2</sup>. Следовательно, для всего автопарка личного легкового транспорта гомельчан понадобится более 500 га городских территорий, не включая места для грузовых автомобилей, такси, транспорта приежжиков и пр. Территория Гомеля имеет свои границы, в которых уже стало проблематичным уместить требуемое количество машиномест. Градостроительная ситуация, находящаяся под давлением проблемы нехватки стоянок и парковок, касается всех районов г. Гомеля и зависит от плотности застройки и престижности района.

В центральной части города проблема обусловлена следующими факторами: при застройке парковочные места не учитывались либо норматив количества парковочных мест был гораздо ниже современного; здесь сосредоточена большая часть объектов административного, культурно-досугового, торгового назначения и места массового скопления людей, а также достаточное количество мест приложения труда населения. В итоге горожане, прибывающие в центр города, сталкиваются с проблемой нехватки мест стоянки и парковки и вынуждены оставлять свои автомобили у края проезжей части улицы, во дворах и прочих местах, для этого не предназначенных [2].

В спальных районах подавляющая часть автомобилей размещается во дворах жилых домов, иногда на зеленых газонах и площадках отдыха. Это обстоятельство негативно сказывается на социально-экологическом комфорте проживания и безопасности жизнедеятельности людей.

Острота проблемы требует поиска новых эффективных решений, одно из которых – сооружение подземных паркингов, позволяющих использовать дворы и улицы города без выделения ценных городских территорий. Такие сооружения решают ряд экологических проблем, таких как загрязнение окружающей среды, шум, вытеснение жилого пространства микрорайонов, они не искажают ландшафт и целостность архитектурной композиции городских пространств.

Подземные автостоянки, являющиеся структурной частью жилых и общественных зданий, давно и успешно эксплуатируются во всем мире. В зависимости от грунта под сооружением и потребности используются подземные одно-, двух-, четырехэтажные паркинги. Например, в Пекине под одной из старейших торговых улиц Цяньмэнь построена парковка на 1800 машиномест. В Нидерландах правительством утверждён проект по созданию не просто подземных многоэтажных парковок, а целых городов-паркингов под центром Амстердама с мойками, автомагазинами и также спортивными залами, бассейнами и кинотеатрами. Под центром города предлагается построить шесть подземных этажей, что решит проблему недостатка свободного места в центре города. В Москве разрабатывается проект многоуровневых парковок под руслом Москвы-реки, глубиной до 40 метров и вместимостью до 600 автомобилей. По прогнозу управления гаражного строительства, обустройство «подводных» паркингов добавит городу от 2,5 до 15 тысяч машиномест.

Несмотря на значительный мировой опыт, проектирование и строительство подземных паркингов в г. Гомеле ведется крайне медленно. В городе их всего несколько: в МЖК «Солнечный» (корпус 6) и в строящемся доме по ул. Волотовской. В настоящее время ведутся подготовительные работы по началу строительства новой подземной автостоянки на 64 машины в микрорайоне № 54, где наверху планируется оборудовать спортивную площадку для детей (рисунок 2). Предполагается применение этого проекта в других районах г. Гомеля.

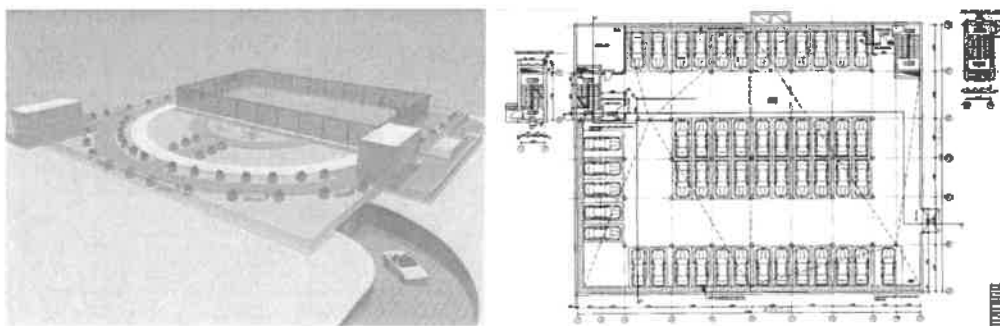


Рисунок 2 – Проект подземного паркинга на 64 машино-места в микрорайоне № 54 г. Гомеля

Отметим, что возведение отдельных самостоятельных объектов связано с решением сложных задач и проведением трудоемких мероприятий (изучение гидрогеологических условий участка, перенос инженерных сетей, закрытие уличного движения, усиление окружающей застройки и дорожных покрытий и др.). Поэтому целесообразно комплексно подходить к решению этого вопроса.

Для хранения автотранспорта в сложившихся районах массовой застройки наиболее эффективными будут подземные автостоянки под зданиями, на незастроенных участках и под существующей улично-дорожной сетью. В новых и реконструируемых микрорайонах целесообразно строительство единой подземной части, в которой помимо подземных автостоянок могут быть расположены транспортная сеть, подъездные пути, разгрузочные площадки и склады, сооружения инженерной инфраструктуры микрорайона, а наземная часть должна быть отведена под детские сады, школы, объекты обслуживания и благоустройство [3]. В историческом центре города подземное пространство должно быть многофункциональным и решать несколько градостроительных задач одновременно, учитывая архитектурно-планировочные, социальные, экономические и другие аспекты.

Подземные паркинги являются одной из составляющих транспортной инфраструктуры города, и актуальность их строительства при грамотном и комплексном подходе к проектированию не вызывает сомнения.

#### Список литературы

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Транспорт. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 19.09.2019.
2. Малков, И. Г. О некоторых направлениях решения проблемы автомобильных парковок в крупном городе (на примере города Гомеля) / И. Г. Малков, А. Ю. Юров // Архитектура : сб. науч. тр. – 2015. – Вып. 8. – С. 40–44.
3. Титкова, Т. С. Об эффективности освоения подземного пространства в развитии транспортной инфраструктуры г. Гомеля / Т. С. Титкова, С. Ф. Плотко // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : Материалы III междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2013

## О СОВМЕСТНОМ ВЛИЯНИИ МОРОЗНОЙ ДЕСТРУКЦИИ И КАРБОНИЗАЦИИ НА БЕТОН

А. С. ЧУГУНОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Бетон и железобетон являются основными строительными материалами в настоящее время. Состав бетона может быть разным и качество каждого компонента в составе влияет на показатели бетона в целом. Например, от дисперсности вяжущего зависит его НГЦТ (нормальная плотность цементного теста), которая характеризуется количеством затворенной воды, т. е. водоцементным отношением (В/Ц). При увеличении расхода воды понижается прочность камня, соответственно, при понижении – прочность увеличивается. От качества заполнителей зависят многие показатели бетона в итоге. Зерновой состав мелкого и крупного заполнителя должен быть оптимальным во избежание перерасхода вяжущего. Содержание пылевидных и глинистых частиц выше нормы чревато плохим сцеплением с цементным камнем, что влечет за собой потерю прочности бетона. Достигнув заданных показателей в материале, их нужно сохранить на весь проектный срок службы. Долговечность бетона зависит от многих факторов, одним из которых являются условия эксплуатации. По составу исходных материалов он достаточно долговечен и не нуждается в специальном уходе, если эксплуатируется в нормальных температурно-влажностных условиях и при отсутствии воздействия на него агрессивной среды. В таких условиях работает относительно небольшой класс конструкций, расположенных внутри жилых и общественных зданий или же в сооружениях, эксплуатируемых в теплых и сухих климатических районах.

Бетонные и железобетонные конструкции постоянно подвергаются воздействию внешней среды, в результате которого возникает коррозия материала. Автором [1] отмечено три вида физико-химической коррозии бетона.

Коррозия I вида вызывается фильтрацией сквозь толщу бетона мягкой воды, вымывающей его составные части, например, гидрат окиси кальция  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Этот процесс называется выщелачиванием извести и весьма опасен для бетона. Внешним признаком коррозии I вида служит белый налет на поверхности конструкции в месте выхода воды.

Коррозия II вида вызывается разрушением цементного камня и заполнителей под воздействием кислот и щелочей. Основными показателями агрессивности кислот по отношению к бетонным конструкциям являются водородный показатель, а также их окислительные свойства и температура. Щелочная коррозия цементного камня происходит при высокой концентрации щелочей и положительной температуре среды. В этих условиях растворяются составляющие цементного клинкера, что и вызывает разрушение бетона.

Коррозия III вида происходит вследствие накопления в порах и капиллярах бетона кристаллов солей. Накопление солей может быть вызвано следующими причинами: химическими реакциями взаимодействия агрессивной среды и составных частей цементного камня; приносом солей извне и выделением их из раствора при постепенном испарении влаги.

Одной из главных причин ранних коррозионных повреждений является карбонизация. Карбонизация – это процесс взаимодействия углекислого газа воздуха с вяжущим бетона. Карбонизация снижает защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре. Процесс разрушения бетона начинается с его поверхности и происходит без видимых повреждений. Степень карбонизации определяется (общепринято) при помощи 0,1%-го спиртового раствора фенолфталеина (индикаторным тестом). Считается, что бетон в неокрашенной зоне потерял свои защитные свойства, а в окрашенной – находится в удовлетворительном состоянии.

Другим комплексным фактором, снижающим долговечность бетона и железобетона, является ускорение процессов повреждения при совместном действии на бетон увлажнения и циклического замораживания и оттаивания.

Процессы, происходящие при замораживании бетона на воздухе и оттаивании в воде, систематизированы в зависимости от наиболее распространенных условий замораживания, определяющих механизм разрушения [2]. При этом выделяется четыре основных вида процессов:



– быстрое замораживание и оттаивание на воздухе с разрушением бетона вследствие различий в коэффициентах температурного расширения;

– медленное одностороннее замораживание бетона ограждающей конструкции с постепенным продвижением фронта вглубь бетона;

– быстрое всестороннее замораживание бетона тонкостенных конструкций с образованием льда в поверхностных слоях, что приводит к «закупорке» воды внутри конструкции и при достаточно высокой степени водонасыщения – к разрушению бетона, проявляющемуся в шелушении его поверхностных слоев;

– одностороннее замораживание пористого материала, в котором возможна миграция воды в парообразном состоянии к холодной поверхности и образование линз льда – аналогично процессу пучения грунта.

Автором [3] отмечены два вида повреждений, вызванных морозом: внутренние повреждения и поверхностное отслаивание (рисунок 2).

Внутренние повреждения вызываются водой, замерзающей в теле бетона. Повреждения всегда связаны с участками бетона, где содержание воды превышает критическую величину. Эта величина конкретна для каждой бетонной смеси.

Поверхностное повреждение выражается в виде отслаивания небольших пластинок материала при замораживании бетонной поверхности, которые контактируют со слабыми растворами солей. Отделение не происходит до тех пор, пока вода не появится на поверхности бетона до наступления отрицательных температур. Как правило, первоначальное отслаивание происходит в цементно-песчаной фракции, частицы крупного заполнителя остаются нетронутыми. Постепенно бетон разрушается на всю глубину, в результате чего происходит освобождение крупного заполнителя.

Автор [4] констатирует, что механизм нарушения структуры бетона, подвергаемого попеременному замораживанию и оттаиванию в насыщенном водой состоянии, чрезвычайно сложен.

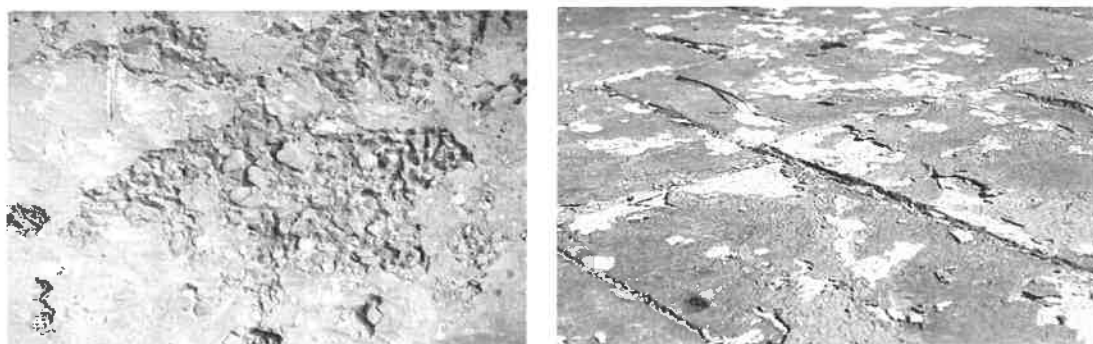


Рисунок 2 – Морозная деструкция бетона

Таким образом, морозная деструкция изменяет структуру бетона в поверхностных слоях, усиливая воздействие карбонизации, что указывает на необходимость детального изучения совместного воздействия карбонизации и циклического замораживания и оттаивания на реальных исследованиях, результаты которых необходимо учитывать при проектировании состава бетона.

#### Список литературы

1 Васильев, А. А. Коррозионные повреждения элементов и конструкций зданий и сооружений : учеб.-метод. пособие / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 116 с.

2 Москвин, В. М. Разрушение бетона при замораживании / В. М. Москвин, Н. Д. Голубых // Второй Междунар. симп. по зимнему бетонированию. Т. 1. – М. : Стройиздат, 1975. – С. 114–125.

3 Васильев, А. А. Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.

4 Батяновский, Э. И. Морозо- и солестойкость бетона, подверженного механическим нагрузкам / Э. И. Батяновский, А. И. Бондарович // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. тр. – Минск : Стринко, 2007. – Ч. 2. – С. 72–90.

## ЛАНДШАФТНЫЙ ДИЗАЙН ТЕРРИТОРИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Е. И. ШИДЛОВСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Ландшафтный дизайн – это творческая деятельность, направленная на формирование предметно-пространственной среды приемами и средствами ландшафтной архитектуры, художественное конструирование деталей культурного ландшафта. Область ландшафтного дизайна соотносится с человеком, выделяя пространства, соизмеримые с человеком, его повседневной деятельностью, и поэтому нуждается в тщательной переработке.

В ландшафтной архитектуре важнейшая общая задача – построение пространств под открытым небом, формируемых преимущественно рельефом, зелеными насаждениями, водоемами и водотоками, малыми архитектурными формами и элементами благоустройства.

В самом начале развития антропогенный ландшафт<sup>1)</sup> не играл практически никакой роли в градостроительстве: изменения, внесенные человеком, происходили на очень малых территориях. С расширением масштабов человеческой деятельности результаты ландшафтного проектирования стали набирать обороты. Масштабным явлением стало понятие «город-сад».

История появления и развития теории «город-сад» взяла свое начало из концепции идеального города, которую разработал английский социолог-утопист Эбенизер Говард на рубеже XIX и XX веков.

Принципы «города-сада» были заложены в основу рабочих поселков Советского Союза, но полного или максимального соответствия идее не было. Это были самостоятельные замкнутые населенные пункты, не подходящие под определение «утопического города».

Центром являлся промышленный район – зона с предприятием, – который выполнял градообразующую роль (работа для населения, центр общественной жизни). Аграрно-индустриальный характер экономики задавал принципы всему в Советском Союзе, поэтому утопические идеи своего развития не получали.

Несмотря на то, что советские власти не разделили идею Э. Говарда, частично принципы его теории нашли свое отражение. Была одобрена идея французского архитектора Ле Корбюзье «вертикальный город-сад». Так, в своем большинстве его проекты представляют собой 85–95 % зеленой зоны от территории города.

Однако разработанные планы по идеализации городов теряли свое значение и теперь «город-сад» – выражение, которое за полвека из конкретного проекта «идеального города» превратилось в метафору, которой пользуются современные архитекторы.

Парковое искусство во многом повторяет принципы проектирования идеальных городов, так как парк – это систематизированный естественный или антропогенный объект градостроительства, требующих разработки планировочной системы, внедрения материалов, новых технологий.

Парк – часть города, которая направлена на увеличение площади зеленых насаждений. Сегодня многие архитекторы отказываются от идеи «каменных городов», внедряя в свои проекты скверы, парковые зоны, зоны отдыха, организуя пешеходные улицы и реорганизуя в нем перегруженные транспортные участки городской среды.

В наше время город – сложный организм, где природные пространства целесообразно размещать так, чтобы план города перестал иметь только каменный силуэт. Зеленые пространства усиливают социальное единство между горожанами, предоставляют возможность отдыха, приятного времяпровождения. Ландшафтный дизайн на территории предприятия в большинстве своем – это рекреационная зона, которая предполагает место отдыха работников. Качественный отдых позволяет увеличить стрессоустойчивость, создавать благоприятные условия для работы и отдыха в обеденное время, тем самым увеличив безопасность работников на предприятии.

Следует упомянуть также о цветовосприятии, где зеленый не случайно излюбленный цвет множества людей, так как является успокаивающим.

<sup>1)</sup> Антропогенный ландшафт – ландшафт, измененный в связи с человеческой жизнедеятельностью.

Разработка концепции проектирования зеленых пространств, выявление особенностей проектирования с учетом социальных, экологических, культурных и иных факторов – первостепенная задача в современном развитии города.

Научный руководитель: доктор архитектуры, профессор Малков Игорь Георгиевич.

#### Список литературы

1 Город-сад [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://design-mate.ru/read/megapolis/garden-city>. – Дата доступа: 29.09.2019.

2 Малков, И. Г. Ландшафтный дизайн. Основные понятия. Особенности формирования : учеб.-метод. пособие / И. Г. Малков. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 28 с.

УДК 692.67

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЭСКАЛАТОРОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

*А. О. ШИМАНОВСКИЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Д. В. ДЬЯКОВ, П. П. ЧИРТА*

*Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством,  
Республика Беларусь*

Эскалатор – подъемно-транспортное устройство с замкнутым контуром лестничного полотна для транспортирования людей с одного уровня на другой [1]. В качестве движущего элемента эскалатора используются ступени, способные трансформироваться в ленту. Они соединены с замкнутой цепью, которую вращает электродвигатель с помощью редуктора. В процессе работы эскалатора метрополитена элементы его конструкции испытывают значительные динамические нагрузки. В то же время машина должна обладать высокой надежностью, чтобы обеспечить безопасность пассажиров при требуемой производительности.

В ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством» (ЗАО «СИПР с ОП») организовано производство эскалаторов метрополитенов, которые в настоящее время эксплуатируются не только в Беларуси, но и за ее пределами. В процессе создания оригинальных конструкций эскалаторов нашел применение ряд новшеств, защищенных патентами. В представленной работе рассматриваются новые разработки и их влияние на надежность машины в целом и удобство ее эксплуатации.

Существующая на момент разработки конструкция приводной станции эскалатора имела недостаточно высокую надежность, связанную со сложностью точного монтажа элементов привода. В существующую конструкцию дополнительно введены горизонтальная и вертикальная рамы коробчатой формы на которых размещены детали, обеспечивающие требуемую соосность элементов привода и направляющих ступеней приводной станции эскалатора. В процессе производства монтажных работ и последующей эксплуатации эскалатора были подтверждены высокая надежность приводной станции, а также низкая трудоемкость ее монтажа, наладки и ремонта.

При анализе конструкции входной площадки эскалатора было обращено внимание на низкую надежность механизма блокировочного устройства. Поэтому в существующую конструкцию введены упорные винты с пружинами, закрепленные в металлоконструкции с возможностью регулировки усилия прижатия пружин, подпружиненные упорные болты, установленные с возможностью горизонтального перемещения в корпусах, закрепленных на металлоконструкции, а также иные элементы, допускающие смещения. Это позволило наряду с простотой монтажа, обслуживания и наладки обеспечить более высокую надежность за счет снижения динамических нагрузок при различных режимах движения.

Существующая конструкция ступени эскалатора обладает большим весом, что, в частности, способствует повышению потребляемой мощности привода эскалатора. Для снижения веса ступени на лобовой поверхности опорной плиты выполнены овалыные выемки, а на горизонтальной поверхности опорной плиты выполнена прямоугольная выемка, по периметру которой закреплена рама, включающая два поперечных и несколько продольных ребер жесткости, выполненных в виде полос, расположенных заподлицо и перпендикулярно горизонтальной поверхности. Изобретение позволило снизить вес ступени эскалатора без ухудшения ее прочностных и эксплуатационных характеристик и, соответственно, снизить потребляемую мощность привода эскалатора.

К началу разработки новой техники было известно ходовое полотно пассажирского конвейера, содержащее перемещающиеся в направляющих шарнирно соединенные пластины с установленными на осях бегунками и пластинчатую тяговую цепь, а также ходовое полотно, содержащее два средства тяги и расположенное между ними множество одинаковых шарнирно соединенных площадок, расположенных друг за другом. Их недостатками являются низкая технологичность и недостаточная надежность. Для их повышения существующие оси, вокруг которых поворачиваются пластины полотна, выполнены с упорным буртиком и сквозным радиальным отверстием и зафиксированы в вильчатых кронштейнах с помощью упорной быстросъемной шайбы и предохранительного фиксатора, включающего пластиковую скобу-клипсу и установленный в ней шплинт, один конец которого расположен в радиальном отверстии оси, а второй конец выполнен с проушиной для снятия предохранительного фиксатора. Предложенное устройство отличается высокой технологичностью и надежностью.

Недостатком известной конструкции бегунка ступени эскалатора являлась низкая надежность и высокая материалоемкость. Разработана новая конструкция, в которой бегунок ступени эскалатора содержит закрывающую внешний торец цилиндрического корпуса, выполненную из антифрикционного материала защитную крышку с бобышками, которые установлены в отверстиях, выполненных в цилиндрическом корпусе, и закреплены в нем винтами; центральную втулку, в которой с помощью стопорных колец закреплен подшипниковый узел, включающий два подшипника качения, установленные на посадочной втулке и разделенные стопорным кольцом, при этом цилиндрический корпус выполнен из реактопласта на основе олигомерной матрицы с волокнистым наполнителем. Предложенная конструкция позволила обеспечить повышение надежности, влагостойкости и ремонтпригодности, а также снижение его материалоемкости и шума при движении по направляющим эскалатора. Указанное повышение технико-экономических характеристик бегунка предлагаемой конструкции подтверждено результатами опытно-промышленных испытаний в условиях действующих метрополитенов.

Все описанные объекты новой техники в настоящее время серийно изготавливаются в ЗАО «СИПР с ОП» и используются в метрополитенах.

Помимо новых деталей и узлов эскалатора разработано новое оборудование, предназначенное для их динамических испытаний. В частности, для анализа прочности ступеней эскалатора разработан стенд, который включает две параллельно расположенные наклонные опоры и прижимную плиту, соединенную с источником динамической нагрузки. Все узлы и механизмы закреплены на раме, состоящей из основания, стойки и консоли. В качестве источника динамической нагрузки используется кривошипно-ползунный механизм, закрепленный на консоли. Наклонные опоры неподвижно закреплены на основании и оборудованы упорами с лапами, выполненными с возможностью укладки в них роликов цепи эскалатора. Описанный стенд для динамических испытаний ступеней эскалатора, новизну которого составляет конструкция наклонных опор, рамы и силового блока, был изготовлен в ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством» и в течение ряда лет успешно там эксплуатируется.

Дальнейшее совершенствование конструкций эскалаторов требует развернутого анализа их динамической нагруженности при разных режимах работы.

#### Список литературы

1 Правила устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов : Постановление МЧС Республики Беларусь № 44 от 3.12.2004. – Минск, 2004. – 45 с.

## ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

*А. О. ШИМАНОВСКИЙ, О. И. ЯКУБОВИЧ, А. Ю. ШУБЕРТ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При создании новых зданий и сооружений широко используют композиты, одним из наиболее ярких представителей которых является бетон. Современные программные средства, предназначенные для моделирования напряженно-деформированного состояния конструкций, позволяют оценивать влияние и геометрию армирующей фазы на прочность композита в целом. При анализе прочности строительных композитов для изучения распределения напряжений и деформаций удобно использовать модели, представляющие периодически повторяющиеся ячейки. Такой подход позволяет с помощью относительно несложных вычислительных экспериментов исследовать достаточно сложные эффекты: влияние взаимного расположения фаз на механические свойства композита; установить механизмы повреждения; изучить начальные стадии образования пустот и роста трещин. Поэтому моделирование поведения конструкций из композитных материалов с учетом их структуры позволяет оптимизировать их прочность и долговечность.

В результате исследований структуры и состава контактных зон между заполнителем и цементным камнем было установлено, что на поверхности заполнителя образуется многослойная система из продуктов гидратации цемента, составляющая контактный слой толщиной 0,5–3 мкм [1]. Ранее в Белорусском государственном университете транспорта был выполнен ряд расчетов напряженно-деформированного состояния элементов конструкций из таких композитов с помощью программного комплекса ANSYS [2, 3]. Предложена модель бетона, в которой заполнитель размещен внутри цементной матрицы, причем связь между ними допускала относительное перемещение элементов. Выполненный в ходе исследований анализ показал, что наиболее неблагоприятный случай с точки зрения прочности рассматриваемого материала имеет место, если зерна заполнителя лежат вдоль линии действия внешней нагрузки. Такая схема положена в основу модели, позволяющей численно исследовать деформирование бетона с учетом неоднородности материала. Целью представленной работы стал анализ влияния физических параметров заполнителя и свойств контактной пары на напряженно-деформированное состояние бетонного массива.

Рассмотрена плоская модель рассматриваемой системы, соответствующая случаю, при котором армирующая фаза имеет цилиндрическую форму, а оси цилиндров располагаются в плоскостях, параллельных плоскости приложения нагрузки. Изучался плоский элемент структуры материала размерами 100×100 мм, включающий матрицу, внутри которой располагались заполнители, имеющие разные параметры. Физические характеристики матрицы были приняты следующими: коэффициент Пуассона равен 0,3, модуль упругости – 26 ГПа. Для включений рассматривались случаи изменения диаметров от 5 до 45 мм, модуль упругости варьировался от 15 до 26 ГПа, коэффициент Пуассона от 0,15 до 0,3.

В результате проведенных расчетов получена информация о характере распределения напряжений, возникающих в неоднородном материале. Также установлены зависимости эквивалентных напряжений от модуля упругости материала упрочняющей фазы композита и ее коэффициента Пуассона. Изменение модуля упругости предсказуемо приводило к изменениям напряженно-деформируемого состояния материала. Традиционно считается, что влиянием коэффициента Пуассона на прочность и жесткость материала можно пренебречь. Однако выполненные расчеты показали, что при увеличении коэффициента Пуассона от 0,15 до 0,3 максимальные эквивалентные напряжения в материале уменьшаются на 8 % (рисунок 1, а). При этом максимальные смещения точек элемента уменьшаются на 4 % (рисунок 1, б).

Таким образом, полученные результаты показывают, что обеспечить лучшие механические характеристики бетонных оснований транспортных сооружений можно, используя армирующие материалы, коэффициент Пуассона которых незначительно отличается от коэффициента Пуассона матрицы.

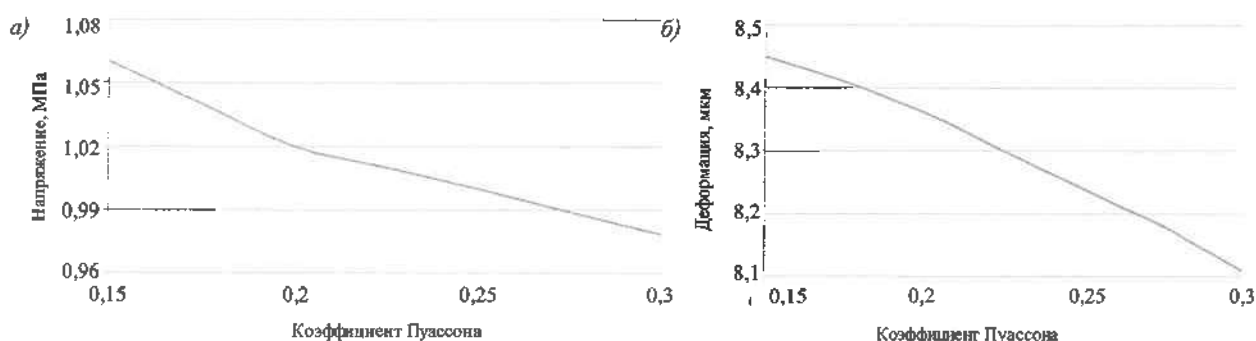


Рисунок 1 – Зависимость максимальных эквивалентных напряжений (а) и деформаций (б) от коэффициента Пуассона материала армирующей фазы композита

Также рассмотрено деформирование куба с зернами заполнителя шарообразной и кубической формы. Результаты расчета эквивалентных по Мизесу напряжений в материале с шаровидным заполнителем показали, что наибольшие напряжения в цементной матрице возникают в месте наибольшего сближения гранул. Например, при давлении на поверхности куба 30 МПа наибольшие напряжения в материале превышают 43 МПа. В то же время максимальные напряжения в гранулах оказываются в их центре. Значения максимальных напряжений в матрице и гранулах отличаются незначительно. Контактные напряжения неравномерно распределены по поверхности соприкосновения: они минимальны на «экваторе» зерна и максимальны в его верхней части.

Расчеты, выполненные для разных значений адгезии между цементной матрицей и заполнителем, показали, что картина распределения напряжений существенно не изменяется. При достаточно больших значениях адгезии композитный материал работает как единое целое вне зависимости от величины коэффициента трения между его фазами. Однако установлено, что при небольших значениях коэффициента трения существует некоторое предельное минимальное значение адгезии, обеспечивающее прочность материала, которое зависит от формы армирующих гранул. Если адгезия меньше названного предельного значения, то после приложения нагрузки происходит относительное смещение поверхностей гранулы и матрицы. Наличие такого смещения свидетельствует о расслоении материала и, таким образом, позволяет сделать вывод о недостаточной его прочности при действии заданных сжимающих давлений.

Таким образом, результаты численного моделирования, учитывающего физические константы заполнителя и матрицы, а также параметры, определяющие контактное взаимодействие между матрицей и армирующей фазой, позволило оценить напряженно-деформированное состояние композитного материала с учетом его неоднородности. Представленный подход может быть использован для выработки рекомендаций по подбору крупного и мелкого заполнителя, а также связующего, обеспечивающих необходимую и достаточную прочность строительных композитов и изготовленных из них элементов конструкций.

#### Список литературы

- 1 Barnes, B. D. The Contact Zone between Portland Cement Paste and Glass "Aggregate" Surfaces / B. D. Barnes, S. Diamond, W. L. Dolch // *Cement and Concrete Research*. – 1978. – Vol. 8. – № 2. – P. 233–243.
- 2 Компьютерное моделирование взаимодействия матрицы композита с зернами заполнителя / А. О. Шимановский [и др.] // *Актуальные вопросы машиноведения*. – 2012. – Вып. 1. – С. 421–423.
- 3 Якубович, О. И. Влияние формы армирующих гранул на напряженно-деформированное состояние композита / О. И. Якубович // *Механика. Исследования и инновации*. – 2018. – Вып. 11. – С. 274–280.

УДК 725.573

### РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ФОНДА ДОШКОЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ОБРАЗОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЕРИОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА

А. В. ЦЕГЛОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На разных этапах проектирования и строительства на территории Республики Беларусь преобладали определенные типовые проекты дошкольных учреждений образования (ДУО). На примене-

ние той или иной схемы типового проекта оказывали влияние: демографическое состояние района проектирования, существующий ландшафт территории, финансовые аспекты.

В зависимости от нормативных требований к площади и составу помещений, проектирование и строительство зданий ДУО происходило в основном по пяти этапам:

- довоенный период 1920–30-х годов;
- послевоенный период доиндустриального строительства;
- период индустриального строительства 60-х годов;
- период индустриального строительства 70-х и 80-х годов;
- современный этап строительства.

В 1920-х годах детские сады в основном планировочно включались в общую структуру здания и размещались на первых этажах зданий либо в приблокированных объемах. К концу 1930-х годов в республике получили применение типовые проекты детских дошкольных учреждений на 20, 40, 60 и 100 мест. Отличительной чертой довоенного периода является применение отдельных зданий для детских яслей и детских садов.

Послевоенный период индустриального строительства совпадает с процессом создания государственной системы дошкольного воспитания в стране, отработкой основных типологических моделей зданий и последующими проектированием и строительством в 1946–1961 гг. В 1946 г. были приняты первые послевоенные нормы проектирования детских яслей и садов [3, с. 11]. В данный период типовое проектирование и строительство ДУО было представлено зданиями малой и средней вместимости – на 1–5 групп, что по вместимости соответствовало яслям на 25, 40, 60, 80 и 100 мест и детским садам на 25, 50, 75, 100 и 125 мест.

Для периода индустриализации строительства 60-х годов характерно укрупнение жилых образований, что, соответственно, повлекло за собой строительство дошкольных учреждений на 160, 280 и 320 мест. А с выходом в свет норм СНиП И-Л.3–62 «Детские ясли-сады. Нормы проектирования» объединенные здания яслей-садов стали единственным типом ДУО общего типа. Здания в этот период проектировались как для дневного, так и для круглосуточного пребывания детей, то есть со спальней в групповой ячейке и без нее [1, с. 97].

Период индустриального строительства 70-х и 80-х годов представлен более развитым составом помещений, в котором наличие спальни стало обязательным планировочным элементом структуры детского сада. Групповые ячейки, как и само ДУО, становятся универсальными: как для дневного пребывания, так и для круглосуточного содержания детей в каждой детской группе [3, с. 21]. Нормируемые удельные площади спальни и групповой в данный период составляли 2 м<sup>2</sup>/ребенка.

В конце 80-х в Беларуси развивается концепция «открытого» детского сада, целью которой было создание многообразных по архитектурно-планировочному и конструктивному решению типов зданий дошкольных учреждений. Но социально-экономические условия в стране в 1990-х не позволили вышеуказанной концепции развиваться в полной мере. Поэтому до 2010-х годов здания ДУО в основном строились по типовым проектам советского периода, претерпев лишь незначительные изменения и дополнения.

Однако с выходом в 2011 году нового нормативного документа ТКП 45-3.02-249–2011 (02250) «Здания и помещения учреждений, обеспечивающих получение дошкольного образования. Правила проектирования» все больше стало появляться индивидуальных проектов зданий ДУО с уникальными для Беларуси архитектурно-планировочными решениями.

Существуют различные подходы к реконструкции и модернизации существующего фонда дошкольных учреждений образования в зависимости от конкретной ситуации расположения каждого здания в жилой застройке.

Виды реконструкции зданий ДУО в зависимости от количества групповых ячеек представлены в таблице 1.

Таблица 1

Число групповых ячеек	Вид реконструкции
1 Количество остается неизменным	Надстройка или пристройка дополнительных объемов
2 Снижение количества	Организация на высвобождающихся площадях недостающих специализированных и сопутствующих помещений
3 Увеличение количества	Надстройка до 2–3 этажей, пристраивание блоков, строительство отдельных блоков, соединяемых наземными или надземными переходами

Примером реконструкции с увеличением числа групповых ячеек и пристраиванием отдельного блока может служить детский ясли-сад № 36 в г. Брест. Нехватку мест в дошкольных учреждениях образования в микрорайоне Дубровка решили путем реконструкции существующего детского ясли-сада на 120 мест с помощью пристройки к нему двухэтажного дома, способного увеличить вместимость учреждения до 200–220 детей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Пристроенный блок детского ясли-сада № 36 в г. Бресте

Данную пристройку с просторными светлыми группами, большими спальнями, музыкальным залом и административным блоком на втором этаже возвели всего за 3 месяца.

Этот яркий пример реконструкции существующего здания ДУО показывает, как можно решить проблему нехватки мест в плотно населенном микрорайоне за короткий период времени, при этом, с экономической точки зрения, наиболее эффективным способом, чем при строительстве нового здания детского сада.

#### Список литературы

1 Санникова, О. Ф. Пространство для детей: из истории нормирования групповой ячейки детского сада / О. Ф. Санникова, А. Н. Ризе // Техническое нормирование, стандартизация и сертификация в строительстве. – 2012. – № 6. – С. 95–99.

2 Коростелева, Т. М. Становление и тенденции развития дошкольного образования в Республике Беларусь : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 Общая педагогика / Национальный институт образования. – Минск, 1997. – 17 с.

3 Рекомендации по реконструкции и модернизации зданий дошкольных учреждений. Утв. Указанием Москомархитектуры 01.07.1997. – М. : ГУП «НИИЦ», 1997. – 88 с.

4 ТКП 45-3.02-249–2011 (02250). Здания и помещения учреждений, обеспечивающих получение дошкольного образования. Правила проектирования. – Введ. 05.12.2011 (с отменой пособия 3.02.01–96 к СНиП 2.08.02–89). – Минск : Минстройархитектуры, 2012. – 60 с.

УДК 69.057:7

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ, ОПТИМИЗИРОВАННЫЕ ПО ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

*Т. В. ЯШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Повышение долговечности и обеспечение требуемого уровня надежности зданий и сооружений на транспорте ставят задачу перехода к новому поколению компонентов, представляющих уже на уровне микроструктуры композиционные материалы. Во все времена в строительстве ценились высокая прочность, качество и долговечность сооружений и конструкций. Возрастающая потребность общества в надежных инженерных сооружениях привела к массовому применению в мировой строительной практике бетонов с высокими эксплуатационными и технологическими свойствами. Появились бетоны нового поколения, отличающиеся от обычных наличием в своем составе высо-



коэффициентных многокомпонентных добавок, в том числе техногенного происхождения, способных модифицировать цементную систему.

Объектом исследования являлись композиционные строительные материалы: бетоны, растворы, мастики, шпаклевочные составы, модифицированные тонкодисперсными наполнителями и химическими добавками комплексного действия, и железобетонные конструкции из них, применяемые в транспортном строительстве.

Основные «транспортные» требования – надежность и долговечность – могут обеспечиваться повышенными прочностью, плотностью бетона, морозостойкостью, износостойкостью, что обеспечивает долговечность транспортных конструкций.

Существует множество способов повышения надежности и долговечности бетонов. Зарубежный опыт показывает, что более 70 % всего объема бетона укладывается с применением химических добавок. Несмотря на некоторое удорожание стоимости бетона, применение добавок экономически оправдано из-за улучшения ряда технологических параметров и повышения эксплуатационных свойств.

Обеспечить улучшение комплекса свойств могут лишь добавки «нового поколения», которые обладают одновременно пластифицирующим действием (повышающим качество бетонной смеси); свойством значительно ускорить твердение (что экономит затраты на опалубку, на пропарку заводских изделий) и, соответственно, сроки строительства; являются ингибиторами коррозии, что в общем способствует долговечности и экономичности бетонов.

Использование не одного, а двух или нескольких связующих, модифицированных дисперсным наполнителем, оправдано с экономической точки зрения, так как не требует синтеза новых базовых компонентов и налаживания их промышленного выпуска. Опыт показывает целесообразность применения таких связующих, поскольку наполнение позволяет снижать стоимость полимерцементных растворов и бетонов, регулировать вопросы утилизации крупнотоннажных отходов и защиты окружающей среды от техногенных загрязнений.

Значительно экономить ресурсы позволяет наполнение цементных и полимерцементных композитов, в которых до 40 % цемента заменено минеральным наполнителем оптимальной дисперсности, однако это требует специальной технологии, поддерживающей эффект модификации.

Существенно зависят от технологии приготовления и свойства цементных и полимерцементных композиций, модифицированных современными комплексными химическими добавками нового поколения.

Поиск ресурсосберегающей технологии, которая бы обеспечила наиболее благоприятные условия и для гидратации цемента, и для формирования микро- и макроструктуры композитов, привел к выбору интенсивной раздельной технологии. Раздельная технология предусматривает приготовление на первом этапе наполненного связующего (растворов, шпаклевочных и клеевых составов) по специально подобранному интенсивному режиму, и на втором этапе (по стандартному режиму) – наполненных и экономичных бетонов. Приготовление цементного или полимерцементного связующего осуществляется при скоростном турбулентном перемешивании, при котором сдираются экранирующие гидросульфаталюминатные пленки, обнажаются новые активные центры поверхности и гидратация цемента происходит максимально полно. Это позволяет на первой стадии раздельной технологии вводить существенное (до 40 %) количество дешевого микронаполнителя взамен цементного компонента. И чем выше пластификация, тем эффективнее введение тонкодисперсных наполнителей.

Известно, что продолжительность перемешивания не оказывает заметного влияния на подвижность, в то время как на однородности и прочности композита сказывается существенно. Исследования показали, что рациональными являются: скорость перемешивания  $\approx 20$  м/с и продолжительность приготовления композиционной смеси 60–120 с. При этом краткосрочная активация цементного связующего в турбулентном смесителе вызывает наибольшее увеличение прочности. Значительная временная экономия объясняется организацией оптимальной структуры в более короткие сроки при активации связующего и приготовлении композита по раздельному способу.

Применение одновременно нескольких технологических приемов: приготовление полимерцементного композита по раздельной технологии, активация смеси цемента, воды и наполнителя в скоростном турбулентном смесителе, введение комплексных модифицирующих добавок и дисперсных минеральных наполнителей – позволит устойчиво получать композиты с меньшим до 30–40 % расходом цемента и лучшими физико-техническими свойствами.

Высокая эффективность ресурсосберегающей раздельной технологии приготовления композита, на основе наполненного полимерцементного связующего и большая экономия цемента в них объясняется тем, что в существующих технологиях не реализуются в должной мере потенциальные возможности и свойства цементной составляющей. Такая реализация обеспечивается при скоростном режиме перемешивания, активации, более полной гидратации цемента и росте вяжущих свойств (при приготовлении полимерцементного композита с тонкодисперсным наполнителем в турбулентном скоростном смесителе).

Активация интенсифицирует процесс гидратации, кроме того, сокращается время приготовления модифицированных полимерцементных составов почти в 3 раза. Предварительная активация цемента приводит к повышению степени его смачивания и равномерному распределению воды, сдиранию экранирующих гидросульфатоалюминатных пленок с клинкерных микрочастиц с обнажением новых активных центров поверхности. В результате достигается ускорение и увеличение степени гидратации цемента, повышение прочности цементной составляющей в структуре полимерцементного камня. Активация цементно-водной суспензии улучшает ее реологические свойства, обеспечивает более однородное перемешивание цемента с водой и тем самым делает ее наиболее пригодной для наполнения и введения полимера.

Введение дисперсного наполнителя в подвижную и невязкую (в составе еще нет полимера) смесь позволяет осуществить в процессе наполнения замену части цемента минеральным порошком (наполнителем) и в результате получить экономию цемента без ухудшения его структурных, реологических и прочностных свойств. Введение полимерной составляющей на конечной стадии обеспечивает более полную гидратацию цемента и его экономию.

Получение однородной и удобоукладываемой смеси за счет введения современных химических добавок комплексного действия (с высоким эффектом гиперпластификации), придает в итоге полимерцементной композиции более высокие прочностные характеристики. Это делает их более долговечными, надежными при существенной экономии материально-технических ресурсов.

Применение в комплексе интенсивной раздельной технологии и модификации композитов дает существенную экономию вяжущих, что является ощутимым вкладом в ресурсосбережение.

Оптимальные составы и ресурсосберегающие технологии наполненных строительных композитов на портландцементе могут с успехом применяться в транспортном строительстве на разных объектах, в формовочных цехах заводов по выпуску и ж.-б. изделий (шпал, мостовых конструкций, ферм, ПДН – плит дорожного настила, для аэродромного покрытия и т. д.); при реконструкции и ремонтно-восстановительных работах; в качестве отделочных материалов, при устройстве покрытий полов.

Применение модифицированных бетонов и растворов (на наполненном минеральном дисперсным наполнителем комплексным связующем), обладающих высокими адгезионными свойствами к разным поверхностям (металлу, дереву, стеклу, бетону, керамике), износостойкостью, низкой возгораемостью, стойкостью к техническим маслам, щелочам, нефтепродуктам, позволит: увеличить межремонтные периоды, сократить энергозатраты, трудоемкость и сроки работ, увеличить долговечность и надежность конструкций зданий и сооружений на транспорте.

УДК 656.0-621.311

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТРАНСПОРТЕ**

*Т. В. ЯШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. В. ЯШИН*

*Гамбургский университет прикладных наук, г. Гамбург*

В соответствии с Техническим регламентом Республики Беларусь «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность» (ТР 2009/013/ВУ), при проектировании необходимо предусматривать рентабельное использование возобновляемых и альтернативных источников энергии, при этом должна рассматриваться возможность применения альтернативных систем энергообеспечения с технической, экономической и экологической точки зрения.

Все большую популярность во всем мире завоевывает экологически чистый и безопасный способ приготовления горячей воды и поддержки отопления – солнечные коллекторы. Особенно активно системы горячего водоснабжения и отопления с использованием солнечных коллекторов развиваются в странах Евросоюза, экономика которых (как и наша) испытывает существенную зависимость от импортируемого топлива, в связи с чем использование любых возобновляемых источников энергии всячески стимулируется правительствами этих стран.

Мировой опыт применения в строительстве альтернативной энергии, представленный на выставке Intersolar-2019 в Мюнхене, убедительно показал, что с развитием новых технологий по производству модулей фотовольтаика (для электроэнергии от солнца) началась новая эра в сфере строительства, архитектурной интеграции и энергоснабжения зданий.

По суммарному приходу солнечной радиации Беларусь превосходит северную часть Германии, Швецию, Данию и Великобританию, которые считаются лидирующими в Европе по применению гелиоэнергетического оборудования (что установлено учеными с помощью спутниковых многолетних исследований). Распределение плотности солнечного потока показывает, что, начиная с границы, расположенной на 100 км западнее Минска и дальше, на восток вплоть до России, белорусские территории получают больше солнечной энергии, чем западноевропейские, расположенные на этой же широте (что связано с влиянием Атлантики и Балтики). Поскольку Беларусь от них дальше, то облачности и туманов у нас меньше. При этом Западная Европа активнее использует солнечную энергию, хотя мы находимся в более выгодном положении [1, 2].

Успешный опыт эффективной эксплуатации в Гомельской области с 2007 г. солнечных коллекторов показал перспективность этого направления (сегодня более чем на 50 объектах они эффективно эксплуатируются). Одними из первых гелиоустановки стали эксплуатироваться на ж.-д. транспорте: на Гомельской дистанции гражданских сооружений и Гомельской дистанции пути, где горячая вода используется для производственных и бытовых нужд – механической мастерской, буфета, душевой. Для эксплуатационных служб на железнодорожном транспорте, например в вагонном депо, удовлетворяется ежедневная потребность в подогреве эмульсии для мойки колесных пар подвижного состава (15,0 м<sup>2</sup> солнечных коллекторов практически с марта по октябрь поддерживают пятидесятиградусную температуру 1000 л эмульсии). Гелиоустановки горячего водоснабжения для душевых, умывальников, санузлов, комнат приема пищи, столовых эффективно работают во многих производственных и административных зданиях РБ: Гомельжелдортранса, Брестского отделения железной дороги, Дома отдыха локомотивных бригад (г. Калинковичи), Автобусного парка (г. Витебск), ПМС Белорусской железной дороги (г. Жлобин). Гомельскими специалистами только за 2015–2018 гг. произведено и сдано в эксплуатацию более 1500 м<sup>2</sup> солнечных коллекторов [3].

Выставка Intersolar-2019 показала, что появился спрос на гибкие фотовольтаик-модули (гнущиеся солнечные панели и тонкопленочные модули). Если пару лет назад была только технология производства тонкопленочных панелей с низким процентом эффективности (8–10 %), то сейчас, можно увидеть эластичные поли- и монокристаллические солнечные панели с 18–21 % эффективности. Данные ноу-хау позволяют использовать фотовольтаик-модули при выполнении строительных проектов со сложными геометрическими формами (фасады вокзалов, придорожных гостиниц и кафе и др.). Данные солнечные панели имеют удивительно небольшой вес и весьма прочную конструкцию. Эффективно используются солнечные панели в тех местах, которые подвержены сильному солнечному излучению (на стеклянных фасадах с хорошей пропускной световой способностью). Так же зачастую рядом с фотовольтаиком в зданиях устанавливают солнечные гелиосистемы для обогрева воды и поддержания теплых полов. Самым дешёвым вариантом на рынке является внедрение солнечных панелей при проектировании здания. Более дорогим вариантом – внедрение фотовольтаик-элементов при модернизации (при построенном здании с индивидуальными параметрами и сложными геометрическими формами).

Электрические крытые парковки – еще одно новшество. В связи с невероятным темпом развития электромобилей в Европе ощущается нехватка требуемой инфраструктуры. На рынке инфраструктуры для электромобилей произошёл настоящий бум. Выход найден в самом простом навесе, где вместо поликарбонатной или деревянной крыши используются солнечные фотоэлементы. По всей площади навеса располагаются полностью интегрированные солнечные модули, которые позволяют владельцам электрокаров заряжать автомобиль и днем и ночью. Такие солнечные навесы выглядят эстетично, могут иметь необходимый размер, они безопасны. В течение последних 3–4 лет количество поставщиков подобных солнечных навесов увеличилось многократно.

Новинка «балконный фотовольтаик» – это солнечная панель, состоящая из одиночных солнечных элементов. Главное условие для установки «балконного фотовольтаика» – наличие балкона, фасада, террасы с ориентацией на солнечную сторону. Выбор его может зависеть от нескольких факторов: размера фасада, угла солнечного наклона, количества желаемой энергии, географической позиции и т. д. Процесс установки такого модуля очень прост и сравним с прикреплением зеркала на стену. При этом панель может быть сразу подключена в сеть через самую обычную розетку.

Фотовольтаик-модули устанавливали раньше только на крышах и фасадах зданий. К сожалению, не каждый имеет возможность установить на крыше здания солнечную панель и получать от этого электрическую и финансовую прибыль. Для этого в Германии с 2018 года на государственном уровне разрешена установка и подключение в сеть балконных фотовольтаик-модулей.

Мониторинг гелиосистем (солнечных коллекторов), эксплуатирующихся в РБ, позволил обобщить имеющийся опыт их эксплуатации. Значительное энергосбережение, безопасность и надежность, быструю окупаемость (от 2 до 7 лет), большую эффективность в течение 6–8 месяцев (с марта по октябрь) показала эксплуатация первых в г. Гомеле современных солнечных коллекторов. Учитывая постоянный рост стоимости энергоносителей, сроки окупаемости гелиоустановок могут снизиться до 3–4 лет. При новом строительстве намного дешевле и эффективнее запроектировать и смонтировать гелиосистему. Солнечные коллекторы могут устанавливаться на горизонтальной крыше или площадке возле дома (при реконструкции), на наклонной крыше или стене, выходящей на юг, а также могут монтироваться непосредственно в крышу или в стену здания, выполняя функции пассивного утеплителя его наружной части. На малоэтажных зданиях с пологой кровлей могут с успехом применяться «солнечные» крыши [2].

Солнечным панелям еще на стадии разработки проекта здания должна быть отведена дополнительная роль элементов покрытия и оформления фасада (как это сделано во многих европейских странах). Область применения гелиоколлекторов достаточно широка – это транспортные объекты, расположенные вдали от инженерных коммуникаций, придорожные гостиничные комплексы, кафе, объекты общественного питания; прачечные, обслуживающие подвижной состав, вагоноремонтные депо, административные здания, железнодорожные, автомобильные и аэровокзалы, а также пансионаты, учебные заведения, общежития, системы горячего водоснабжения производственного, коммунального, бытового назначения на транспорте.

Применение безопасных гелиосистем, обеспечивающих горячей водой и энергией здания и сооружения, расположенные вдали от инженерных коммуникаций, является перспективным направлением повышения энергоэффективности и безопасности на объектах транспортного строительства.

#### Список литературы

- 1 Шайтар, В. Солнце в зените – в доме тепло / В. Шайтар // Мастерская. Современное строительство. – № 1. – 2011. – С. 68–71.
- 2 «Солнечная диета» для экономии бюджета // Мастерская. Современное строительство. – № 2. – 2013. – С. 85–87.
- 3 Солнечный коллектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.solarcollector.by](http://www.solarcollector.by). – Дата доступа: 25.06.2019.

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.11.05

### ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ НА ПРОЦЕСС ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

*М. АТАЖАНОВ, Ш. НОСИРОВ*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации  
автомобильных дорог, Республика Узбекистан*

Обеспечение удобства и безопасности движения пешеходов является одним из наиболее ответственных и вместе с тем до сих пор недостаточно разработанных разделов организации движения. Сложность этой задачи, в частности, обусловлена тем, что поведение пешеходов труднее поддается регламентации, чем поведение водителей, а в расчетах режимов регулирования трудно учесть психофизиологические факторы со всеми отклонениями, присущими отдельным группам пешеходов.

В процессе дорожного движения, а также, в системе безопасности движения пешеход является равноправным участником. Ежегодно на дорогах мира погибают более 270 тыс. пешеходов. В глобальных масштабах на долю пешеходов приходится 22 % общего числа случаев смерти в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а в ряде стран – до двух третей таких случаев.

На примере следующей блок-схемы можно заметить определения вероятных контактных участков пешеходов, которые имеют наибольшую вероятность повреждений при столкновении с транспортным средством (рисунок 1).



Рисунок 1 – Повреждаемые участки тела пешехода при столкновении с транспортным средством

Необходимость изучения доли наезда на пешехода в системе всех видов дорожно-транспортных происшествий ссылается на данные показателей состояния дорожного движения, а также степени его безопасности. Итак, учитывая эти критерии, прежде чем приступить к анализу дорожно-транспортных происшествий с видом «наезд на пешехода», необходимо обратить внимание на общее количество ДТП по Республике Узбекистан (таблица 1).

Таблица 1 – Анализ ДТП за последние 5 лет в Республике Узбекистан

Дорожно- транспортные происшествия	Годы				
	2014	2015	2016	2017	2018
Количество ДТП	9832	12874	11901	11241	13215
Число погибших, чел.	1935	1841	1874	1900	2500
Число травмированных, чел.	8333	7099	8012	9814	10000



Рисунок 2

Ежегодно в мире в результате ДТП гибнут около 1,24 млн человек. Более одной пятой этих случаев смерти приходится на долю пешеходов. Наезды на пешеходов, особенно в крупном населенном пункте, как и другие ДТП, не должны считаться чем-то неизбежным, так как в действительности они прогнозируемы и предотвратимы. Основными факторами риска, связанными с дорожно-транспортным травматизмом среди пешеходов, являются скорость транспортного средства, употребление алкоголя водителями и пешеходами, отсутствие инфраструктуры для обеспечения безопасности пешеходов и плохая видимость пешеходов.

С учетом вышеизложенного и результатами проведенного анализа, предлагается внести единый порядок между пешеходами, переходящими проезжую часть, где суть заключается в примитивном действии, в котором пешеход, переходящий дорогу через нерегулируемый пешеходный переход должен поднять левую или правую руку и показать ладонь водителям. Данный жест будет означать, что лицо, переходящее проезжую часть по нерегулируемому пешеходному переходу, обращается с просьбой к водителям, чтобы те могли уступить ему дорогу и дать возможность закончить переход проезжей части (рисунок 2).

Достоинством данного предложения является то, что его внедрение не требует лишних денежных затрат и прочих затруднений. Также рассчитывается, что данное мероприятие позволит снизить количество ДТП с наездом на пешехода на 11,3 %. Данный метод активно применяется в таких развитых странах, как Китай, Япония, Германия и др.

#### Список литературы

1 Азизов, К. Х. Основы организации безопасности движения : учеб. для вузов / К. Х. Азизов. – Ташкент : Fan va texnologiya, 2012. – 272 с.

2 Survival analysis: pedestrian risk exposure at signalized intersections / Tiwari G. [et al.] // Transportation Research, Part F. – 2007. – 10: P. 77–89.

УДК 656.11.05

### **ВНЕДРЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ В СВЕТОФОРАХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ В ЦЕЛЯХ РАЗГРУЗКИ ДОРОГ ВО ВРЕМЯ ПРОБОК И УВЕЛИЧЕНИЯ ИХ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ**

*М. АТАЖАНОВ, Ш. НОСИРОВ*

*Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации  
автомобильных дорог, Республика Узбекистан*

Организация движения пешеходов в крупных городах и обеспечение их безопасности – многоплановая проблема. Сложность ее решения объясняется во многом сильным влиянием психофизиологических факторов, затрудняющих применение математических методов описания закономерностей пешеходного движения.

Обеспечение безопасности пешеходного движения в городе тесно связано с решением вопросов создания для него комфортных условий с необходимостью учета требований водителей транспортных средств и реальной градостроительной и транспортной ситуации.

В целях обеспечения безопасности движения пешеходов, особенно травмирования наиболее незащищенной их части – пожилых людей – в европейских городах приняты следующие уровни местного ограничения скоростей:

- на жилых улицах и в пешеходных зонах – 10 км/ч;
- в рекреационных зонах – 20–30 км/ч;
- в зоне школ — 50 км/ч;
- на городских улицах общегородского значения – 70 км/ч;
- на городских скоростных (внеуличных) магистралях – 110 км/ч.

Для определения эффективности продуманного мероприятия был проведен подробный анализ движения пешеходов через сечение регулируемого пешеходного перехода на улице Ислама Каримова в центральной части г. Ташкента. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица скоростей движения пешеходов в городских улицах по их возрасту и полу

Возраст	Город Ташкент, ул. Ислама Каримова	
	Средняя скорость $v$ , м/с	
	М	Ж
До 7 лет	0.69	0.54
7–15	0.71	0.73
15–25	2.0	2.45
25–35	2.57	1.39
35–45	1.31	1.78
45–55	1.01	1.08
55–65	1.02	1.04
65 лет и более	0.65	0.58

Как видно из таблицы 1, в целях научного исследования были охвачены пешеходы различного возраста. Все необходимые возрастные аспекты, касающиеся вопросов безопасности пешеходов, направлены преимущественно на контроль поведения пешеходов в городских улицах, пешеходных переходах и в других местах.

На регулируемых пешеходных переходах пешеходы двигаются, исходя из сигналов светофора. При этом, если имеется специальный пешеходный светофор (выполнен в виде силуэта пешехода), пешеходы двигаются, исходя из его сигналов. На транспортный светофор не обращают внимания. При этом, красный является запрещающим сигналом, зеленый – разрешающим. Если пешеходного светофора нет, пешеходы двигаются, исходя из сигналов основного транспортного светофора.

Эксперимент, в ходе которого наблюдалось поведение пешеходов в такой ситуации. Из пятидесяти пешеходов тридцать восемь (76 % от общего числа) не дождались включения таймера обратного отсчета и решили перейти дорогу на красный свет. Среднее время ожидания реакции от светофора составило 5,6 секунды. Оставшиеся двенадцать пешеходов ждали начала работы таймера и зеленого сигнала светофора.

**Решение.** Кнопка должна реагировать на действие пользователя, связка «кнопка+таймер» тоже. Если в такой связке таймер не реагирует или реагирует с задержкой, то эта связка воспринимается пешеходами как не функционирующая (рисунок 1).



Рисунок 1 – Кнопки переключения фаз светофора на регулируемом пешеходном переходе

На первый взгляд, решение выглядит очевидным и простым, но его невозможно реализовать, пока город не сделает единые технические требования ко всем элементам системы табло-светофор. Без таких требований при синхронизации работы оборудования разных производителей возникают сложности – от багов до невозможности синхронизации.

#### Список литературы

1 Vanderschuren, M. Traffic calming measures: review and analysis / M. Vanderschuren, R. Jobanputra // University of Cape Town; African Centre of Excellence for Studies in Public and Non-motorized Transport. – 2009. – (Working Paper 16–02).

УДК 656.224:004.9

## ИТ-КУЛЬТУРА ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ПАССАЖИРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. Н. БЕЛОУС

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Мобильные приложения всё активнее входят в жизнь современного человека и постепенно становятся неотъемлемой ее частью, формируя новую культуру, присущую XXI веку, которую можно охарактеризовать как ИТ-культуру. Она многогранна и появляется в разных сферах жизнедеятельности человека, в том числе и на транспорте, особенно на железнодорожном, предоставляющем сегодня пассажирам комфортные условия поездки, во время которой он может пользоваться мобильным телефоном, ноутбуком, смартфоном, планшетом, где, можно сказать, создаются благоприятные условия для культурно-досуговой и просветительской деятельности. Однако вышеперечисленное не исчерпывает возможности ИТ-культуры, которая также предполагает использование современных технологий, помогающих пассажиру получить информацию о маршруте следования (например, количестве свободных мест в поезде, предоставляемых дополнительных услугах в период поездки или возможности приобретения билета через Интернет и т. д.). Сегодня в мире насчитывается около 1,5 млрд мобильных телефонов, это в три раза больше, чем традиционных компьютеров, и по мере технического прогресса мобильные устройства получают новые технические возможности, возрастает скорость и надежность при передаче данных в каналах беспроводной связи. Мобильные телефоны, смартфоны, планшетные компьютеры становятся основной частью цифровой жизни современного человека. Практически у всех сейчас имеются мобильные устройства, являющиеся удобным инструментом для доступа к любой информации, но не всегда взрослое население использует свои смартфоны, коммуникаторы и планшетные компьютеры для получения требуемой информации о поездке и часто «по старинке» пытается следовать уже известными приемами: звонок в справочную службу железнодорожного вокзала и приобретение билета через кассу (рисунок 1).

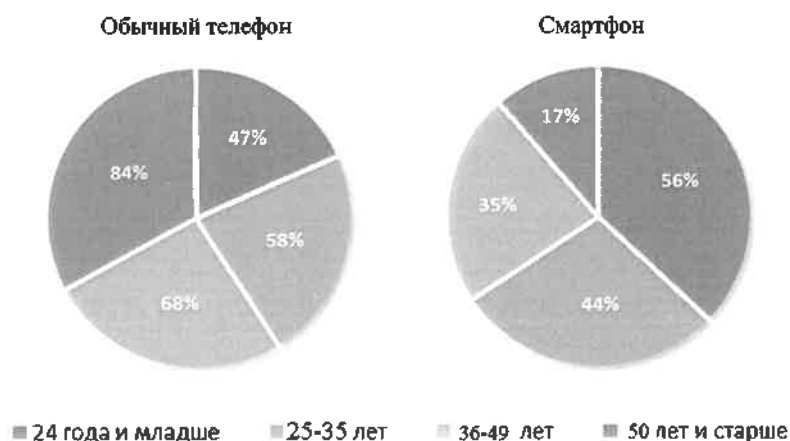


Рисунок 1 – Динамика использования телефонов среди пользователей



Как показало исследование, пассажиры возрастной категории от 50 лет и старше, особенно проживающие в небольших населенных пунктах, не знают о многих мобильных приложениях, о которых было изложено выше (рисунок 2).

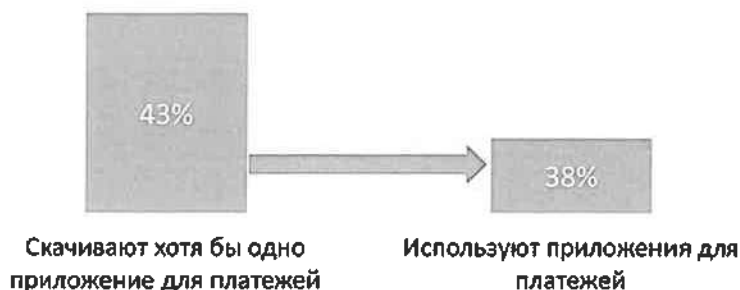


Рисунок 2 – Использование мобильных приложений среди пользователей

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод, что населением страны, особенно старшим поколением, мобильные технологии используются недостаточно и пока еще не нашли своего должного применения. В связи с этим необходимо проведение «кликбеза» по использованию мобильных приложений среди населения, что позволит железной дороге реализовать для пассажиров услуги, обладающие кардинально новыми возможностями, а мобильным устройствам стать поистине цифровыми помощниками.

#### Список литературы

- 1 Муликова, С. А. Технологии профессиональной деятельности в информационной среде : [монография] / С. А. Муликова, Г. О. Такигулова. – Караганда : Изд-во КарГУ. – 196 с.
- 2 Капранова, М. Н. Роль информации в современном обществе / М. Н. Капранова // Сборник молодых ученых. – М. : МГУКИ, 2016.

УДК 339.138:656.224

## СИСТЕМА МАРКЕТИНГОВОЙ КОММУНИКАЦИИ В ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗКАХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Е. В. БОЙКАЧЕВА, М. А. БОЙКАЧЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Пассажирский транспорт имеет огромное значение для экономического и социального развития любого общества. Одним из современных методов удовлетворения потребностей и пожеланий потребителя в рыночной экономике является рациональное использование маркетинга и его инструментов.

Маркетинг рынка пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте определяет комплексную систему организации перевозочного процесса, ориентированную на более полное удовлетворение постоянно меняющегося спроса на транспортные услуги и повышение рентабельности отрасли.

При использовании маркетинга и его инструментов на железнодорожном транспорте необходимо прежде всего учитывать характеристики продукта железнодорожного транспорта, потому что услуга транспорта является продуктом нематериальной формы, и имеет неактивный спрос [1]. Поэтому маркетинг и его неотъемлемая часть – маркетинговые коммуникационные инструменты – должны быть ориентированы на целевую аудиторию, т. е. каждый спрос сегмента должен быть рассмотрен.

Одним из основных показателей эффективности работы железной дороги является количество перевезенных пассажиров. Для увеличения объемов пассажиропотока необходимо правильно выбрать форму маркетинговых коммуникаций, так как данная проблема актуальна и нуждается в исследовании на железнодорожных предприятиях.

Факторы, влияющие на выбор форм маркетинговых коммуникаций, можно разделить на два:

- 1) общепринятые факторы, влияющие на выбор маркетинговых коммуникаций;
- 2) факторы, влияющие на выбор форм маркетинговых коммуникаций в зависимости от оказания услуг железнодорожного транспорта.

Общепринятые факторы, влияющие на выбор маркетинговых коммуникаций с учетом особенностей железнодорожного транспорта, в свою очередь, можно разделить на пять групп.

1 Бюджет маркетинговых коммуникаций. Крупные компании обладают значительными денежными средствами, поэтому они могут позволить себе выделить большие средства на маркетинговую компанию [3]. Компании, маркетинговые программы которых ограничены бюджетом, используют маркетинговые коммуникации в меньшем объеме: ограниченное количество рекламы в СМИ, реклама на сайтах, в местах продаж и др.

2 Концентрация потребителей. Обычно компания имеет дело с двумя разновидностями концентрации потребителей – общенациональной и местной.

3 Канал сбыта услуг. Услуги транспортной продукции можно реализовывать на вокзалах, в железнодорожных кассах, с помощью агентов и сети Интернет. При реализации транспортных услуг можно пользоваться следующими инструментами: реклама (в местах продаж, на собственном сайте), стимулирование сбыта (премии, ценовые скидки) и др.

4 Нахождение потребителя на определенной стадии готовности купить продукт. Если компания выпускает товар нового вида, то для того, чтобы потребитель узнал и приобрел данный товар, необходимо пользоваться рекламой и паблик рилейшнз (публикация статей в газетах, интервью в СМИ руководителя компании).

5 Вид реализуемой услуги. Первый, основной вид услуг – перевозка пассажиров, второй – дополнительные услуги, т. е. услуги, оказываемые в вагонах и на вокзалах.

Изучив все виды сервиса на железной дороге, можно сделать вывод о том, что на выбор форм маркетинговых коммуникаций должны влиять следующие пять факторов (при группировке учтен процесс от покупки билета пассажиром до прибытия его на станцию назначения) [4]:

- 1) удобство в вагонах;
- 2) качество оказываемых услуг в вагонах;
- 3) качество оказываемых услуг на вокзалах;
- 4) удовлетворительная стоимость билета;
- 5) простота покупки билета.

Существует два способа оценки эффективности маркетинговых коммуникаций: экономическая и психологическая.

Основой экономической оценки служит изменение объема продаж. Анализируется ситуация до и после применения маркетинговых коммуникационных мер. Маркетинговая коммуникация имеет множество подходов к определению экономической эффективности и это позволяет ее более глубоко оценить.

Психологическую эффективность маркетинговых коммуникаций можно определить, отвечая на вопросы, например, какое мнение и впечатления у потребителя о фирме или ее услугах.

Маркетинговые исследования пассажирских перевозок предусматривают систематический анализ рынка транспортных услуг населению и внешней среды для решения тактических и стратегических задач управления пассажирским комплексом железнодорожного транспорта. Принципиальной особенностью направленности маркетинговых исследований пассажирских перевозок является тот фактор, что спрос населения на транспортные услуги почти всегда является вторичной потребностью, которая служит для удовлетворения потребностей, имеющих более первичный характер (работа, учеба, отдых, лечение и др.) [5].

Конкурентоспособность железнодорожного транспорта может быть оценена на каждом конкретном направлении пассажиропотока соотношением «цена – качество». Для этого требуется информация о полной стоимости поездки, включая затраты, связанные с проездом, питанием, постельными принадлежностями, а также учитывающей систему скидок и льгот, предоставляемых различными транспортными компаниями [2]. Кроме того, на основе экспертных оценок специалистов или социологических исследований потенциальных пассажиров проводится ранжирование конкурентоспособности различных видов транспорта по уровню качества предоставляемых услуг.

В Республике Беларусь к основным мероприятиям по формированию спроса и стимулированию сбыта транспортных услуг в области пассажирских перевозок можно отнести развитие системы

продажи билетов через Интернет с функцией показа графических схем вагонов с возможностью выбора по ним мест при покупке билетов на сайте (для вагонов СВ, купейных, плацкартных), предлагается услуга приобретения билетов в международном сообщении со странами Европы.

При разработке стратегии маркетинговых коммуникаций необходимо учитывать факторы, влияющие на выбор их форм, которые повысят эффективность маркетинговой политики предприятия. Это даст возможность увеличить объем пассажиропотока, что, в свою очередь, приведет к снижению постоянных расходов

Таким образом, маркетинг пассажирских перевозок – это, прежде всего, принятие эффективных управленческих решений, позволяющих обеспечить привлечение к пользованию железнодорожным транспортом необходимого пассажиропотока за счет конкурентоспособной тарифной политики и предоставления населению творчески продуманных транспортных услуг требуемого объема и уровня качества, соответствующего развитию современной экономики.

#### Список литературы

- 1 Аксенов, И. М. Маркетинг пассажирских перевозок : учеб. пособие / И. М. Аксенов. – Киев : Основа, А42, 2016. – 212 с.
- 2 Гизатуллина, В. Г. Себестоимость железнодорожных перевозок и тарифы : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина, Е. В. Бойкачева. – Гомель: БелГУТ, 2016. – 301 с.
- 3 Дробышева, Л. А. Экономика, маркетинг, менеджмент : учеб. пособие. / Л. А. Дробышева. – 4-е изд. – М. : Дашков и К, 2016. – 152 с.
- 4 Илловайский, Н. Д. Сервис на транспорте (железнодорожном) / Н. Д. Илловайский, Н. С. Киселев. – М. : Маршрут, 2003. – 585 с.
- 5 Сафронова, Н. Б. Маркетинговые исследования : учеб. пособие / Н. Б. Сафронова, И. Е. Корнеева. – М. : Дашков и К, 2013. – 296 с.

УДК 811.111:656.2.08

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕВОДА АНГЛИЙСКОЙ ТЕРМИНОЛОГИИ ПО ТЕМЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК»

*О. Н. БУЛАВИНА, Т. С. ЯРОШ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время является общепризнанным тот факт, что речевая деятельность на иностранном языке невозможна, если у говорящего (пишущего, читающего или слушающего) не сформирован определенный языковой фундамент. Только при наличии такого фундамента возможно в дальнейшем развитие речевых умений и навыков. При обучении студентов неязыковых вузов чтению литературы по специальности перед преподавателем стоит задача создать эффективные методические приемы, которые позволят в кратчайший срок усвоить специальную терминологию, отражающую основные понятия базисной специальности вуза определенного профиля.

Специфика БелГУТа как транспортного вуза предопределяет изучение транспортной терминологии на уроках иностранного языка частично уже на первом курсе. В данной статье речь пойдет об англоязычных терминах и сложностях их перевода на русский язык на примере терминологии, связанной с безопасностью пассажирских перевозок.

Термин (от лат. *terminus* – предел, граница) – слово, точно обозначающее определенное понятие, применяемое в науке, технике, искусстве. Это словарное определение сегодня немного устарело, т. к. сфера применения терминологии намного шире трех перечисленных выше областей. Термины представлены в любой специальной литературе, как научно-технического, так и прикладного характера. Сегодня терминами мы называем эмоционально-нейтральные слова или словосочетания, передающие определенное понятие, относящееся к определенной области знаний. Поэтому в специальной литературе термины несут основную смысловую нагрузку, занимая главенствующее место среди остальных общеупотребительных слов. И ничего удивительного: порой одно слово-термин или одно терминологическое словосочетание содержит в себе больше информации, чем целый абзац описательного текста.

Поставщиками терминов являются не только латынь и древнегреческий язык. В любом языке есть много общеупотребительных слов, которые в определенных обстоятельствах становятся терминами. Здесь и кроется первая проблема при переводе терминологии. Скажем, английское слово *rocket* – это не только карман (общеупотребительное), но и просадка пути, балластный мешок (в земляном полотне), *skirt* – не только юбка (общеупотребительное), но и юбка поршня, *baby* – не только ребенок (общеупотребительное), но и противовес, глагол *to run* – не только бежать (общеупотребительное), но и пробег, рейс, работа (машины). Английское общеупотребительное слово *arm* (рука), став термином, переводится как 1) рычаг, коромысло (весов), рукоятка, плечо, 2) спица (колеса), 3) ручка, 4) крыло семафора. При переводе таких слов студентам не всегда понятно, что перед ними не обычное слово, а именно термин.

Но нахождение терминов – это далеко не самая сложная задача. Куда сложнее порой разобраться в двойственной природе терминологии. Стоит открыть любой специальный словарь, и против каждого английского термина стоит, как правило, несколько русскоязычных эквивалентов. Отсюда вторая задача: выбор правильного. Возьмем, к примеру, всем известное английское слово *car*. В англо-русском железнодорожном словаре под редакцией А. Е. Чернухина находим три варианта перевода: 1) вагон (в США – и грузовой, и пассажирский), 2) трамвайный вагон (брит. англ.) и 3) автомобиль. Или английское слово *carriage*. Спектр значений этого слова варьируется от 1) пассажирского вагона, 2) тележки, 3) вагонетки; 4) перевозки, 5) транспорта; 6) шасси, 7) рамы, 8) несущего устройства до 9) суппорта, 10) каретки и салазок. Выбрать правильное значение термина – задача не простая. Но куда сложнее бывает неопытному студенту справиться с терминологическими словосочетаниями, т. е. терминами, состоящими из двух и более слов, которые находятся в атрибутивной связи друг с другом. А проще говоря, когда слово определяет другое слово, то, которое стоит рядом с ним. Учитывая, что каждое отдельное слово-термин может обрастать огромным количеством словосочетаний, в том числе и выражающих вполне определенное понятие, трудно даже приблизительно подсчитать общее количество словосочетаний-терминов. К примеру, в упомянутом выше англо-русском железнодорожном словаре к слову *train* (поезд) авторы приводят 102 словосочетания от *train accident* – авария поезда, крушение поезда до *train tonnage* – вес поезда. Большинство словосочетаний (примерно восемьдесят процентов) состоят из двух существительных. Это атрибутивные словосочетания типа NN, получившие в англистике название конструкции *STONE WALL*, а в нашем случае это *passenger transportation* (пассажирские перевозки). Здесь же представлена и довольно солидная группа словосочетаний из трех слов (*train control acknower* – прибор, подтверждающий принятие машинистом сигнала авторегулировки, *train protecting signal* – сигнал ограждения поезда; *train safety control* – обеспечение безопасности движения поездов). Некоторые словосочетания состоят из четырех последовательно стоящих английских существительных – *train control acknowledge whistle*, другие имеют в составе еще и английские предлоги *of* и *to*, например, *train-to-train communication* (межпоездная радиосвязь), *train of superior direction* (поезд преимущественного направления), *train-to-wayside frequency* (частота для связи движущегося поезда со стационарной радиостанцией) и многие другие. Еще больше таких цепочек из существительных в реальном тексте. А если говорить о количестве звеньев в атрибутивных цепочках, то даже словарные эквиваленты показывают, что количество слов в английском и русском выражениях (при переводе), как правило не совпадают, а следовательно, надо быть готовыми к тому, чтобы добавить какие-то слова в процессе перевода (описательный перевод) или, напротив, опустить что-то ненужное (опущение). При переводе субстантивных атрибутивных словосочетаний мы используем самые разнообразные комбинации русских слов: существительное + существительное (*safety precautions* – меры безопасности), существительное в родительном падеже + существительное (*train connection* – согласование поездов), существительное с предлогом + существительное (*train spacing* – промежуток между поездами), *train information* – информация о движении поездов), прилагательное (причастие) + существительное (*train brake pipe* – поездная тормозная магистраль), наречие + существительное. В таких номинативных конструкциях выражение синтаксических отношений перекладывается на семантику существительных или выносится за пределы вербального контекста в экстралингвистический контекст профессиональных знаний, который содержит, как правило, достаточно показателей для однозначной интерпретации словосочетания. Правильный перевод определяет логика текста, смысл высказывания, знание русской терминологии.

Анализ ошибок, которые допускают студенты при переводе терминологических выражений показывает, что основную трудность представляет неточное знание студентами русских терминов и

отсутствие навыков перевода двусоставных, трехсоставных сложных терминов и терминологических сочетаний. Студент должен четко знать: сколько бы звеньев не содержала цепочка атрибутивных словосочетаний, процесс сматывания ее в один клубок, а проще говоря, перевод на русский язык всегда следует начинать с последнего существительного, стоящего перед глаголом или другим существительным.

Поэтому преподаватель иностранного языка, приступая к обучению студентов терминологическим словосочетаниям, должен определить, известна ли студентам система технических понятий и система соответствующих терминов родного языка, т. к. он должен использовать эти знания как отправной момент при ознакомлении студентов с иностранной технической терминологией. Этот подход отвечает психологическим особенностям студенческого возраста. Для студентов младших курсов (средний возраст 18–20 лет) характерно повышение логических функций при понижении мнемических. Поэтому при обучении их иностранному языку нельзя опираться только лишь на память, забывая про интеллект. Работа в студенческой аудитории должна идти по пути от сознательного усвоения языкового материала к развитию должных автоматизмов посредством разнообразных тренировок.

УДК 656.072.23

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ РАБОТОЙ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА**

*С. П. ВАКУЛЕНКО, Н. Ю. ЕВРЕЕНОВА*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

В Москве, как в других крупнейших городах мира есть транспортные проблемы. Несмотря на развитую транспортную сеть автодорог общественного транспорта и сеть подземного метрополитена, транспортная сеть метрополитена несет огромную нагрузку, доля которой в общем объеме перевозки пассажиров общественным пассажирским транспортом Москвы составляет около 56 %. Суточная величина пассажиропотока Московского метрополитена – одна из самых высоких в мире с максимальным значением более 92 млн пассажиров.

Огромные пассажиропотоки на пассажирских обустройствах метрополитена, создают проблему предельной концентрации пассажиропотока в часы пик на пассажирских платформах и в вестибюлях станции метрополитена. Проблемы предельной концентрации пассажиров вызваны не только ошибками при проектировании транспортных коммуникаций и пассажирской инфраструктуры, но и организацией пассажиропотоков. Недостаточное число эскалаторов приводит к появлению скоплений пассажиров на вход и выход со станций метрополитена, а наличие огромного числа встречных и попутных пересекающихся пассажиропотоков приводит к существенному снижению скорости их движения.

Существующие проблемы инфраструктуры транспортных коммуникаций и перемещающихся в них пассажиропотоков можно решить за счёт:

- частичного изменения внутренней планировки площадей станции и пешеходных коммуникаций;
- строительства дополнительных входов-выходов;
- рационального распределения величин и направлений пассажиропотоков.

Для определения эффективности этих мероприятий целесообразно применять математические модели, имитирующие пассажиропотоки, главная задача которых спрогнозировать ожидаемый результат, при реализации проекта, позволяющие обработать и обобщить важные параметры, определяющие степень соответствия планируемого решения поставленным целям.

Значимость моделей заключается в возможности использования предложенных научных подходов, методологии и методов, результатов обработки, полученных в ходе исследования данных в программах и проектах развития транспортной инфраструктуры метрополитена.

Методология и методы такого подхода основываются на системном анализе и научном обобщении отечественного и зарубежного опыта в области моделирования пассажиропотоков; методах математической статистики; методах экспертной оценки; теории вероятности; имитационном модели-

ровании сложных динамических систем с использованием логико-разностных подходов теории транспортных процессов.

На сегодняшний день имитационное моделирование представляет собой узкую сферу деятельности, прежде всего по количеству людей, которые этим занимаются, по количеству инструментов для создания моделей, по роли в ежедневном функционировании объектов, в том числе транспортных. Имитационные модели нечасто являются ключевыми программами для управления работой транспортных объектов, они не включены в эксплуатационно-важные системы оперативного уровня. Имитационное моделирование иногда используется на постоянной основе для принятия оперативных решений, но не является стандартом, как правило, существуют упрощённые аналитические альтернативы расчётов.

Текущая роль имитационного моделирования при управлении работой транспортно-пересадочного узла (ТПУ) – помощь при планировании реконструкции, оптимизации технических и технологических решений существующих и проектируемых ТПУ, сравнения альтернативных вариантов их развития. Применение имитационных моделей на данных уровнях может позволить значительно повысить эффективность функционирования объекта, сэкономить существенные денежные затраты или предотвратить последствия ошибочных проектных решений. Отсюда следует, что практика применения имитационного моделирования всё-таки проектная, то есть эпизодическая и непостоянная.

Применение программного обеспечения имитационного моделирования для управления работой ТПУ расширяет возможности традиционных аналитических методов и обеспечивает:

- визуализацию движения пассажиропотоков, возможность осуществления анализа «узких» мест в планировке ТПУ в динамике;
- возможность сбора и анализа количественных (временных) показателей эффективности продвижения пассажиропотоков ТПУ, загрузки технологического оборудования;
- выполнение реинжиниринга, сравнение по количественным показателям вариантов планировки ТПУ «как есть» и «как должно быть» (с применением функций сбора статистики);
- оптимизацию планировочных решений.

#### *Планирование долгосрочного развития ТПУ.*

Задачи этого класса встают перед проектировщиками в случае создания новых или модернизации (реконструкции) существующих ТПУ. Основной целью является оценка функционирования ТПУ и определение основных технологических характеристик объекта. По результатам моделирования принимается решение о параметрах ТПУ.

По виду параметры ТПУ можно подразделить на входные (внешние) и внутренние. Входные (внешние) параметры ТПУ характеризуются параметрами пассажиропотока, подвижного состава, взаимодействующих в ТПУ видов транспорта, параметрами автомобилепотока, параметрами зоны влияния ТПУ, значения которых с той или иной точностью известны или могут быть заданы.

Внутренние параметры ТПУ дают ему определяющую характеристику. Значения этих параметров устанавливаются на предпроектной стадии и уточняются в процессе проектирования. Всю совокупность внутренних параметров ТПУ можно подразделить:

- на геометрические параметры – параметры, определяющие размеры и конфигурацию зон, пространств, площадей, коммуникационных путей ТПУ;
- технические параметры – параметры, характеризующие состояние объектов ТПУ, влияющих на технологический процесс его функционирования;
- технологические параметры – параметры, устанавливающие взаимосвязь между входными, геометрическими и техническими параметрами в процессе функционирования ТПУ.

Результаты работы имитационной модели на данном уровне планирования являются основой принятия инвестиционных решений по выбору варианта развития и оценки возможностей ТПУ.

#### *Планирование краткосрочного/среднесрочного развития ТПУ:*

- построение картограмм пассажиропотоков ТПУ на короткий период времени – от часов до суток (утренний час пик, вечерний час пик и т.д.);
- текущее планирование, составление расписания загрузки технологического оборудования, разработка оперативно-планового задания или сменно-суточного задания для персонала;
- решаются задачи диспетчеризации, формируются оптимальные технологические маршруты продвижения пассажиропотоков.

*Оперативное управление работой ТПУ:*

- оценка текущего состояния и эффективности функционирования ТПУ;
- анализ «узких» мест в планировке ТПУ;
- выбор рациональной организационно-технологической структуры ТПУ, включая планирование продвижения пассажиропотока в его пределах, выбор необходимого состава оборудования и рабочих ресурсов для реализации технологического процесса.

Оценка потребностей в ресурсах (оборудование и персонал) и их рациональное использование включает:

- определение количества, типа и расположения касс, турникетов и эскалаторов;
- анализ требований к технологическому оборудованию;
- анализ расположения технологических площадей ТПУ и размеров коммерческих площадей;
- контроль за изменениями в размерах пассажиропотоков (например, введение нового расписания движения поездов и т.д.);
- контроль за влиянием установки нового оборудования на существующих технологических линиях продвижения пассажиропотоков и др.

УДК 656.224

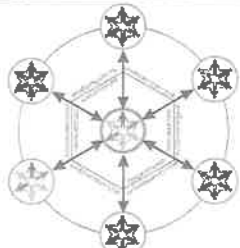
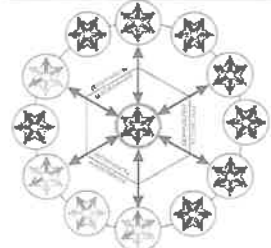
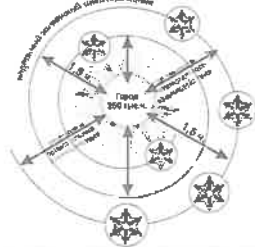
## АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВА АГЛОМЕРАЦИЙ В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*Т. А. ВЛАСЮК*


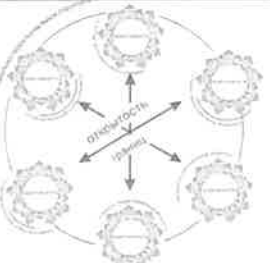

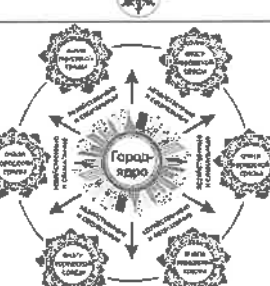
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Определение «Городская агломерация» основывается на нескольких подходах, среди которых «социальный», рассматривающий агломерацию как организацию жизнедеятельности людей, а также связь разных сообществ хозяйственно-бытовыми связями (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика социальных подходов

Временной период, автор	Графическая интерпретация	Краткая характеристика социальных подходов
1903 г., Геддес П.		Новая форма группировки населения, основными элементами которой являются население и социальные связи
Середина XX века, ООН		Размещение населения на соседствующих территориях, заселенных с городской плотностью, вне зависимости от существующего административного деления
2002 г., Полян П. М.		Пространство с жизненными циклами населения, взаимосвязанные между собой за счет реальных и потенциальных взаимодействий

Окончание таблицы 1

Временной период, автор	Графическая интерпретация	Краткая характеристика социальных подходов
2005 г., Угрюмова А. А.		Форма организации экономического пространства и жизнедеятельности населения
2005 г., Мосиенко Н. Л.		Территориальные локальные общности с исторически сложившейся идентичностью, связывающиеся за счет открытости границ поселений
2008 г., Анимиа Е. Г., Власова Н. Ю.		Компактная и относительно развитая совокупность элементов: город-ядро и пространство вокруг него, с потенциальными и реальными связями взаимодействия, в которые вписывается недельный жизненный цикл населения
2009 г., Харченко К. В.		Территория с хозяйственно-социальными связями между очагами городской среды

Анализ таблицы 1 показал, что современная агломерация обеспечивает стабильное развитие не только городской, но и прилегающей к ней территорий, формируя, можно сказать, специфическое социокультурное пространство, в котором постоянно происходят процессы инвазии и сукцессии, что требует корректировки маршрутов перемещений населения и направлений маятниковой миграции от мест проживания к местам трудовой деятельности.

Термины «инвазия» и «сукцессия», применяемые в биологии, могут быть использованы и в условиях агломерации в следующей интерпретации: «инвазия» – проникновение новых групп населения в районы, где ранее проживали другие группы, а «сукцессия» – постепенное вытеснение старых групп новыми, т. е. территория остается постоянной, а состав населения меняется. Инвазия может осуществляться через внедрение или замещение. В первом случае новая группа занимает свободную территорию (нишу), во втором – вытесняет население, ранее там проживавшее. Инвазия также может произойти в силу естественных причин. Помимо этого необходимо учитывать процессы, которые приводят к изменению пространства в результате взаимодействий между общностями, например, интенсификация взаимодействий между городом-центром и его спутниками, между двумя близко расположенными населенными пунктами и т. п., что способствует изменению границ агломерации. При этом динамика социально-территориальной структуры и границ локальных территориальных общностей означает изменения социального пространства при неизменности территории агломерации.



Следовательно, социально-территориальная структура агломерации является связующим звеном и одним из необходимых условий ее функционирования, оказывает влияние на комплексное социально-экономическое развитие городов-спутников, входящих в ее состав, и выступает одной из характеристик пространственного единства её территории. По мнению Горяченко Е. Е., Мосиенко Н. Л., Ивановой В. В., «...городская агломерация возникает в результате интенсивных связей между близко расположенными населенными пунктами, границы между которыми становятся все более условными. Тесные взаимосвязи, взаимозависимость входящих в нее элементов, реализация интенсивных взаимодействий, направленных на решение общих проблем территории, – важнейшие качества сложной системы, каковой является городская агломерация. Ее ключевыми характеристиками являются интенсивность связей различного рода между поселениями, входящими в агломерацию, сосредоточение на ее территории инновационных процессов, творческого и научного потенциала, а также целостность рынков на территории».

Таким образом, в контексте вышесказанного, границы агломерации могут (и должны) очерчиваться с учетом единства социального пространства с рассмотрением как внутренних, так и внешних ее особенностей.

#### Список литературы

- 1 Ахиезер, А. С. Социальное пространство и человеческий фактор в свете теории урбанизации / А. С. Ахиезер // Проблемные ситуации в развитии города. – М. : Ин-т социологии, 1988. – 156 с.
- 2 Барабанова, Е. И. Проблемы социально-психологической адаптации населения в современном обществе / Е. И. Барабанова, Е. В. Щетинина // Вестник КАСУ. – 2005. – № 4. – С. 224–232.
- 3 Бочарова, О. В. Роль социального института транспорта в социальном пространстве города / О. В. Бочарова // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2010. – № 2 (45). – С. 289–293.
- 4 Долгий, В. М. Урбанизация как социокультурный процесс. Урбанизация мира / В. М. Долгий, Ю. А. Левада, А. Г. Левинсон // Вопросы географии. – Сб. 96. – М. : Мысль, 1974. – 206 с.
- 5 Мосиенко, Н. Л. Городская агломерация как объект социологического исследования // Регион: экономика и социология. – 2010. – № 1. – С. 163–178.
- 6 Нецадин, А. Городские агломерации как инструмент динамичного социально-экономического развития регионов России / А. Нецадин, А. Прилепин // Общество и экономика. – 2010. – № 12. – С. 8–10.
- 7 Рой, О. М. Урбанизационная Сукцессия / О. М. Рой // Вестник Омского университета. Сер. Экономика. – 2009. – № 3. – С. 35–40.
- 8 Суздалева, А. Л. Биологические инвазии в природно-технических системах / А. Л. Суздалева, В. Н. Безносков, С. В. Горюнова // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2005. – № 3. – С. 67–78.

УДК 656.211.5(436)

### ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПАССАЖИРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОКЗАЛАХ ВЕНЫ (АВСТРИЯ)

*Т. А. ВЛАСЮК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время в странах Западной Европы пассажирский железнодорожный транспорт является одним из востребованных, что связано с наличием разветвленной сети железнодорожных линий, развитием высокоскоростного движения, высоким уровнем обслуживания в поездах, а также с применением большого числа льготных тарифов. Следует отметить, что пассажиропоток на железнодорожном транспорте в Европейских странах, также как и на других видах, является не только неравномерным, но и разнородным по возрастному составу, в котором согласно экспертной оценке специалистов, значительное количество людей, имеющих сложности с передвижением (инвалиды-колясочников, взрослых с колясками, престарелых и т. п.). По данным Всемирной организации здравоохранения от 10 до 15 % мирового населения имеют ту или иную форму инвалидности. На планете ежегодно увеличивается количество лиц, достигших преклонного возраста, и по прогнозам специалистов их количество будет постоянно возрастать (рисунок 1).

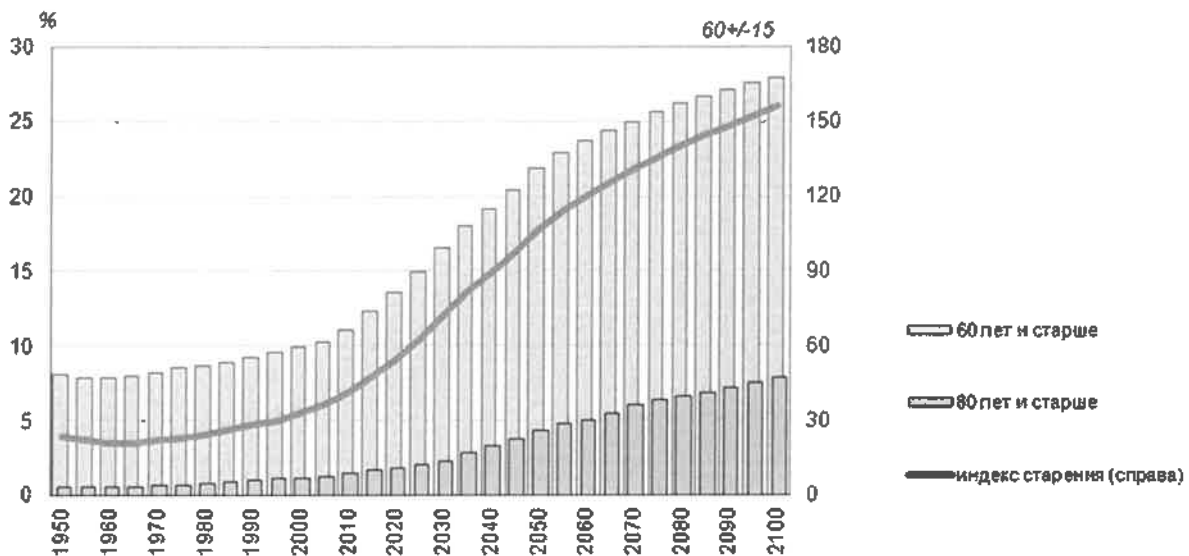









Рисунок 1 – Прогнозируемая численность пожилых людей в возрасте 60 лет и старше

Сегодня почти каждый пятый житель Европейского союза находится в возрасте 65 лет и старше, при этом необходимо отметить, что население данной возрастной категории является социально активным, мобильным, совершающим путешествия на железнодорожном транспорте, что требует формирования удобной безбарьерной среды и соответствующей инфраструктуры. Для этого на железнодорожных станциях и вокзалах применяются лифты, подъемники, эскалаторы, являющиеся важнейшими элементами безбарьерного пространства, которое является обязательным для всех стран – членов Единого экономического союза (ЕЭС). Например, железнодорожные вокзалы Вены (Австрия) оснащены эскалаторами, траволаторами и лифтами, обеспечивающими доставку пассажиров на перронные пути станций, а также предоставляющими им возможность пересадки на другие виды транспорта с минимальными затратами времени (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика безбарьерного пространства на железнодорожных вокзалах Вены

Железнодорожный вокзал	Элементы безбарьерного пространства	Краткая характеристика
Центральный вокзал Вены – Hauptbahnhof (Национальный и международный транспортный узел Австрии)	Траволатор 	Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро U3 и U4, городской железной дороги или трамвайной линии)
	Эскалатор для перемещения на пассажирскую платформу 	

Окончание таблицы 1

Железнодорожный вокзал	Элементы безбарьерного пространства	Краткая характеристика
	<p style="text-align: center;">Станционный лифт</p> 	
<p>Вена-Мейдлинг (Wien Meidling Bahnhof)</p>	<p style="text-align: center;">Эскалатор для перемещения на пассажирскую платформу</p>  <p style="text-align: center;">Станционный лифт</p> 	<p>Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро U6, трамвайной линии и городской железной дороги S-Bahn)</p>
<p>Западный вокзал (Westbahnhof)</p>	<p style="text-align: center;">Эскалатор для перемещения на пассажирскую платформу</p> 	<p>Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро U3 и U6, городской железной дороги или трамвайной линии, автотранспорту)</p>
<p>Северный вокзал (Wien Praterstern)</p>	<p style="text-align: center;">Станционный лифт</p> 	<p>Выход к городскому общественному транспорту (станциям метро линии U1, U2 или трамвайной линии)</p>

Следует отметить, что сегодня Центральный железнодорожный вокзал Вены представляет собой комплекс, состоящий из 29 эскалаторов, 14 пассажирских и грузовых лифтов, обеспечивающих ежедневную доставку 268 000 пассажиров на 12 платформ по всем направлениям, где также предусмотрена возможность интеграции с общественным городским транспортом. Центральный железнодорожный вокзал Вены – это также один из важнейших транспортных узлов города, где пересекаются две линии метро (U3 и U4), пять линий городской железной дороги, в том числе городская железная дорога S7, связывающая центр с аэропортом City Airport Train CAT.

Вокзал Вена-Майдлинг является вокзалом внутреннего и пригородного движения, который обслуживает направления, связывающие Вену с городами восточной Европы, также сюда прибывают поезда из Чехии и Польши. Венский вокзал Майдлинг (Bahnhof Wien-Meidling) отделяет от Центрального вокзала Вены около 3,5 км, которые нужно преодолеть пешком или доехать на одном из пригородных поездов: S-Bahn S1, S2 или S3. Вена-Майдлинг ежедневно обслуживает более 50 тысяч человек.

Венский Западный вокзал, который после капитального ремонта и расширения (2008–2011 гг.) также называют BahnhofCity, является конечным пунктом для поездов, прибывающих в Вену из Западной Европы и Западной Австрии. Безбарьерная среда вокзала включает в себя главный вход без ступенек и лифт к пассажирским платформам.

Таким образом, на железнодорожных вокзалах Вены созданы равнозначные условия для всех пассажиров, благодаря безбарьерной среде, что позволяет населению, включая людей с ограниченными возможностями, пользоваться окружающим пространством, не прибегая к чей-либо помощи. Это возможность для данной категории населения участвовать в общественной, производственной, культурной и спортивной сферах жизни страны, а также получить образование, квалифицированную работу и вести полноценную жизнь.

#### Список литературы

- 1 Глебова, А. В. Безбарьерная среда. Анализ зарубежного опыта / А. В. Глебова // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2014. – С. 144–148.
- 2 Зайцева, Н. А. Безбарьерный туризм / Н. А. Зайцева, Д. Б. Шурафина. – М. : КноРус, 2016. – 176 с.
- 3 Терскова, С. Г. Механизм формирования доступной среды для инвалидов / С. Г. Терскова // Гуманитарные научные исследования. – 2015. – № 7–2 (47).

УДК 656.08

## ОСОБЕННОСТИ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПРИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ

*В. Г. ГАВРИЛОВЕЦ*

*Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси*

Количество автомобилей на дорогах Беларуси растет из года в год. Вместе с тем возрастает количество негативных явлений, связанных с этим. Одним из таких явлений, обусловленных стремительной автомобилизацией, является дорожное транспортное происшествие. Ежедневно на дорогах страны происходит примерно 5–6 аварий, в которых гибнут или получают ранения люди, без учета тех ДТП, в которых повреждения получают только авто. И хоть количество ДТП снижается, последствия их все так же ужасают. Но многие люди погибли, или последствия ДТП для них осложнились, лишь только по той причине, что им не была своевременно оказана первая доврачебная медицинская помощь другими участниками дорожно-транспортного происшествия, а также людьми, по случаю оказавшимися рядом.

И не потому, что эти люди не хотели оказать помощь пострадавшим, а потому, что не знали и не умели такую помощь оказывать. Многие из них с ужасом смотрели как умирает близкий им человек и не могли ему ничем помочь из-за отсутствия самых элементарных, но очень необходимых знаний по оказанию первой помощи.

Оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим в ДТП должен уметь каждый человек. Что же касается водителя, причастного к ДТП, то он обязан принять все возможные меры для оказания доврачебной медицинской помощи пострадавшим. Но неправильно оказанная первая медицинская помощь может еще более навредить пострадавшему и даже стать причиной смерти.

Основное требование при оказании первой медицинской помощи: **НЕ НАВРЕДИ!**

При ДТП наиболее вероятно повреждение шейного отдела позвоночника. Неправильное извлечение пострадавшего может привести к его смерти. Также возможно нанесение вторичных травм. Например, нередки случаи, когда очевидцы ДТП пытаются извлечь пострадавшего до приезда спасателей, скорой помощи. В большинстве случаев это приводит к усугублению тяжести состояния.

Понятно, что этими людьми движет абсолютно праведное чувство – помочь человеку, попавшему в беду. За это сложно осуждать и упрекать, но... Неподготовленный человек, попадая в подобную ситуацию, испытывает жесточайший отрицательный стресс. Кто-то впадает в ступор, в ком-то просыпается активность. Вот как раз вторая категория и принимает активные попытки «помочь». Не умея оценить обстановку полностью, да еще в условиях «суженного сознания», они видят следующую картину: человек сидит (лежит) в искореженном автомобиле, ему плохо. Необходимо помочь. Источник его плохого состояния – автомобиль. Значит, его нужно оттуда извлечь. Понеслось...

Выдергивают через окна дверей, в немыслимых позах, без оказания первой помощи. Выдернули... А дальше-то что?! Скорой еще нет, на руках держать тяжело, врача среди очевидцев нет, первую помощь оказать не можем, оценить характер травм тоже. Что делать? Давайте положим его на землю, в автомобиль, трактор и т.д. Всё, мы молодцы!

Ну и на зачем все это было делать? В своем разбитом авто пострадавший хотя бы находился в состоянии покоя, в том положении, которое приняло его тело в окончание момента аварии. Соответственно, все что могло сломаться (порваться, ушибиться) – сломалось. А вот Вы, своими действиями, привели эти обломки в движение, причинив пострадавшему дополнительную боль. А ведь при закрытом переломе обломки костей при движении могут повредить артерии, вены... А переломы позвоночника приводят к параличу, смерти...

Однако, все вышеизложенное не означает, что ничего нельзя трогать, что нужно тупо стоять и ждать, когда приедут спасатели и все сделают. Никому не известно, сколько будут ехать службы спасения, дошла ли до них информация и т.д.

Помочь пострадавшему можно и нужно, просто нужно это делать правильно и не терять головы, постараться сохранить спокойствие. Алгоритм примерно следующий:

Что угрожает Вам? Может быть это звучит цинично, но тем кто пострадал в ДТП – уже плохо, и вряд ли станет лучше, если Вы тоже пострадаете. А вот здоровый Вы принесете гораздо больше пользы делу. Что Вам может угрожать? Возгорание автомобилей (взрыв), повторное ДТП (когда в уже стоящие машины прилетает еще одна), смещение автомобилей, их опрокидывание как в результате Ваших действий, так и без Вашего вмешательства (уклон, ветер, шевеление пострадавшего в машине и т.д.), поражение электротоком (наезд авто на столб линии электропередач), падение на Вас этого самого столба (дерева и прочих конструкций), скользкое дорожное покрытие в результате разлива масла, острые кромки рваного металла, битого стекла и т.д. Как избежать? Обозначьте место аварии знаком, своим автомобилем со стороны направления движения (с включенной «аварийкой»). При подходе к месту ДТП внимательно осматриваем машины и обстановку вокруг них. Потечи под машиной, крен авто, что нависает над авто, на чем авто стоит и т.д. На первый взгляд много различных факторов, но учитывая, что все мы в повседневной жизни сталкиваемся с теми или иными неисправностями техники – примерно установить уровень исходящей опасности может практически каждый. Если знаете, где у данного авто находится АКБ – отключайте. Места разлива топлива, масел можно при необходимости присыпать песком, землей.

Что угрожает пострадавшему? Те же факторы, что и Вам, плюс зажатие элементами конструкции автомобиля и полученные травмы, вернее их последствия. Как устранить? Попробуйте открыть двери, начиная с тех, возле которых находятся пострадавшие. **НЕЛЬЗЯ ПРОСОВЫВАТЬ ГОЛОВУ В ОКНО!** Если подушки безопасности не сработали, то есть вероятность их срабатывания впоследствии, и если она сработает, когда Ваша голова торчит в окне – минимум что Вам обеспечено, это сотрясение мозга, а так вплоть до летального исхода. Визуально осмотрите пострадавших и если авто не угрожает возгорание, опрокидывание, сползание в кювет, затопление (т.е. те случаи, когда пострадавшего ни на минуту нельзя больше оставлять в авто) – вызывайте службы экстренного реагирования (101, 102, 103). А вот если с авто происходят вышеперечисленные неприятности, то **НЕ-МЕДЛЕННО** приступайте к эвакуации пострадавшего из авто. Это называется **ЭКСТРЕННАЯ ЭВАКУАЦИЯ**, и она проводится без ограничений и условностей, но все же постарайтесь максимально бережно относиться к голове, шее, бедрам, тазу и спине пострадавшего, местам переломов.

Просто, если пострадавшего не вытащить сейчас, то он гарантированно умрет (сгорит, утонет, будет раздавлен и т.д.). А так у него появятся шансы выжить. Вытащив пострадавшего, уложите его на что-нибудь и укройте чем-нибудь. Не дайте ему переохладиться. Разобравшись с этими двумя пунктами (что угрожает Вам? и что угрожает пострадавшему?), переходим к оказанию первой помощи.

ПП при ДТП представляет собою комплекс простейших мероприятий, проводимых на месте получения травмы самим пострадавшим или другими лицами, с использованием аптечки первой помощи или подручных средств оказания помощи, с целью устранения последствий поражений, угрожающих жизни пострадавших, и предупреждения развития опасных для жизни осложнений.

Важно, чтобы Вы понимали возможные последствия Ваших действий.

#### Список литературы

1 Справочник спасателя. – М. : ВНИИ ГОЧС, 2006.

2 Руководство по ведению аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий с комплектом «Типовых технологических карт разборки транспортных средств, деблокирования и извлечения пострадавших при ликвидации последствий ДТП». – М., 2012.

УДК 658.3:656.2

### **ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ ПАССАЖИРСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*В. Г. ГИЗАТУЛЛИНА, В. А. ГИЗАТУЛЛИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г.Гомель*

Экономическая безопасность подразделений железной дороги зависит от того, как эффективно используются все факторы производства, и, прежде всего, трудовых ресурсов. Для поддержания достаточного уровня экономической безопасности необходимо четко определить роль каждого фактора с учетом специфики деятельности исследуемого предприятия.

В настоящее время на Белорусской железной дороге пристальное внимание уделяется росту эффективности использования трудовых ресурсов в основных предприятиях отраслевых хозяйств, и, прежде всего, связанных с пассажирским движением. Мотивирующим фактором роста производительности труда является заработная плата, надлежащим образом связанная с результатами труда, при условии наличия четкой связи между зарплатой и производительностью – увеличение последней ведет к росту первой.

Принятие управленческих решений, связанных с использованием трудовых ресурсов, прежде всего, требует выработки определенных качественных параметров по детализации и конкретизации оценки эффективности их использования в процессе пассажирских перевозок. Поэтому методика расчета производительности труда в подразделениях железной дороги требует развития в соответствии с текущими задачами экономики и особенностями функционирования железнодорожной отрасли.

При развитии методики расчета производительности труда, которая сейчас основана на сквозном подходе по уровням управления на базе единого стоимостного показателя, необходимо использовать систему натуральных показателей. Именно система количественной оценки достаточно полно отражает объем выполненной работы подразделений железной дороги при их участии в единой технологии процесса пассажирских перевозок.

В единой технологии процесса перевозок каждое отраслевое хозяйство имеет свои задачи, обусловленные их специфической функцией в перевозочном процессе, которые впоследствии определяют весь перечень видов работ и операций, обеспечивающих качество и безопасность перевозок пассажиров. При этом для каждого предприятия отраслевого хозяйства перечень видов работ и технологических операций определяется их функцией в единой технологии процесса перевозок и, как следствие, каждое имеет свою систему количественных и качественных показателей, характеризующих объем выполненных работ.

Проведенное исследование по количественной оценке объемов выполняемых работ предприятиями отраслевых хозяйств позволяют сделать следующий вывод:

– для большинства отраслевых хозяйств железной дороги разработана и используется соответствующая система количественной и качественной оценки объемов выполняемых работ, связанных с осуществлением их основных функций. К таким отраслевым предприятиям относятся: пассажирские станции, вокзалы, вагонные участки, локомотивные и вагонные депо, дистанции гражданских сооружений и лесозащитных насаждений;

– для отраслевых хозяйств, составляющих инфраструктуру железной дороги, – путь, сигнализация и связь, электрификация и электроснабжение – в качестве количественного измерителя используются показатели, характеризующие, как правило, количество обслуживаемых устройств. Так, в дистанции пути – это протяжение в приведенных километрах обслуживаемых участков пути; в дистанции сигнализации и связи – технические единицы, которые дают представление о приведенной величине обслуживаемых устройств; в дистанции электроснабжения – это также технические единицы обслуживаемых устройств.

Для эффективного управления трудовыми ресурсами и повышения весомости материальных стимулов в железнодорожной отрасли, авторами было предложено использование не единичного, а системы показателей производительности труда:

– на уровне отделения железной дороги используется интегральный показатель производительности труда, характеризующий все виды выполненных работ, включая не только движущие операции, но и трудозатратные начально-конечные;

– на уровне каждой отраслевой службы целесообразно использовать два показателя: производительность труда отраслевого предприятия (филиала) в целом, которая определяется с использованием натурального или интегрального показателя; производительность труда отраслевого предприятия (филиала) по основным производственным группам.

Предлагаемая система показателей для каждого предприятия отраслевого хозяйства основывается на единых принципиальных подходах, имея лишь различия в количественной оценке выполняемых специфических технологических операций, определяющих функцию в единой технологии процесса перевозок и организационной структуре.

Последующие исследования по оценке эффективности использования трудовых ресурсов отраслевых хозяйств и, прежде всего пассажирского, показали целесообразность использования не одного, а системы показателей, в составе которых выделяют:

– производительность труда отраслевого предприятия (филиала) в целом, которая определяется с использованием натурального или интегрального показателя;

– производительность труда отраслевого предприятия (филиала) по основным производственным группам, в зависимости от организационной структуры предприятия.

Интегральный показатель производительности труда, позволяющий оценить эффективность трудовых ресурсов в целом по отраслевому предприятию, используется в случаях оценки трудовых ресурсов с помощью системы показателей производительности труда.

В целом по отраслевому предприятию (филиалу), в случае использования ни одного, а нескольких показателей производительности, рассчитывается индекс роста производительности труда по следующей формуле:

$$I_{\text{пр}} = I_1 \cdot \alpha_1 + I_2 \cdot \alpha_2 + \dots + I_n \cdot \alpha_n,$$

где  $I_{\text{пр}}$  – индекс производительности труда за отчетный период в целом по предприятию;  $I_1, I_2, I_n$  – индекс производительности труда соответственно по отдельным производственным группам;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$  – доля численности работников производственных групп.

Система показателей каждого предприятия отраслевого хозяйства основывается на единых принципиальных подходах, имея лишь различия:

– в количественной оценке выполняемых специфических технологических операций, определяющих функцию в единой технологии процесса перевозок;

– организационной структуре.

Выбор системы показателей для оценки эффективности использования трудовых ресурсов в каждом предприятии отраслевого хозяйства должен достоверно отразить реальность количества выполненной работы или трудозатрат.

## Список литературы

- 1 Гизатуллина, В. Г. Производительность труда в пассажирском хозяйстве Белорусской железной дороги : метод. рекомендации / В. Г. Гизатуллина, Н. В. Кравченко, Л. В. Козлова ; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 49 с.
- 2 Гизатуллина, В. Г. Оценка эффективности использования трудовых ресурсов на Белорусской железной дороге и в ее структурных подразделениях : метод. рекомендации / В. Г. Гизатуллина, Л. В. Дмитроченко. – Гомель : БелГУТ, 2003. – 34 с.

УДК 656.222.6

### РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ СРЕДНЕЙ УЧАСТКОВОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

*А. В. ГОГОЛЕВА*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

Осуществляя перевозочную деятельность, перевозчик вынужден учитывать то, что перевозка всегда сопряжена с риском и находится под влиянием множества факторов, связанных с качеством технического, ресурсного и информационного обеспечения, организацией перевозочного процесса, обеспечением безопасности; а также природно-климатических и техногенных факторов. Как правило, себестоимость перевозки не известна заранее, так как обычно включает в себя дополнительные издержки, возникающее уже в ходе перевозки. Вместе с тем перевозчик принимает на себя обязательства по затратам случайного размера в обмен на фиксированную плату.

В соответствии с договором (заявкой) перевозчик обязуется взамен оговоренной и заранее подлежащей уплате суммы предоставить потребителю услуги по выполнению перевозки в оговоренные сроки независимо от наступления случайных событий, способных помешать ее оказанию, и влекущих дополнительные издержки.

Поиск наиболее эффективных форм управления перевозочным процессом в условиях рынка (поиск решений в рамках противоречия между достижением высоких финансовых результатов и обеспечением бесперебойного предоставления качественных транспортных услуг при неуклонном соблюдении безопасности перевозок) привел современный транспортный менеджмент к необходимости применения централизованной технологии управления перевозками с учетом риска [1, 2].

Документами, определяющими развитие этого направления на железнодорожном транспорте, стали:

- 1 Функциональная стратегия управления рисками в ОАО «РЖД», установившая роль и место управления рисками в системе стратегического управления компании, основные термины и понятия, концептуальные основы и этапы построения корпоративной системы управления рисками (далее – Стратегия);

- 2 Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте;

- 3 Технология централизованного управления перевозками во взаимодействии дирекций управления движением, тяги, инфраструктуры и сбыта.

Стратегия предполагает создание корпоративной системы управления рисками в ОАО «РЖД». Целью создания этой системы в области управления движением является оптимизация результатов перевозочной деятельности в условиях действия внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, достижение целевых показателей, предусмотренных стратегической программой развития ОАО «РЖД», и обеспечение системного подхода при принятии долгосрочных стратегических решений.

В перевозочной деятельности управление рисками заключается в обеспечении выявления, анализа и управления производственно-технологическими, техническими и ресурсными рисками, а также в определении состава, структуры и периода воздействия совокупности этих рисков [3]. Осуществление таких механизмов возможно только при тесной взаимосвязи между стратегиями управления перевозочным процессом и управления рисками.

Основными задачами, решаемыми в рамках системы риск-менеджмента в области управления движением, являются:



1) выявление потенциальных областей риска перевозочной деятельности и оценка возможности его предотвращения или минимизации возникновения;

2) предупреждение возникновения рисков перевозочной деятельности на основе их систематического прогнозирования и оценки;

3) создание управленческих инструментов и механизмов, обеспечивающих эффективное управление рисками перевозочной деятельности;

4) разработка и оценка комплекса мероприятий по предотвращению рискованных ситуаций в перевозочном процессе и минимизации ущерба в случае их наступления;

5) определение ресурсов, необходимых для проведения работы в рамках перевозочной деятельности по устранению или минимизации выявленных рисков, и их оптимальное распределение в соответствии с установленными регламентами;

6) максимизация дополнительной прибыли, получаемой в результате управления рисками перевозочной деятельности, на основе рационального использования рискованных ситуаций.

Риск-ориентированное управление состоит в том, чтобы определять потенциальные отклонения от заданных результатов и управлять этими отклонениями для улучшения перспектив, сокращения убытков и улучшения обоснованности принимаемых решений. Управлять рисками означает определять перспективы и выявлять возможности для совершенствования деятельности, а также не допускать или сокращать вероятность нежелательного хода событий [4]. Для реализации такого подхода необходимо, в том числе, осуществлять прогноз ключевых показателей перевозочного процесса с учетом риска.

Прогнозирование средней участковой скорости с учетом риска предполагает включение в ее прогнозную модель механизмов оценки влияния неблагоприятных факторов, вызывающих отклонения величины  $v_{уч}$ . События риска, вызываемые действием таких факторов, могут быть описаны величиной

$$R = pv,$$

где  $p$  – вероятность события риска,  $v$  – величина потерь от его реализации.

Величина  $R$ , рассчитанная для конкретного события, может интерпретироваться как индикатор риска недостижения целевого значения  $v_{уч}$  [5]. Индикаторы риска  $R$  отражают на карте рисков в рамках формируемой отчетности результатов планирования  $v_{уч}$ .

Для разработки метода прогноза средней участковой скорости с учетом риска недостижения ее установленного значения необходимо провести детальный анализ, систематизации и классификацию факторов риска, влияющих на ее значение, выявить связь этих факторов с величиной средней участковой скорости, а также разработать методику оценки их влияния.

В ходе изучения существующих подходов к анализу и расчету средней участковой скорости, выявлено, что одним из подходов является выражение значения средней участковой скорости через величину ходовой скорости  $v_x$  и коэффициент скорости  $\beta_x$ . Поскольку ходовая скорость (в отличие от технической) не зависит от числа и продолжительности стоянок поездов, такой подход позволяет разделить влияние технических и производственно-технологических факторов. При этом коэффициент скорости, понижающий  $v_x$  до величины  $v_{уч}$ , выступает в качестве комплексной характеристики влияния производственно-технологических факторов на значение скорости.

Этот подход позволяет проводить анализ влияния различных факторов на величину средней участковой скорости без построения графика движения поездов, в связи с этим предложено его использовать в качестве основы для прогнозной модели средней участковой скорости. Тогда качество прогноза средней участковой скорости, основанное на анализе производственно-технологических факторов, зависит от совершенствования методов определения коэффициента  $\beta_x$ .

Для реализации риск-ориентированного подхода к прогнозированию средней участковой скорости необходимо включить в модель ее прогноза механизмы оценки влияния случайных неблагоприятных факторов. При этом наибольший интерес представляет изучение влияния производственно-технологических факторов, анализ и систематизация которых требует дополнительных исследований.

#### Список литературы

1 Иванов, О. Б. Формирование единой риск-ориентированной системы внутреннего аудита и контроля в холдинге «РЖД» / О. Б. Иванов // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 1. – С. 19–26.

2 Котенко, А. Г. Управление рисками как инструмент повышения устойчивости перевозочного процесса / А. Г. Котенко, А. В. Гоголева // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом : сб. науч. тр. – СПб. : ПГУПС, 2010. – Вып. 10. – С. 56–61.

3 Функциональная стратегия управления рисками в ОАО «РЖД»: утв. 11.01.2007 г.

4 Котенко, А. Г. Классификация рисков оперативного управления технологическим процессом / А. Г. Котенко, С. И. Терещук // Информационные технологии на железнодорожном транспорте: доклады Междунар. науч.-практ. конф. «Инфо-транс-2008». – СПб.: ПГУПС, 2008. – С. 23–27.

5 Толкачева, М. М. Экономика железнодорожного транспорта: учеб. пособие / М. М. Толкачева, И. А. Елишкин. – М.: МИИТ, 2009. – 268 с.

УДК 656.212.5:004

## **ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАНОВ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ**

*А. К. ГОЛОВНИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Реконструкция пассажирских станций требуется при необходимости приведения в соответствие технического оснащения объему перерабатываемого пассажиропотока, прогнозируемого на основе статистических данных и планов развития пассажирского движения. Высокоскоростные перевозки пассажиров требуют эффективной инфраструктуры, которая может обеспечить качественное обслуживание в условиях возрастающей конкуренции с автомобильным и воздушным транспортом. Проекты переустройства пассажирских станций – это сложные и экономические затратные комплексные проработки, охватывающие целый ряд сопутствующих задач экологического, градостроительного и социального характера. Современные информационные технологии способны не только обеспечить более быструю и качественную подготовку проектно-сметной документации, но и сформировать наглядный реконструктивный образ в трёхмерном представлении, достаточно точно передающий внешний вид объектов, реалистично отображая технические и технологические особенности путевого развития и технического оснащения. Использование цифровых картографических систем позволяет проецировать сооружаемые и реконструируемые объекты станции на подложку рельефа, получая таким образом наглядную 3D-инсталляцию будущей пассажирской станции. Новые разработки в области модельной динамики сложных систем обеспечивают «запуск» объектной трехмерной структуры, получая видеокadres функционирующей пассажирской станции после переустройства. Таким образом, открываются перспективы моделирования не только объектов пассажирской станции, но и их состояния. Задание входных данных (расписания движения, схемы формирования пассажирских вагонов, цифрового масштабного плана с трансформацией в 3D) позволит воспроизвести с достаточной детализацией модельный аналог станции, адекватный реальной пассажирской станции. Такая динамическая инсталляция с заданным модельным временем проведения всех операций (приемом поезда, высадкой-посадкой пассажиров, проведением технических операций) является мощным инструментом анализа качества проекта. Важно отметить возможность обратной связи 3D-модели станции с исходным цифровым масштабным планом. Если в процессе экспериментальной проверки работоспособности трехмерных моделей проекта обнаружатся недочеты и ошибки (наличие узких мест в горловине станции, непроизводительные ожидания, перепробеги подвижного состава), то они исправляются в исходном масштабном плане, а затем по нему снова формируется соответствующая 3D-модель, которая снова динамически реализуется. Такие итерации повторяются до тех пор, пока не будет обеспечено полное соответствие расчётного путевого развития и потребного объема перспективного перерабатываемого пассажиропотока.

Данная концепция BIM (Building information modeling) рассматривается как подход к управлению жизненным циклом различных сооружений, охватывающим процессы проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта любых градостроительных, промышленных и транспортных объектов, в том числе и железнодорожных станций. BIM-технология позволяет реализовать цифровой проект строительства объекта с полным соответствием модельного аналога реальной конструкции по отдельным элементам, значениям его конструкционных, технологических и других параметров, а также связям и взаимодействием. Элементные составляющие модели проектируемого объекта обладают характеристиками, соответствующими сооружаемым конструктивам. Информационный массив данных об объекте проектирования имеет четко выраженную иерархию уровней, слоев, спецификационных

назначений и др. Итоговая конструкция формируется как высокореалистичный трехмерный образ, обладающий свойствами физического объекта (размерами, массой, объемом). Модельный объект визуализируется не только в актуальном для строительства виде, но и адекватно по содержанию структурном наполнении, позволяющем рассчитать технические характеристики отдельных элементов.

ВМ-технология следует считать логичным развитием САПР-проектирования, когда входная цифровая информация во все более широких масштабах активно используется для получения эффективных проектных решений. Информационное моделирование ориентировано как на объект, так и на процесс, объединяя параметрические и технологические уровни построения эффективного цифрового образа и среды его функционирования.

УДК 656.212.5:004.9

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ ПРОЕКТА РАЗВИТИЯ ГОРОДА И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ**

*А. К. ГОЛОВНИЧ, И. Г. МАЛКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожная станция является элементом городской структуры, занимая определённое место в общей системе транспортных связей и в значительной степени определяя архитектурный образ целых кварталов и районов города. Поэтому градостроительные проекты необходимо связывать с компоновочными решениями по развитию прилегающих станций. При этом достигаемое единство перспективных архитектурно-транспортных решений должно базироваться на экономически целесообразных комплексных проектах градостроительства и реконструкции станции, ориентированных на достижение максимальных эффектов в рамках отдельных подсистем.

Различные критериальные оценки максимизации эффектов при внедрении проектов развития города и железнодорожной станции иногда приводят к отдельным несогласованным позициям, закладываемым в отдельные проектные решения. Например, некоторые условия работы железнодорожной станции вступают в противоречие с требованиями градостроительства (повышенный шум, вибрация, загрязнение окружающей среды от деятельности локомотивных депо и парков отстоя подвижного состава и др.).

Железнодорожная станция, как динамичный транспортный механизм, требует новых территорий, способных обеспечить возрастающие требования к безопасности движения, охране труда, внедрению новых высокопроизводительных систем контроля, управления и организации перевозок грузов и пассажиров. Установившаяся многовековая практика освоения территорий, наиболее удобных с точки зрения решения текущих задач, а также общая целевая установка градостроительства и железнодорожного транспорта, направленная на эффективное обслуживание населения, привела к весьма тесному переплетению инфраструктурных объектов, обеспечивающих относительно комфортное проживание людей в жилых районах и одновременно достаточно удобное транспортное обслуживание с участием железной дороги. Теперь это единый организм жизнеобеспечения населения, связанный неразделимыми нитями социального обустройства всех городов и поселков – от мегаполиса до дачных участков.

Вся история отношений города и железнодорожного транспорта указывает на необходимость совместного решения всех возникающих проблем, возможно, поступаясь с некоторыми частными принципами, требованиями, условиями. Поэтому важно в каждом конкретном проекте учитывать особенности и города, и станции, чтобы в конечном итоге получить общий максимальный системный эффект.

Макетное архитектурное проектирование используется в практике работы дизайнеров как неотъемлемый элемент технологии градостроительства. К данным трехмерным реализациям проектируемых городских застроек следует подключать и планы реконструкции железнодорожной станции – также в 3D-исполнении. Современные информационные технологии позволяют формировать псевдореалистичную картину с модельными объектами, в полном объеме обладающими атрибутами своих реальных прототипов. При этом формируемая 3D-модель железнодорожной станции должна быть полноценной не только в графическом, но в технологическом исполнении, учитывающем со-

ответствующие особенности функционирования станции, обслуживающей пассажиро- и вагонопотоки в регламентированных и безопасных режимах. Функциональные зоны железнодорожной станции должны рассматриваться не только как обслуживающие структуры для пассажиров – участников транспортного процесса, но и как полноценные атрибутивные элементы города.

Например, привокзальная площадь пассажирской станции является неотъемлемой частью градостроительной структуры города, выполняя не только функции железнодорожных узлов, но и формируя архитектурно-общий композиционный облик городского пространства. Исторически привокзальные площади служили связующим звеном в развитии городской структуры. Например, на привокзальной площади города Минска пересекаются маршруты линий метрополитена, трамвая, автобусов, такси. Ограниченные размеры территории привокзальной площади, интенсивный рост города, развитие городской застройки по обе стороны от железнодорожной магистрали привело к строительству второй привокзальной площади на противоположной стороне, являясь органичной частью общей агломеративной структуры города. Привокзальные площади многих других городов находятся в непосредственной близости от городских центров, образуя с городскими площадями градостроительные оси.

По потенциальным возможностям формирования градостроительной структуры существующие вокзальные комплексы разделяются на два типа. Первый тип образуют сугубо функциональные вокзалы с островным расположением устройств по отношению к железнодорожным путям, не имеющими благоприятных возможностей формирования и дальнейшего развития привокзальной территории. Участие таких вокзалов в формировании общей градостроительной композиции весьма ограничено и сводится к локальным композиционным решениям. Второй тип вокзала – с боковым или смешанным вариантом расположения по отношению к железнодорожной магистрали. Крупные здания таких вокзалов являются архитектурными городскими доминантами, замыкая на своем объеме развитую привокзальную площадь и примыкающие к ним улицы.

В зависимости от взаимного расположения основных объемов здания вокзала может быть создан эффект компактности или расчлененности, статичности или динамики. При этом в равной мере успешно могут быть использованы приемы контраста, например, резкое противопоставление нескольких объемов вертикальных и горизонтальных поверхностей разных фактур или, наоборот, мягкая пластика с перечисленными объемами, с использованием тонких вертикальных, горизонтальных или криволинейных членений. При поиске образа вокзала весьма актуально активное использование элементов конкретного природного и городского окружения, вплоть до включения в принятую архитектурную композицию исторических памятников или их фрагментов, что способствует усилению художественно-эстетической выразительности современной архитектуры.

На объемно-планировочную структуру вокзала большое влияние оказывает характер использования внутреннего пространства. Наряду с традиционно громоздкими сооружениями с массивными несущими стенами строятся лёгкие, прозрачные, лаконичные по форме здания павильоны. В современных сооружениях заметно стремление к укрупнению помещений, использованию большепролетных конструкций, обеспечивающих свободное движение концентрированных потоков пассажиров и допускающих, в случае необходимости, возможность беспрепятственного изменения ранее принятых технологических схем. При этом открытые конструкции зальных помещений могут быть успешно использованы в качестве основных средств художественной выразительности. Облик современного вокзала достигается также зрительным выявлением его основных материалов и конструкций, контрастирующих объемов и поверхностей.

В композиции вокзальных комплексов исключительно большую роль играют элементы благоустройства и архитектуры малых форм, а также творческое осмысление использования природного и городского окружения, например, раскрытие из интерьеров вокзала речных берегов или морских просторов, силуэта гор или группы деревьев, а также цены в культурно-историческом или художественно-эстетическом отношении существующей или проектируемой застройки. Наибольший художественно-эстетический эффект может быть достигнут только при взаимосвязанном решении всех зданий, сооружений и элементов, входящих в комплекс вокзала.

Дополнение к этим рекомендациям функциональных требований технологии безопасной работы и эффективного обслуживания грузо- и пассажиропотоков железнодорожной станции усилит системный эффект. Градостроительная 3D-модель, построенная по своим канонам, интегрируется с технологичной моделью железнодорожной станции, в результате после ряда корректирующих процедур может быть получена целостная системная видеопанорама перспективы развития некоторой территории города.

Интеграция двух моделей не является простым слиянием пространства объектов. При этом потребуется разработка функционирующей симбиотической среды, способствующей «мягкому» вращению друг в друга относительно независимых модельных организмов градостроительной и транспортной составляющей. Трехмерное представление всех объектов городской инфраструктуры обеспечит формирование непротиворечивого, архитектурно стилового облика целой агломерации, в которой железнодорожные пути, платформы, депо и вокзальные комплексы органично вписываются в развязки улиц, общий вид зданий социального, бытового и жилого назначения. При этом взаимопроникновение городской и транспортной подсистем не приводит к потере технологической состоятельности последней. Железнодорожная станция продолжает выполнять свою работу по обслуживанию поездо- и вагонопотоков в штатном режиме, но при этом в фоновом, прозрачном – для функционирования города, не приводящем к каким-либо ограничениям, неудобствам и дискомфорту для населения. Благодаря развитым вычислительным методам, обеспечивающим обработку множественных разноразмерных данных по количественным и качественным характеристикам городских и станционных объектов, появляется возможность получения проектных решений интегрированного развития всего реконструктивного комплекса в макетном динамическом представлении с этапным реформированием отдельных элементов и способностью итоговой модели минимизировать потери по обобщающим критериям эффективного жизнеобеспечения.

Поэтому важно определить критические точки объектного и технологического взаимодействия таких достаточно разнородных в технологическом плане структур, имеющих определенные функциональные отличия друг от друга. Общим у двух подсистем является одна территория, которую они занимают, и применение единых трехмерных моделей позволит разработать дизайн и структурное наполнение совокупного проектного решения с органичным архитектурным образом, дополненным содержательной и технологичной конструкцией проекта развития железнодорожной станции.

УДК 656.2.08:811.11

## **О СЕМАНТИЧЕСКОЙ НАСЫЩЕННОСТИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*Н. А. ГРИЦАНКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

При обучении иностранным языкам чтение рассматривается как самостоятельный вид речевой деятельности и занимает одно из главных мест по своей важности и доступности. При этом задача педагога заключается не только в том, чтобы привить любовь к чтению, но и обратить внимание на некоторые особенности синтаксиса стиля научно-технической речи, что позволяет систематизировать изложение научных или производственно-технических вопросов, уделяя основное внимание логической стороне этого изложения, конкретности и точности передачи познанных и закрепленных в науке понятий, а также точному описанию предметов, характерных для той или иной области техники. Другими словами, основной задачей научно-технической речи является фиксирование, обобщение и сообщение результатов познания материального мира.

Исходя из задач научно-технического изложения, к основным чертам научно-технической речи при рассмотрении вопросов по безопасности пассажирских перевозок следует отнести:

– стремление к объективному отражению реальной действительности, вследствие чего научная речь, выражающая научные понятия и суждения, носит объективный характер;

– стремление к логической последовательности изложения, в противном случае было бы затруднено понимание излагаемого материала;

– стремление к максимально точному и конкретному отражению окружающего мира, т.е. описанию предметов, явлений, процессов, характерных для безопасности пассажирских перевозок;

– стремление к исчерпывающему освещению вопроса, а также наличие определенности в суждениях и их завершенность;

– стремление к научным обобщениям, как частным, так и общим, а следовательно, наличие многочисленных абстрактных понятий;

– стремление сообщить максимальное количество информации в наиболее сжатой форме.

Большое значение в создании научно-технической речи, наряду с другими языковыми средствами, в частности, с терминологической лексикой, имеет синтаксис, поскольку предложение является основной единицей речи, обслуживающей мышление и общение.

Различия в использовании грамматических средств (здесь речь идет лишь о синтаксических средствах) ясно видны при сравнении двух стилей – разговорной речи и научной.

Для разговорной речи характерны более простой синтаксис, преобладание простых предложений, меньшее скопление сложных синтаксических конструкций и вербальность, подчеркивающая динамичность речи, большое количество вопросительных и восклицательных предложений и эллиптических конструкций.

Для научной же речи характерен более сложный синтаксис с наличием большого количества сложноподчиненных предложений и сложных синтаксических конструкций, которые, как правило, не употребляются в разговорной речи.

Следовательно, характерные черты синтаксиса научно-технической речи вытекают прежде всего из особенностей научно-технического изложения: точно, в логической последовательности выражать сложную систему понятий с четким установлением взаимоотношений между ними. Эти особенности обуславливают то, что синтаксис данного стиля использует наибольшее число синтаксических средств, служащих для выражения разнообразных логических отношений.

Хотя в основе синтаксиса научно-технической речи лежит синтаксис общенародного языка, нам представляется возможным видеть некоторые синтаксических конструкции, которые особенно характерны для этой разновидности научной речи.

Но, говоря о синтаксисе научно-технической речи, мы имеем в виду не «закрепленность» отдельных синтаксических конструкций и не какой-то «специальный» синтаксис, а типичность, так как одни и те же конструкции могут быть сконцентрированы в большей или меньшей степени в той или иной речи.

Научно-техническая речь носит строго интеллектуальный характер, определяющим признаком которого является логичность. Логичность вытекает из специфики данного вида речи. Быть суждениями, выражать понятийное содержание могут лишь повествовательные предложения. Поэтому основным типом предложения немецкой научно-технической речи является повествовательное предложение со спокойной интонацией. Вопросительные и побудительные предложения встречаются в ней крайне редко, лишь в тех случаях, когда требуется установить контакт между автором и читателем.

На уровне сложного предложения в научно-технической речи для выражения логико-синтаксических отношений употребляется сложноподчиненное предложение, поскольку оно помогает правильно расчленив логически связанное понятие и сделать его более наглядным. При этом логические отношения выражаются более точно и определенно.

Некоторые лингвисты считают, что поскольку современная немецкая научно-техническая речь носит в основном информативный характер, она оперирует сравнительно простыми конструкциями, максимально насыщенными смысловым содержанием, а сложноподчиненные предложения употребляются в ней редко. Мы не можем согласиться с этим утверждением, поскольку анализ оригинальных научно-технических текстов по вопросам безопасности пассажирских перевозок показывает обратное.

Статистический анализ позволяет сравнить смысловую насыщенность научно-технического и художественного текстов (таблица 1).

Таблица 1 – Статистический анализ смысловой насыщенности научно-технического и художественного текстов

Предложения	Научно-технический текст	Художественный текст
Всего	261	579
а) сложносочиненных	6	130
б) сложноподчиненных	165	126
– с одним придаточными	87	117
– с двумя придаточными	41	9
– с тремя придаточными	28	–
– с четырьмя придаточными	9	–
– в том числе с придаточными, включающими сложные синтаксические конструкции	43	–
в) простых	90	323
– в том числе предложений, включающих в себя сложные синтаксические конструкции	37	–

Как явствует из таблицы 1, на одно и то же количество печатных знаков приходится различное количество предложений: на литературный текст приходится предложений в два раза больше, чем на технический. Этот факт объясняется тем, что в техническом тексте компактность высказывания осуществляется за счет употребления сложноподчиненных предложений с двумя и более придаточными, за счет включения как в сложноподчиненные предложения, так и в простые различных синтаксических конструкций, позволяющих расширить объем предложения. Сжатость и компактность в данном случае проявляются не во внешней краткости словосочетаний и предложений, а в их смысловой насыщенности.

#### Список литературы

1 Ковалева, Т. Г. Обучение языку специальности как аспект преподавания иностранного языка / Т. Г. Ковалева // Проблемы интеграции дисциплин в процессе иноязычной подготовки в вузе: опыт и перспективы : тезисы докладов Междунар. науч.-практ. конф. 11–12 мая 2006 г. – Барановичи : Барановичский гос. ун-т, 2006. – С. 70–71.

2 Лозовская, Т. В. Организация профессионально ориентированного обучения иностранному языку студентов технических специальностей / Т. В. Лозовская // Вопросы лингвистики и методики преподавания иностранного языка : сб. науч. статей. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. – Вып. 4. – С. 111–115.

3 Рождественская, И. Н. Развитие у студентов бакалавриата мотивации к профессиональному самообразованию / И. Н. Рождественская // Иностр. языки в школе. – 2019. – № 1. – С. 19–25.

УДК 519.872.8

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА ANYLOGIC

*А. А. ЕРОФЕЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*А. Ю. РИБИЧЕНОК*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Для транспорта крупных городов, характерен дефицит пропускных и провозных способностей, поэтому становится актуальной задача взаимодействия транспортных сетей различных видов транспорта, оптимизация технологических процессов и функционирования отдельных их элементов. Местами взаимодействия транспортных сетей различных видов транспорта являются существующие и формируемые транспортно-пересадочные узлы (ТПУ).

Такие задачи решаются с использованием информации о текущем состоянии транспортной системы с целью принятия оперативных управляющих решений в реальном времени, но и с прогнозированием развития транспортной ситуации на определённый период времени вперёд. На сегодняшний день выбор параметров, формируемых ТПУ, необходимо осуществлять, учитывая их технологическое и техническое оснащение, опираясь на результаты моделирования корреспонденций пассажиропотоков, обеспечивающих возможность получения априорных оценок их развития.

Моделирование пассажиропотоков – одна из первых и основных частей подготовки предпроектных и проектных решений, а создание имитационной модели движения пассажиропотоков является обязательным этапом при проектировании крупных сооружений, таких как аэропорты, железнодорожные и автовокзалы, спортивные комплексы, торгово-развлекательные центры, паркинги и т. д.

В процессе разработки эффективной технологии и организации деятельности ТПУ могут представлять значительный интерес информация о различных их функциональных составляющих, но наиболее важными являются в первую очередь безопасность, а также комфорт пассажиров.

Математические модели позволяют описать транспортные процессы, происходящие в ТПУ, и промоделировать его пассажиропотоки, основная задача которых – прогнозирование и определение параметров функционирования транспортной системы, учитывая уровень качества реализуемых транспортных процессов.

Моделирование пассажиропотоков как в стандартных, так и в критических ситуациях позволяет выполнить экспертизу, доработать проект и сделать объект более безопасным ещё задолго до его строительства.

Такие задачи, как построение математической модели функционирования ТПУ, и их решение рассмотрены на модельном примере, реализованном на базе вокзала станции Минск-Пассажирский (рисунок 1). Для реализации в виде модельного примера на компьютере выбран пакет имитационного моделирования AnyLogic (образовательная версия). При её построении была задействована пешеходная библиотека AnyLogic, в которой пассажиры движутся в непрерывном пространстве, реагируя на различные виды препятствий в виде стен и других пассажиров. Логика работы имитационной модели вокзала Минск-Пассажирский представлена в виде блоков, в которые введены данные интенсивности движения и заданы параметры перемещения пассажиропотоков (рисунок 2).

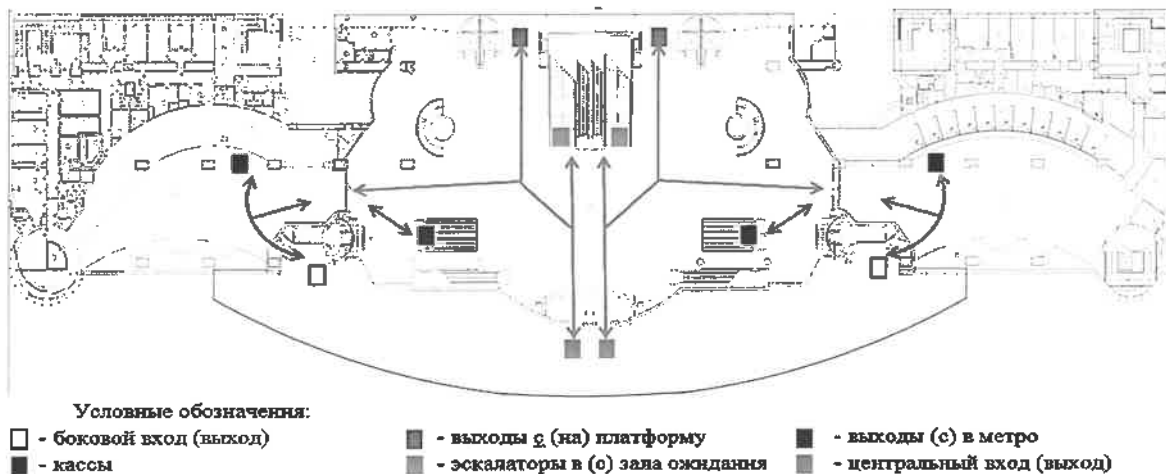


Рисунок 1 – Аксонометрическая схема размещения основных устройств на вокзале Минск-Пассажирский

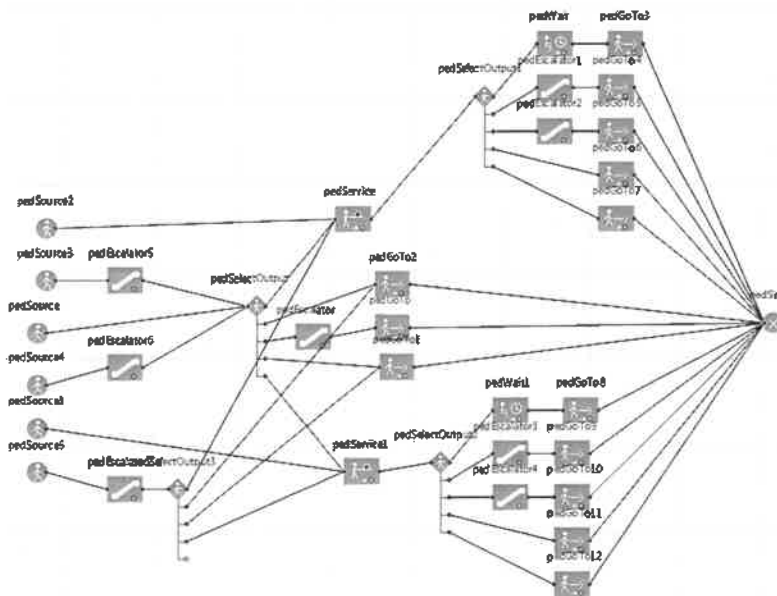


Рисунок 2 – Блоки данных

В процессе построения модели особое внимание уделялось распределению пассажиропотоков по маршрутам следования внутри вокзала. Пассажиры, поступающие в вокзал, обладают определенными характеристиками: цель посещения, наличие проездного документа на соответствующий вид транспорта и т.д. Исходя из этого пассажиры выбирают маршрут следования в моделируемом пространстве. В модели можно учесть практически любые характеристики пассажиропотоков, включая размеры отдельных пассажиров (дети, взрослые и т.д.), изменяя как скорость перемещения пассажиров в целом, так и скорость перемещения различных их групп (маломобильные группы населения (МГН) и инвалиды, пассажиры с детьми, с багажом и т.д.).

Во время работы модели отображается статистическая информация, характеризующая пассажиропотоки. Модель позволяет собирать статистику по интенсивности пассажиропотоков, проходящих в моделируемом пространстве через заданную линию (сечение), а также трафик – общее коли-



чество пассажиров, пересекающих заданную линию в заданном направлении (или в обоих направлениях) в единицу времени (рисунок 3). Интенсивность пассажиропотока определяется как величина трафика, поделенная на длину линии сечения (в метрах), и измеряется в  $\frac{\text{пассажирах}}{\text{час}\cdot\text{метр}}$ . Трафик измеряется в пассажирах/час.

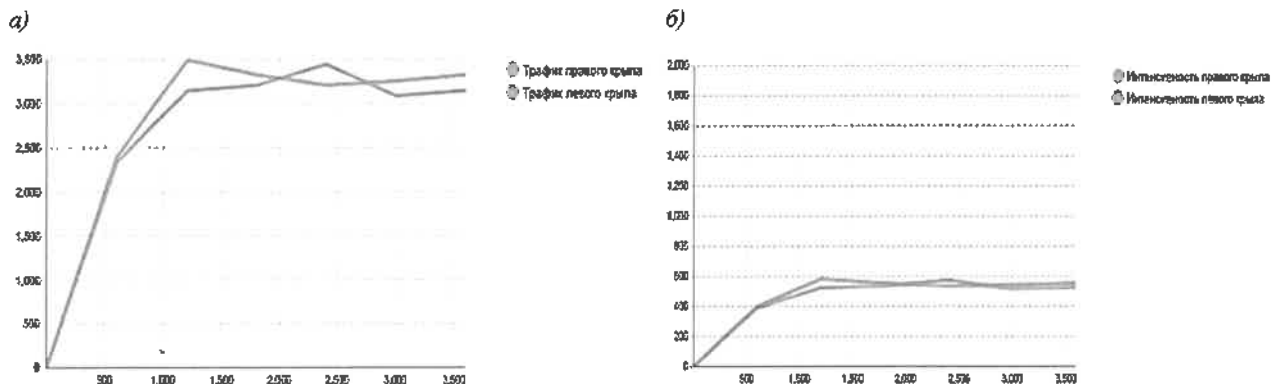


Рисунок 3 – Статистические данные пассажиропотоков: а – трафик; б – интенсивность

Отобразить динамику моделируемого процесса функционирования вокзала Минск-Пассажирский позволяет карта плотности пассажиропотоков (рисунок 4), с её помощью можно обнаружить критические участки моделируемого пространства, на которых значение плотности пассажиропотоков становится максимальным (критическая считается плотность – 1,5 пассажира на  $\text{м}^2$ ).

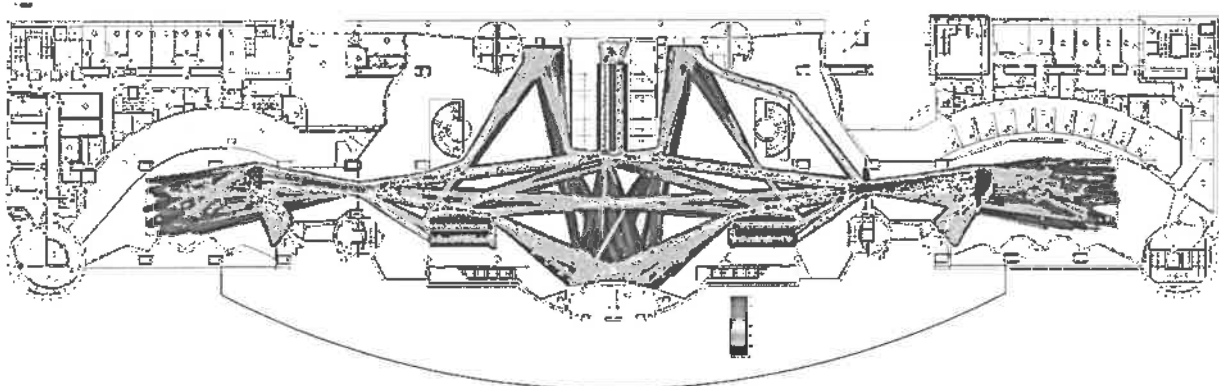


Рисунок 4 – Плотность пассажиропотоков в моделируемом пространстве

Разработанная модель и модельный пример для вокзала Минск-Пассажирский позволяет изменять:

- интенсивность поступления пассажиров в помещения вокзала;
- расписание движения поездов региональных и городских линий;
- планировочное решение;
- число билетных касс и места размещения терминальных устройств;
- скорость движения пассажиров и их размеры;
- время нахождения пассажиров в залах ожидания и т. д.

Проведенное имитационное моделирование позволило оценить эффективность использования вокзальных помещений и исключить возможные затруднения в работе. В перспективе при изменении объемов и структуры пассажиропотоков, развитии перевозок пассажиров городскими линиями использование методов моделирования позволит производить предварительную оценку технологических и проектных решений и выбирать из них оптимальные.

#### Список литературы

- 1 Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю. Г. Карпов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с.
- 2 AnyLogic [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Режим доступа : <http://www.anylogic.ru>. – Дата доступа : 08.10.2019.
- 3 Евреенова, Н. Ю. Особенности моделирования функционирования транспортно-пересадочного узла [Текст] / Н. Ю. Евреенова // Мир транспорта. – 2014. – № 5. – С. 170–176.

## ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ И ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМ

*А. А. ЕРОФЕЕВ, ВАН ЮЙБЯНЬ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одним из ключевых факторов повышения конкурентоспособности железнодорожных пассажирских перевозок является увеличение маршрутных скоростей движения пассажирских поездов. Кардинальным решением данной проблемы является организация движения скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов. Однако движение высокоскоростных поездов на существующей железнодорожной инфраструктуре приводит в ряде случаев к снижению как безопасности движения, так и надежности перевозочного процесса в целом, а также к снижению маршрутных скоростей движения других категорий поездов. В связи с этим возникает новая эксплуатационная задача формирования высокоскоростной железнодорожной сети региона и последующего рационального распределения поездопотоков между высокоскоростной и уже существующей инфраструктурой.

Организации взаимодействия разноскоростных железнодорожных систем должна учитывать структуру железнодорожной сети, технологию пропуска пассажирских поездов различных категорий, структуру и мощность пассажиропотока на направлении, уровень подвижности населения, социальные и экономические факторы, а также множество других особенностей организации пассажирских перевозок в рассматриваемом регионе. Изучение зарубежного опыта строительства и эксплуатации высокоскоростного железнодорожного транспорта, факторный анализ существующей модели организации перевозок, разработка рациональных вариантов распределения пассажиропотоков и совершенствование системы организации движения поездов с различными техническими и маршрутными скоростями позволят повысить эффективность использования транспортных ресурсов и обеспечить конкурентоспособность железнодорожной системы в пассажирских перевозках.

Решение задачи эффективного взаимодействия существующей и высокоскоростной железнодорожных систем при организации пассажирских перевозок требует применения различных методов научных исследований, в том числе: количественного и качественного анализа, теоретических и эмпирических исследований, теории статистики и математического моделирования, бихевиоризма, экономического анализа, теории систем и системного моделирования и иные методы.

В рамках проблематики организации эффективного взаимодействия разноскоростных железнодорожных систем необходимо выполнение исследований и решение следующих ключевых задач.

1 Анализ систем организации железнодорожных пассажирских перевозок в различных странах мира и сравнительная оценка с системой организации пассажирских перевозок в Республике Беларусь. Систематизация опыта взаимодействия железнодорожных систем различных скоростей и разработка типовых моделей взаимодействия транспортных систем.

2 Разработка методических подходов к формированию сети высокоскоростного пассажирского транспорта с учетом ее взаимодействия с существующей железнодорожной сетью. Предлагается при оценке эффективности взаимодействия рассматривать две основные модели взаимодействия железнодорожных систем:

- параллельную, когда разноскоростные линии «конкурируют» за пассажиропоток между собой;
- перпендикулярную, когда линии являются дополняющими друг друга и обеспечивают взаимный обмен пассажиропотоком.

В зависимости от модели взаимодействия решаются эксплуатационные задачи различных типов и классов. При использовании параллельной модели взаимодействия решаются задачи эффективного распределения пропускной способности между грузовыми и пассажирскими поездами различных категорий, следующих по разноскоростной инфраструктуре, а при перпендикулярной модели – ключевой проблемой является оптимизация интервалов эффективного взаимодействия поездопотоков перекрестных направлений.

3 Разработка методов гармонизированного построения графиков движения поездов различных категорий с учетом их временного и пространственного взаимодействия на железнодорожной сети. В том числе, выбор режимов и продолжительности стоянок поездов, типов применяемых графиков движения, решение задачи минимизации коэффициентов съема поездов.

4 Разработка требований к станционным и вокзальным комплексам, обеспечивающим эффективное взаимодействие высокоскоростной и существующей железнодорожных систем, в том числе с учетом требований транспортной и эксплуатационной безопасности.

Безусловно, в данной работе перечислены далеко не все эксплуатационные задачи, которые требуют решения при организации эффективного взаимодействия разнородных систем. Однако, на наш взгляд, именно решения перечисленных выше задач являются наиболее актуальными с точки зрения обеспечения безопасности движения, эффективности использования инфраструктуры, перевозочных ресурсов и повышения качества пассажирских перевозок.

УДК 656.2.08

## К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

К. В. ЕФИМЧИК, А. В. МАРДАНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Из доклада Всемирной организации здравоохранения известно, что каждые 24 секунды на планете в результате ДТП погибает человек. За последний год количество погибших на дорогах составило 1 миллион 350 тысяч человек, чаще всего жертвами аварий становятся молодежь до 29 лет.

Примечательно, что в ряде регионов смертность в результате ДТП становится меньше. Так, положительная динамика замечена в Европе, США, Канаде и странах Латинской Америки. Безопаснее всего обстановка на европейских дорогах, где на 100 000 человек приходится всего 9,3 смерти. К примеру, в Африке этот показатель равен 26,6.

ВОЗ также отмечает, что на «бедные» государства приходится всего 1 % автомобилей, однако количество смертей в результате ДТП составляет 13 %, тогда как в развитых странах сосредоточено 40 % машин и 7 % смертей на дороге.

Сведения о количестве ДТП, погибших и раненных в них людей в Республике Беларусь за последние 20 лет (1999–2018 гг.) приведены на рисунке 1.

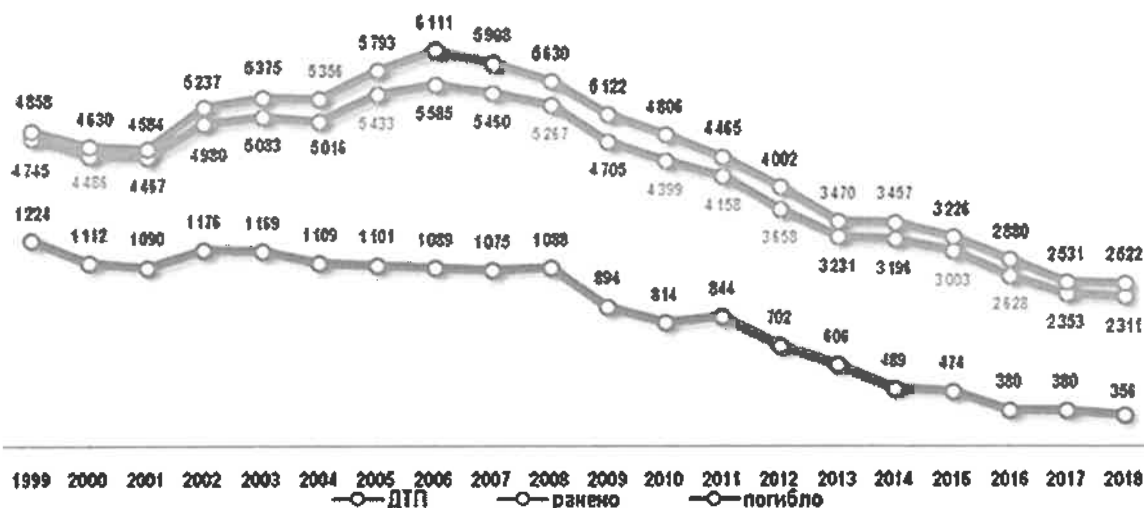


Рисунок 1 – Сведения о количестве ДТП, погибших и раненных Республике Беларусь

В целях обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь принята Концепция обеспечения безопасности дорожного движения, утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 757 от 14.06.2006 г. (далее – Концепция).

Концепцией определяются основные направления повышения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь, меры по сокращению уровня аварийности на дорогах, снижению тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий, минимизации загрязнения окружающей среды и влияния других негативных факторов, связанных с дорожным движением.

Дорожное движение отличается повышенной опасностью и содержит следующие основные угрозы:

– физическую и имущественную, проявляющиеся в совершении дорожно-транспортных происшествий, приводящих к гибели и травматизму людей, повреждению транспортных средств, грузов, дорожных сооружений, иного имущества;

– экологическую, проявляющуюся в загрязнении механическими транспортными средствами окружающей среды, повышенном шуме и других факторах, приносящих вред здоровью людей, государству и обществу;

– социальную, проявляющуюся в преднамеренном нарушении законодательства участниками дорожного движения, их агрессивном и неадекватном поведении на дорогах, недовольстве граждан состоянием дорог и организацией дорожного движения, действиями (бездействием) должностных лиц государственных органов, осуществляющих управление и государственный контроль в области дорожного движения и обеспечения его безопасности;

– экономическую, проявляющуюся в неоправданных остановках и перепробеге транспортных средств, перерасходе топлива механическими транспортными средствами, задержках на дороге участников дорожного движения.

Государственная политика в области дорожного движения и обеспечения его безопасности основывается на осуществлении мер, принимаемых в отношении:

1) транспортных средств;

2) водителей транспортных средств;

3) дорожной инфраструктуры;

4) организации дорожного движения;

5) повышения эффективности управления и государственного контроля в области дорожного движения и обеспечения его безопасности;

б) формирования государственной идеологии управления дорожным движением.

На территории Республики Беларусь действует ряд нормативных правовых актов, направленных на обеспечение безопасности автомобильных перевозок. Основными требованиями, предъявляемыми к водителям, являются: наличие соответствующей квалификации и стажа; организация стажировки и занятий по повышению их профессионального мастерства; проведение в установленные сроки предрейсовых и послерейсовых медицинских осмотров водителей; соблюдение ими режима труда и отдыха; обеспечение водителей необходимой оперативной информацией об условиях движения и работы на маршруте; организация контроля за соблюдением ими требований безопасности автобусных перевозок. При специальных перевозках детей принимаются дополнительные меры по безопасности движения. Автобусы оборудуются боковыми и лобовыми трафаретами с надписью «Школьный» и опознавательными знаками «Дети», движение осуществляется со скоростью не более 60 км/ч.

Важным фактором, определяющим безопасность автобусных перевозок, является техническое состояние автомобильных дорог, улиц, железнодорожных переездов. Местоположение автобусных остановок должно сочетать хорошую видимость с безопасностью движения транспортных средств и пешеходов в их зоне.

Переезды на всех железных дорогах должны быть оборудованы и содержаться в соответствии с инструкцией по их эксплуатации. Перевозка пассажиров автобусами через ледовые переправы запрещается.

Для обеспечения безопасности автобусных перевозок следует четко соблюдать технологические условия перевозочного процесса, на каждый маршрут должны быть составлены паспорт и схема с указанием опасных участков, график движения на основе определения нормативных значений скоростей и с учетом соблюдения режимов труда и отдыха водителей. Помимо этого, при выборе типа и марки автобуса надо учитывать дорожные и погодно-климатические условия на маршруте. Запрещается отклонение от заранее согласованного (утвержденного) маршрута движения автобуса, производство остановок в местах, не предусмотренных графиком движения, превышение установленных скоростных режимов.

В случаях, когда на отдельных участках дорожные или метеорологические условия представляют угрозу безопасности пассажирских перевозок (разрушение дорог, дорожных сооружений, вызванные стихийными явлениями, авариями на тепловых, газовых и электрических коммуникациях), автобусное движение на них должно быть прекращено.

## АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ВРЕДА ОТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*Д. В. КАПСКИЙ, О. В. БАЗАРЕВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Согласно докладу ВОЗ 2016 г. Республика Беларусь занимает 3-е место по смертности из-за загрязнения воздуха. Проблема загрязнения атмосферного воздуха актуальна в первую очередь для городов. В выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух доля транспорта составляет 71–75 % от валового объема выбросов. Среди стационарных источников выбросов в атмосферный воздух вклад также вносят энергетические организации, нефтехимические организации, литейное производство, которые в основном расположены на городской территории или территории непосредственно примыкающей к городу. Кроме выбросов загрязняющих веществ транспорт является основным источником шумового загрязнения. В отличие от Европы, где директивно закреплено создание шумовых карт и планов действий по снижению уровня шума для городов свыше 100 тыс. человек, в Республике Беларусь отсутствует объективная общедоступная информация о шумовом загрязнении. Таким образом, для городов, особенно крупных, характерна повышенная нагрузка на окружающую среду, снижение качества жизни населения из-за ухудшения экологической обстановки, весомый вклад в которую вносит транспортный сектор. Необходима оценка этого воздействия, для чего требуется владеть методиками ее проведения.

Модель «единого» коэффициента выбросов действует на простейшем уровне. Такой коэффициент используется для обозначения конкретного типа транспортного средства и общего стиля вождения на городских дорогах, сельских дорогах и автомагистралях. Таким образом, эксплуатация транспортного средства учитывается исключительно на простейшем уровне. Коэффициенты выбросов рассчитываются как средние значения измерений интенсивности транспортных средств по циклам движения. Обычно они указываются в единицах измерения ЗВ, выделяемого одним транспортным средством за единицу расстояния, г/(авт·км), или на единицу потребляемого топлива, г/литр. Учитывая их простоту, эти факторы наиболее востребованы в проектах с большим пространственным масштабом, таких как национальные и региональные кадастры выбросов, где требуется низкая детализация информации об эксплуатации транспортных средств.

National Atmospheric Emissions Inventory (NAEI), по сути, представляет собой модель средней скорости. Он может моделировать выбросы основных загрязнителей при горячем и холодном двигателе, а также выбросы углеводородов в преобразующих системах и выбросы твердых частиц от износа тормозов и шин. В NAEI основная база данных по коэффициентам выбросов содержит информацию о выбросах, полученных по результатам 25000 испытаний с использованием 2800 транспортных средств различного типа. Эта база данных использовалась в качестве основного источника информации о выбросах от легковых автомобилей при разработке ARC's VEPM.

Зависимости выбросов от средней скорости были получены из испытаний при горячем двигателе, основанных на европейских циклах движения «реального мира», причем эти циклы разрабатывались с использованием различных типов дорог (городских, сельских и автомагистралей). Тем не менее, по-видимому, не было разработано отдельных функций средней скорости для разных типов дорог. Кроме того, большинство проверенных транспортных средств имеют низкий экологический класс Евро-1 или Евро-2 (более 1000 в каждой группе). Исходя из объема выборки проверенных автомобилей, можно сделать вывод о том, что NAEI может обеспечить достоверные коэффициенты выбросов для легковых автомобилей с экологическим классом Евро-1 и Евро-2, которые показательны при эксплуатации транспортных средств в типичных европейских условиях движения. При работе с NAEI следует проявлять осторожность с коэффициентами выбросов для грузовых автомобилей и автобусов, поскольку количество изученных транспортных средств очень мало.

Следует отметить, что NAEI часто используется в качестве модели «единых» коэффициентов выбросов, где коэффициенты выбросов суммируются для разных типов дорог и для каждого класса транспортных средств (как правило, на основе стандартов контроля выбросов). «Единые» коэффициенты выбросов были получены из средних скоростей, объема автомобильного парка и данных о составе потока в Великобритании. Следует проявлять особую осторожность при использовании

NAEI в разных странах, поскольку их состав потока, объем автомобильного парка и параметры движения (например, в Республике Беларусь) могут сильно отличаться от тех, которые представлены статистикой Великобритании. Модели средней скорости для расчета выбросов от автомобильного транспорта широко применяются в национальных кадастрах, но в настоящее время используются при прогнозировании и на локальном уровне. Подход, основанный на показателях средней скорости, иллюстрируется моделью, включенной в «UK Design Manual for Roads and Bridges» (DMRB) и модель COPERT European Environment Agency's. Модели средней скорости разработаны по принципу, согласно которому средний коэффициент выбросов для определенного загрязнителя и определенного типа транспортного средства изменяется в зависимости от средней скорости во время поездки. Коэффициент выбросов обычно указывается в единицах измерения загрязняющего вещества, выделяемого одним транспортным средством за единицу расстояния, г/(авт·км). Ряд факторов способствует широкому применению метода средней скорости. Модель сравнительно проста в использовании, и существует достаточно близкое соответствие между требуемыми входными данными модели и данными доступными для пользователей. В принципе, входные данные могут представлять собой среднюю скорость как на протяжении всего маршрута, так и на локальном его участке. Тем не менее в настоящее время существует ряд ограничений, связанных с моделями средней скорости, в том числе, недопустимо проводить оценку выбросов опираясь исключительно на среднюю скорость, так как характеристики транспортного средства, манера езды могут сильно отличаться. Очевидно, что все расчеты, связанные с заданной средней скоростью, не могут быть учтены при использовании одного коэффициента выбросов. Эта проблема менее выражена при высоких средних скоростях, для которых возможные изменения в работе транспортного средства ограничены, но при низких средних скоростях диапазон возможных рабочих условий, связанных с данной средней скоростью, намного больше. В ответ на ужесточение законодательства о контроле за выбросами транспортные средства были оснащены более совершенными устройствами для последующей обработки.

Для современных транспортных средств, оборудованных катализатором (начиная с 2003 года), значительная часть общих выбросов во время поездки может концентрироваться в непродолжительных моментах, возникающих во время переключения передач и периодах максимального ускорения. Использование устройств для последующей обработки, специализированного программного обеспечения для управления двигателем также затрудняет прогнозирование выбросов. Поэтому средняя скорость стала менее надежным показателем при оценке выбросов для новейшего поколения транспортных средств. Модель средней скорости не предоставляет детального пространственного прогноза, так как путь разбивается на крупные участки, что является важным недостатком в дисперсионном моделировании. Одним из упомянутых ранее ограничений модели средней скорости была неспособность учитывать режимы работы двигателя транспортного средства и рассеивание выбросов в окружающей среде. Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport (COPERT) был разработан «European Environment Agency» (EEA). Это модель средней скорости широко используется для оценки выбросов от автомобильного транспорта в рамках ежегодных официальных национальных кадастров. Первоначальная версия COPERT 85 (1989), затем COPERT 90 (1993), COPERT II (1997) и COPERT III (1999). Методология COPERT IV стала частью Руководства по инвентаризации выбросов EMEP / CORINAIR7. База данных COPERT III была использована в VERM для разработки коэффициентов выбросов для автомобилей большой грузоподъемности, а также для определения выбросов при работе холодного двигателя. В дополнение к этому, для обычных типов транспортных средств, COPERT IV может рассчитать коэффициенты выбросов для сжиженного газа или гибридных легковых автомобилей. Модель «Traffic Energy and Emissions» (TEE) включает в себя подход «исправленной» средней скорости. Модель предполагает, что эффект перегрузки на выбросы с определенной средней скоростью может быть выражен с помощью «поправочного коэффициента», учитывающего среднюю скорость, долю горения зеленого сигнала, длину участка и интенсивности движения. Коэффициент выбросов, рассчитанный по модели средней скорости, корректируется с использованием поправочного коэффициента. Уровень перегрузки используется для расчета времени движения с постоянной скоростью, ускорения, замедления и холостого хода, а конечным результатом является реконструированный профиль скорости, созданный самой моделью. Фактически, модель TEE использует коэффициенты выбросов из простой мгновенной модели (MODEM) для расчета выбросов для каждой из фаз на основе восстановленного профиля.

## МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ВРЕДА ОТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*Д. В. КАПСКИЙ, О. В. БАЗАРЕВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Для включения динамики скорости и параметров транспортного потока в модель оценки выбросов добавляется моделирование типичных условий дорожного движения. Они, в свою очередь, ссылаются на конкретные ситуации движения, которые известны пользователю модели. Различные ситуации в дорожном движении связаны с условиями, для которых существует конкретная проблема, и для них средняя скорость может быть не основным параметром. Модель типичных условий дорожного движения, как правило, лучше всего подходит для локальных проектов, которые требуют оценки выбросов на отдельных дорогах, но также могут использоваться для региональных и национальных кадастров. Руководство «Handbook Emission Factors for Road Transport» (HBEFA), используемое в Германии, Австрии и Швейцарии, основано на коэффициентах выбросов для различных категорий транспортных средств. Каждый коэффициент выбросов связан с конкретной дорожной ситуацией, характеризующейся особенностями участка дороги. Переменная изменения скорости не определяется количественно пользователем, а определяется текстовым описанием (например, «свободный поток») состояния транспортного потока, к которой применим коэффициент выбросов. Как и в любой другой модели, коэффициенты выбросов, создаваемые Руководством для различных категорий транспортных средств, должны затем взвешиваться в соответствии с параметрами потока. Однако просить пользователя определить ситуацию трафика, используя текстовое описание динамики скорости, может привести к проблемам из-за несогласованности терминов. Даже качественные описания, например, используемые в HBEFA, могут быть недоступны многим пользователям и некорректно интерпретированы. Кроме того, в Руководстве используются определения, основанные на дорогах или на транспортном потоке, а не на объемах выбросов. Хотя известно, что существуют определённые зависимости между характеристиками дороги (например, количество полос движения, ширина проезжей части), составом транспортного потока и эксплуатацией транспортных средств. Модель «VERSIT+» использует метод взвешенных наименьших квадратов для моделирования выбросов, в соответствии с испытаниями, проведёнными на большом количестве транспортных средств в 50 различных циклах движения. В рамках модели каждый используемый цикл вождения характеризуется большим количеством описательных параметров (средняя скорость, ускорения) и их производными. Для каждой категории загрязнителей и транспортных средств модель регрессии устанавливается на средние значения выбросов в различных циклах движения, в результате чего определяются описательные переменные, которые являются лучшими предикторами выбросов. Для каждого значения выбросов также применяется сопоставление, основанное на количестве транспортных средств, испытанных в течение каждого цикла, и в зависимости от переменных цикла. Модель «VERSIT+» требует модель движения в качестве входного сигнала, из которого он вычисляет один и тот же диапазон описательных переменных и оценивает выбросы на основе результатов регрессии. Физический смысл переменных может быть неизвестен. Как и в случае с другими моделями, требующими модель движения в качестве входных данных, использование ограничивается небольшим числом потребителей.

В модальных моделях коэффициенты выбросов выделяются для конкретных режимов работы транспортного средства, возникающих во время движения. Используются различные типы модальной модели, и используемая терминология может быть довольно запутанной. В более простом типе модальной модели эксплуатация транспортного средства определяется с точки зрения относительно небольшого числа режимов, как правило, холостого хода, ускорения, торможения. Такой тип модели обычно называют «модальным». Подробные модальные модели нацелены на то, чтобы обеспечить более точное описание поведения эмиссии транспортных средств путем сопоставления уровней выбросов с эксплуатацией транспортного средства в течение коротких временных интервалов (преимущественно временной интервал равен одной секунде).

Для каждого из режимов предполагается, что уровень выбросов для данной категории транспортного средства и загрязняющего вещества является фиксированным, а общая эмиссия во время поездки или на участке дороги рассчитывается путем взвешивания каждого модального коэффици-

ента выбросов к продолжительности этого режима. Например, модель «Urban Road Pollution» (UROPOL) усредняет количество автомобилей, которые ускоряются, замедляются, останавливаются в очереди или движутся равномерно в любой точке УДС.

Atjay D. и Weilenmann M. в 2004 году заявили, что целью моделирования загрязнения окружающей среды является сопоставление измерений выбросов с испытаниями на динамометрическом стенде или испытательном стенде двигателя. Преимущества мгновенных моделей: выбросы могут рассчитываться для любого режима эксплуатации транспортного средства, указанного пользователем модели, и, следовательно, новые коэффициенты выбросов могут генерироваться без необходимости проведения дополнительных испытаний. Модели учитывают динамику циклов движения и поэтому могут использоваться для объяснения изменчивости выбросов, связанных с заданными средними скоростями. Модели позволяют определять распространение выбросов в пространстве и, следовательно, могут привести к улучшению прогноза загрязнения воздуха. Некоторые мгновенные модели, особенно более старые, соотносят расход топлива и выбросы со скоростью во время цикла движения, как правило, с интервалом в одну секунду. Другие модели используют описание требований к мощности двигателя. Однако следует отметить, что существует ряд фундаментальных проблем, связанных с мгновенными моделями. Например, чрезвычайно сложно измерять выбросы на постоянной основе с высокой степенью точности, а затем нецелесообразно выделять эти значения выбросов в правильные рабочие условия. Atjay D. и Weilenmann M. отметили, что во время измерения в лаборатории сигнал динамически задерживается и сглаживается, что затрудняет согласование сигнала с условиями эксплуатации транспортного средства. Нисходящий подход – основан на общем потреблении топлива транспортом (например, информация может быть получена из данных о продаже топлива) и прямой мониторинг транспортных выбросов (например, посредством мониторинга качества воздуха на исследуемой территории). Восходящий подход – основан на транспортной деятельности (например, авт·км, т·км). И подход «сверху – вниз», и «снизу – вверх» должен проводиться параллельно, если позволяет бюджет исследования. Чтобы гарантировать качество кадастров выбросов, следует сравнить результаты обоих подходов. Как правило, оба подхода применимы как к оценке парниковых газов, так и к общей оценке критериев загрязнения воздуха. Для получения подробных кадастров выбросов для каждого вида транспортного средства используется подход «снизу – вверх», основанный на данных пройденного пути (авт·км) и других транспортных данных (пас·км, т·км и т. д.). Кроме того, восходящий подход может явиться поставщиком входных данных для пользователей нисходящего подхода (т. е. данные мониторинга качества воздуха, могут быть рассчитаны на основе данных о потреблении топлива).

Результат загрязняющего воздействия транспорта может быть получен из подхода «сверху – вниз», который основан на данных от продажи топлива и результатах мониторинга качества воздуха. Обычно выбросы ПГ рассчитываются путем «оценки расхода топлива в едином энергоблоке, умноженного на коэффициент выбросов»; в то время как выбросы ЗВ получают путем мониторинга качества воздуха и анализа с помощью методов «распределения источников».

Существуют различные подходы в «распределении источников». Общепринятый подход (модели рецепторов), основанный на мониторинге воздуха и отборе проб, может обеспечить только коэффициент вклада конкретных загрязняющих веществ, таких как ТЧ, CO<sub>2</sub>, ЛОС, и т. д. Для получения количества выбросов можно применять методы моделирования движения воздуха (модели дисперсии) и оценивать выбросы на основе качества окружающего воздуха (данные выборки или данные дистанционного мониторинга). В качестве ключевого входного параметра для оценки социальных издержек измеряют общую социальную стоимость единичного загрязнителя в определенных географических границах.

В соответствии с рекомендацией Межправительственной группы экспертов по изменению климата] «если имеются данные о пройденном расстоянии, целесообразно оценить количество использованного топлива по имеющимся данным». В большинстве случаев, включая оценку количества ЗВ, подход «снизу – вверх» следует методике, основанной на активности транспорта, т.е. с использованием проделанной автотранспортной работы (ПАК).

Итогом проводимого сравнения моделей и методик оценки выбросов от автомобильного транспорта стал вывод, что, приняв во внимание мировой опыт и итоги собственного сравнения, для дальнейшей работы следует выбрать модель COPERT v.5.1.0, выпущенную в декабре 2017 года, в которую следует внести изменения с учетом предложений и наработок БНТУ.



## ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ В ОДНОМ УРОВНЕ

*Д. В. КАПСКИЙ, В. Н. КУЗЬМЕНКО*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Как известно, перекрестки с круговым движением занимают промежуточное положение между нерегулируемым и регулируемым перекрестком и являются саморегулируемыми. Их применение снижает количество аварий с пострадавшими до 50 % по сравнению с перекрестками стандартной конфигурации (причем неважно с наличием или без светофорного регулирования). Более того, их применение резко сокращает количество конфликтных точек (остаются лишь менее опасные конфликтные точки слияния и отклонения), ликвидирует конфликтные зоны, в которых происходят наиболее тяжелые аварии (столкновения) за счет центрального островка. Правильно спроектированная развязка с круговым движением практически полностью исключает наличие тяжелых аварий с пострадавшими (как показывает практика, таких аварий совершается 1–3 в год, не более).

Также необходимо отметить, что схема кругового движения обеспечивает пропускную способность перекрестка большую, чем обычные. Реализация свойства саморегулирования, присущего круговому движению, обеспечивает постоянный бесперебойный пропуск транспортного потока с определенной скоростью (в зависимости от конфигурации и диаметра центрального островка), в отличие от регулируемого перекрестка (принцип очередности проезда требует полной остановки потоков; требует суточной и недельной адаптации светофорных циклов и т.д.). С точки зрения психофизиологических особенностей водителя, именно односторонняя направленность движения внутри кольца не требует психологического напряжения от него, что наблюдается при необходимости следить за движением с других направлений для ожидания интервала для выезда на перекресток. На кольцевых перекрестках наблюдается снижение экологических потерь из-за плавного, равнозамедленного движения транспортных потоков (снижается количество торможений, остановок, разгонов). В городе Минске круговые перекрестки используются в 16 узловых тяжело нагруженных точках города. При этом несколько перекрестков имеют выходы до 6–7 улиц, на которых организация пропуска интенсивных потоков возможна только с помощью кругового движения.

Однако некоторые кольцевые перекрестки (ввиду особенностей планировочного характера: диаметра кольца, ширины проезжей части, радиусов примыканий улиц, общей планировки) уже исчерпывают свои пропускные возможности. Нередко, в часы утреннего и вечернего пиков, образуются заторы (задержки до 20 минут) на высоконагруженных направлениях.

Одним из таких перекрестков в Минске является площадь Бангалор – пересечение улиц Богдановича, Орловская и Сурганова с частичным регулированием движения. Особенностью данного пересечения является также и то, что вплотную с одной стороны к нему подходит зона существующей застройки, а пешеходные переходы не могут быть перенесены под землю из-за наличия обильных инженерных коммуникаций. В связи с этим вопрос оптимизации планировочного решения при сохранении геометрических параметров пересечения и наличии конфликтующих потоков является актуальным. При существующем планировочном решении регулирование при проезде перекрестка осуществляется с двух входов по принципу «кольцо – главное» в нерегулируемом режиме и с двух других входов в частично регулируемом режиме: сначала – регулируемый пешеходный переход, затем по принципу «кольцо – главное». Основные задержки и остановки транспорта возникают непосредственно при въезде на кольцо (70 %). Дополнительные задержки и остановки транспорта (20 %) возникают из-за расположенных близко к перекрестку двух регулируемых пешеходных переходов (через улицу Богдановича со стороны ул. Кульман и ул. Сурганова со стороны ул. Куйбышева). На входах, где расположены регулируемые пешеходные переходы, транспортный поток, в основном, останавливается не менее двух раз: первый – перед светофором, второй – перед кольцом.

На двух других входах расположены нерегулируемые пешеходные переходы, но из-за низкой интенсивности пешеходного движения по ним, задержки и остановки транспорта являются незначительными. Очень часто из-за близко расположенного регулируемого пешеходного перехода через ул. Богдановича при включении запрещающего сигнала для транспорта нарастает очередь автомобилей, движущихся с кольца на выезд с перекрестка. По мере нарастания очереди закупоривается

соседний с ним вход со стороны ул. Орловская. И пока очередь из автомобилей перед выездом с перекрестка не уменьшится, транспортный поток, движущийся с ул. Орловская, не имеет возможности выезда на перекресток из-за остановленных на кольце светофором автомобилей, движущихся на выход с кольца. Синхронное включение и выключение разрешающих сигналов светофора для транспорта по ул. Сурганова и ул. Богдановича приводит к увеличению автомобилей на кольце перед входом по ул. Сурганова. Транспортный поток с ул. Сурганова вынужден сначала пропустить транзитный и левоповоротный поток с ул. Богдановича, и только в оставшееся время разрешенного сигнала может выехать на кольцо. При движении по кольцу по третьей и четвертой полосе водителям необоснованно предписано двигаться только налево. На самом деле автомобили двигаются с этих полос и направо, и налево, что приводит к большому числу аварий на кольце, и вследствие этого к возникновению заторов. Первая полоса практически не используется не только легковыми автомобилями, но и троллейбусами, что вызвано большим перепробегом, меньшей скоростью на полосе, трудностью вливания в транспортный поток и наличием на ней въезжающих на кольцо транспортных средств. Средняя скорость движения автомобилей по кольцу составляет порядка 40 км/ч. Время движения (без учета задержек и остановок) в прямом направлении – 14 с, в левоповоротном направлении – 21 с. Особенностью картограммы интенсивности движения является наличие левоповоротного потока большой интенсивности (до 600 авт/ч) с ул. Орловская на ул. Богдановича и такого же по величине правоповоротного потока в обратном направлении. Потери от задержек и остановок транспорта и пешеходов составляют 1500000 у.е./год.

Для разработки и обоснования проектных альтернатив НИЦ дорожного движения университета были проведены экспериментальные исследования: интенсивности и состава транспортных и пешеходных потоков на пересечении (путем исследования корреспонденций в рабочие и выходные дни с интервалом в два часа); расположения транспортных средств; времени проезда перекрестка в основных направлениях (транзитном и левоповоротном); конфликтного взаимодействия транспортных потоков при въезде на кольцо (исследования скорости движения при подъезде к месту слияния транспортных потоков, движущихся по кольцу, и въезжающих на него); конфликтного взаимодействия и одновременность конфликтов и пр. При проведении дальнейших исследований интенсивность движения бралась на перспективу (до 5 лет). Оценка предлагаемых решений производилась по критерию минимизации потерь в дорожном движении. На основе полученных экспериментальным путем данных оценивались аварийные, экологические и экономические потери. Оценка варианта осуществлялась по критерию минимизации суммарных (аварийных, экономических и экологических) потерь в дорожном движении. При этом соблюдался принцип – не увеличение аварийных и экологических потерь. Оценены следующие организационные и планировочные решения: координация работы регулируемых пешеходных переходов; полное регулирование на всех въездах (турбина); разрез центрального островка вдоль самой нагруженной магистрали (ул. Богдановича), полный разрез вдоль двух магистралей (аналог – площадь Притыцкого) и стандартный перекресток (аналог – перекресток улиц Лынькова и Притыцкого), а также были разработаны несколько «гибридных» вариантов, включающих различные варианты исполнения и конфигурации островков безопасности, схем светофорного регулирования и расположения пешеходного и велосипедного движения (даже вариант «через центр кольца»). Также учитывались варианты распределения скорости движения на перекрестке транзитного транспорта по ул. Богдановича и скорости движения при подъезде к нему, возможность использования наземных пешеходных переходов (переход в 2 этапа с велодвижением и без, при наличии лиц с ограниченными физическими возможностями) и многие другие особенности, в том числе и конфликтного взаимодействия транспорта на кольце (осуществление конфликта переплетения и движения при заполнении «накопителя»). Были выявлены особенности координации по второй магистрали, необходимость бесперебойной работы светофорного объекта, изменение условия движения по одной магистрали в ущерб другой, перепробег транзитных потоков по второстепенной магистрали и левоповоротных потоков главной магистрали, снижение скорости проезда перекрестка транспортом одной магистрали за счет движения по кольцу, возникновение дополнительных задержек и остановок на условных вторых стоп-линиях (у части транзитных и всех поворотных потоках). Таким образом, выбрано планировочное решение, которое будет реализовано в качестве строительного проекта при перспективном развитии второго кольца и реконструкции транспортных артерий, входящих в данный узел. Необходимо отметить, что сохранение специфики кольцевого перекрестка даст значительные преимущества (в том числе и снижение тяжести аварий) при отключении светофорной сигнализации.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ  
ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В НОВОПОЛОЦКЕ  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЛАНА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И МОБИЛЬНОСТИ**

*Д. В. КАПСКИЙ, В. Н. КУЗЬМЕНКО, А. С. ПОЛХОВСКАЯ, Е. Н. ГОРЕЛИК, А. В. КОРЖОВА  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Выполнены исследования характеристиках системы городского пассажирского транспорта в городе Новополоцке. Установлено следующее. Общее количество ОП в г. Новополоцке (включая г. п. Боровуха и п. Междуречье) составляет 171 шт., в том числе ОП трамвая – 29 шт. Из 19 конечных остановочных пунктов автобусов на двух («Автовокзал» и «Подкастельцы») размещены диспетчерские станции. 4 конечных ОП («Гайдара», «Гайдара» («Больничный городок»), «Больница», «Слободская») расположены на участке маршрутов, на которых разворот автобусов предусмотрен путем объезда квартала. Остальные конечные ОП автобусов выполнены в виде разворотных колец с разной степенью благоустройства. На трамвайной линии расположены два разворотных кольца («З-д «Измеритель» и «Нитрон»). Основные недостатки промежуточных ОП автобусов в г. Новополоцке следующие: отсутствие заездных карманов на 31 ОП (в наибольшей степени недостаток влияет на условия движения по улицам с высокой интенсивностью либо на двухполосных улицах); смещение ОП встречных направлений против движения (11 пар ОП); отсутствие покрытия на посадочных площадках для пассажиров на двух ОП (№ 353 «Профилакторий БВК», № 362 «Сантиз»); отсутствие павильонов для ожидания пассажиров на 55 ОП; отсутствие или плохое состояние дорожных знаков 5.12.1, которые должны обозначать первую по ходу движения границу ОП (в период проведения обследования знаки отсутствовали на 10 ОП, практически на всех ОП ДЗ 5.12.1 односторонние); дорожные знаки 5.12.2 при проведении обследования были зафиксированы только на 11 ОП (при этом места их установки в большинстве случаев не соответствует нормативу), на остальных ОП вторая их граница не обозначена); таблички с расписанием движения не размещены на 85 ОП, места установки существующих табличек на большинстве ОП не соответствуют нормативу (на второй границе ОП), состояние многих табличек с расписанием неудовлетворительное. Основные недостатки промежуточных ОП, расположенных на прилегающих к г. Новополоцку автомобильных дорогах, следующие: отсутствие павильонов для ожидания пассажиров на 5 ОП; на одном ОП отсутствует табличка с расписанием движения МТС. Общее количество автобусов категории М3 в городском сообщении в г. Новополоцке – 95 шт. Наиболее распространённые модели МА3-107 – 37 шт., МА3-105 – 26 шт. Для 23 % автобусов категории М3 срок эксплуатации составляет от 8 до 10 лет, для 37 % автобусов – превышает 10 лет. Общее количество пассажирских трамваев в Новополоцком ТКУП «Трамвайный парк» – 29 шт. Наиболее распространённые модели: КТМ 5М3 – 17 шт.; АКСМ 60102 – 10 шт. По режиму движения в «пиковый» период к высокочастотным маршрутам автобусов и маршрутных такси в г. Новополоцке относятся маршруты № 2, 4, 4т, 5, 5т, 8т, 10т, к стандартным – маршруты № 1, 9, 10. Остальные маршруты относятся к группе нечастых. Максимальное количество отправлений в каждый час суток на маршрутах, обслуживаемых автобусами категории М3 – 10 (маршруты № 2, 4), автобусами категории М2 – 20 (маршрут № 5т). Максимальное количество отправлений трамваев в час рабочего дня – 7, выходного дня – 4. Наиболее интенсивное движение автобусов категории М3 в г. Новополоцке осуществляется по участку ул. Молодёжной от ДС «Подкастельцы» до ул. Калинина. В утренний час пик по участку суммарно в обоих направлениях проходит 58 автобусов. Наиболее интенсивное движение автобусов категории М2 в г. Новополоцке выполняется по участку ул. Молодёжной от ул. Калинина до ул. Ктаторова. В направлении ул. Ктаторова в утренний час пик проходит 52 маршрутных такси, в обратном направлении – 50 маршрутных такси. Наиболее интенсивное движение трамваев выполняется на участке «З-д «Измеритель» – Трамвайный парк». Максимальное число отправлений в час: 7 – в рабочий день, 4 – в выходной день. За период проведения исследований пассажиропотоков на ОП в г. Новополоцке было зафиксировано 1244 МТС, в том числе 490 автобусов и автобусов-экспрессов, 754 маршрутных такси. Самыми частыми МТС были маршрутные такси (МТ-18) – 59 %; автобус категории М3 одиночный – 29 %; автобус сочлененный – 7 %; автобус-экспресс – 3 %; маршрутное такси (МТ-12) – 2 %. Автобусами АТП № 6 в г. Новополоцке перевозятся около

20–25 млн пассажиров в год. Доля пассажиров, перевезенных на маршрутных такси, на исследованных ОП составляет 15–25 % от общего количества пассажиров, что соответствует (по экспертной оценке) примерно 5–8 млн пассажиров в год (точные данные по этой группе перевозчиков отсутствуют). Трамваями в г. Новополоцке перевозится 1,3–1,6 млн пассажиров в год. Наибольшее сокращение количества перевезенных пассажиров было связано с уменьшением количества работающих на з-де «Полимир», на перевозку которых ориентирована трамвайная линия в ее существующей конфигурации. Наибольшее количество пассажиров (с учетом пассажиров, проехавших транзитом) зафиксировано в вечернее время на ОП «Комсомольская» в направлении ул. Калинина (3427 пассажира по прибытию и 3424 пассажиров по отправлению), ОП «Молодёжная» в направлении ул. Калинина (3422 пассажира по прибытию и 3708 пассажиров по отправлению). Наибольшее число входящих пассажиров зафиксировано на ОП «Василевцы» в направлении ул. Калинина (436 пассажиров в утренний период), ОП «Молодёжная» в направлении ул. Калинина (462 пассажира в вечернее время). Наибольшее число выходящих пассажиров зафиксировано на ОП «Василевцы» в направлении д. Экимань (594 пассажира в вечернее время), ОП «Молодёжная» в направлении ул. Ктаторова (419 пассажиров утром). Максимальное количество пассажиров, пользующихся трамваем, в рабочий день составляет 650 чел./ч (в период с 7 до 8 ч), в выходной день – 200 чел./ч (в период с 11 до 12 ч). Средняя техническая скорость за рейс на автобусных маршрутах г. Новополоцка составила от 20,3 до 30,8 км/ч, скорость сообщения – от 17,6 до 28,0 км/ч. Средняя скорость на межостановочных перегонах изменяется в широких пределах от 8,0 до 53,3 км/ч. Средняя техническая скорость на маршруте трамвая составила от 26,9 до 31,4 км/ч, скорость сообщения – от 23,2 до 24,6 км/ч. Средняя скорость на межостановочных перегонах изменяется от 20,3 до 54,5 км/ч.

Размещение трамвайной линии на обособленном полотне способствует сохранению возможности высоких скоростей на межостановочных перегонах, так как на условия движения по ней мало влияет возрастание интенсивности движения нерельсовых транспортных средств в «пиковые» периоды. Основными факторами, влияющими на режим и скорость движения МТС на перегонах между остановочными пунктами, являются: наличие на трассах маршрутов перекрестков и пешеходных переходов со светофорным регулированием, нерегулируемых пешеходных переходов, искусственных неровностей; отсутствие координированного светофорного регулирования на ул. Молодежной. Из 14 светофорных объектов (СФО), установленных в г. Новополоцке, 12 СФО размещены на ул. Молодежной, по которой проходит большинство маршрутов автобусов и маршрутных такси; ограничение скоростного режима до 40 км/ч: на ул. Молодежной (на участке ул. Ктаторова до Заводского проезда); на ул. Блохина (на участках с ИН на проезжей части). На участке ул. Блохина от ул. Калинина до ул. Ктаторова протяженностью 1,3 км установлено 5 ИН; на ул. Промышленной (на участках с ИН на проезжей части, количество установленных ИН – 5 штук); высокий уровень загрузки полос ул. Промышленной и участка ул. Ктаторова в часы «пик» (начало и окончание рабочей смены на предприятиях, расположенных в промышленной зоне); четырехфазная схема светофорного регулирования на перекрестке ул. Молодежная – ул. Калинина и, как следствие, пониженная пропускная способность; в часы пик высокий уровень загрузки перекрестка ул. Молодежная – ул. Ктаторова, на котором автобусы городских маршрутов № 2, 4, 6, 7, 9, 9а, 15, 20, 21, 21а выполняют левый поворот в конфликтном режиме со встречными транспортными средствами; Автомобили, припаркованные вдоль проезжей части в центральной части города (ул. Молодежная на участке от ул. Калинина до ул. Генова); плохое состояние покрытия проезжей части отдельных улиц (ул. Полевая, ул. Монтажников и др.); хаотичный режим остановки маршрутных такси на ОП с созданием помех для подъезда к ОП маршрутным автобусам; создание помех для маршрутных транспортных средств легковыми автомобилями, останавливающимися на ОП с различными целями – посадка-высадка и ожидание пассажиров, посещение торговых точек и др.

Наиболее частая продолжительность нахождения МТС на ОП составляет для одиночных автобусов 13–14 с; для сочлененных автобусов – 13–14 с; для автобусов-экспрессов – 15–16 с; для маршрутных такси – 9–16 с. Среднее время простоя нерельсовых МТС на ОП г. Новополоцка составляет 6–16 с. Минимальное время простоя изменяется от 0 до 8 с, диапазон максимального времени простоя составляет 11–40 с. Среднее время нахождения трамваев на ОП составляет 11–12 с. Наибольшее время нахождения маршрутных транспортных средств (более 20 с) зафиксировано на ОП «Молодежная», «Кинотеатр «Минск», «Василевцы», «ОАО «Нафтан», «8-й микрорайон», «Завод «Измеритель», «Комсомольская», «1-я палатка», «Гостиница «Беларусь», «Музыкальная школа», «Шнитки-2».

**НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
НА ГОРОДСКУЮ СРЕДУ ПОЛОЦКА И НОВОПОЛОЦКА**

*Д. В. КАПСКИЙ, В. Н. КУЗЬМЕНКО, А. С. ПОЛХОВСКАЯ, Е. Н. ГОРЕЛИК, А. В. КОРЖОВА*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научно-исследовательским центром дорожного движения филиала БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт» проведены исследования аварийного, экологического, экономического и социального влияния транспорта на развитие городов Полоцка и Новополоцка. За период 2013–2017 гг. в г. Полоцке и г. Новополоцке зафиксировано 227 аварий с пострадавшими, в которых 25 человек погибло и 225 было ранено. В г. Полоцке произошло 108 аварий с 11 погибшими и 107 ранеными, в г. Новополоцке – 119 аварий с 14 погибшими и 118 ранеными. Наиболее распространенным видом аварий с пострадавшими в обоих городах являются наезды на пешеходов (69 % – в Полоцке, 62 % – в Новополоцке). Наибольшая доля аварий в каждом из городов зафиксирована на перегонных участках дорожной сети (49 % ДТП – в Полоцке, 51 % ДТП – в Новополоцке). Наиболее частые «локализованные» места совершения ДТП с пострадавшими – нерегулируемые пешеходные переходы (37 % – в Полоцке, 25 % – в Новополоцке). При топографическом анализе аварийности в г. Полоцке за 2013–2017 гг. установлено, что аварии были зафиксированы на 26 улицах, при этом 73 % аварий с пострадавшими произошли на 9 основных улицах города (на 8 из них организовано движение МТС). При топографическом анализе аварийности в г. Новополоцке за 2013–2017 гг. установлено, что аварии были зафиксированы на 21 улице, при этом 80 % аварий с пострадавшими произошли на 6 основных улицах города, а четыре (5 %) – на ул. Молодежной, по которой проходят все маршруты автобусов и маршрутных такси. На основной улице города произошло по 28 % аварий на нерегулируемых пешеходных переходах и перегонных участках, 21 % аварий – на регулируемых пешеходных переходах. Поэтому улучшение условий дорожного движения на ул. Молодежной – один из способов повышения качества и безопасности перевозки пассажиров городским пассажирским транспортом в г. Новополоцке.

В 2018 г. общий расчетный годовой объем выбросов в атмосферный воздух от дорожных транспортных средств суммарно в двух городах составит 36,3 тыс. тонн, в том числе выбросы загрязняющих веществ – 1,2 тыс. тонн (3,3 %), выбросы парниковых газов – 35,1 тыс. тонн (96,7 %) или 37,3 тыс. тонн CO<sub>2</sub> в эквиваленте. Доля работающих на городских и агломерационных маршрутах автобусов в суммарном объеме выбросов CO<sub>2</sub> в каждом из городов составляет 16–20 %, доля маршрутных такси – 6–9 %. В 2018 г. объем выбросов от МТС (автобусов и маршрутных такси), используемых на городских и агломерационных маршрутах, суммарно в двух городах составит 8,9 тыс. тонн, в том числе выбросы загрязняющих веществ – 0,2 тыс. тонн (2,2 % от всего объема выбросов от МТС), парниковых газов – 8,7 тыс. тонн (97,8 % от всего объема выбросов от МТС). Наибольший объем парниковых газов выбрасывается МТС, работающими на «агломерационных» маршрутах № 5, 5т, 10, 10а, 10т, а также на маршрутах № 2, 4, 4э в г. Полоцке.

При существующих темпах роста автомобилизации и отсутствии каких-либо действий, направленных на снижение выбросов парниковых газов («сценарий бездействия»), за 5-летний период после окончания проекта (2020–2025 гг.) дорожными транспортными средствами в двух городах будет выброшено 190,1 тыс. тонн CO<sub>2</sub>, за 10-летний период (2020–2030 гг.) – 395,5 тыс. тонн. Для организации движения нерельсовых электрических МТС в г. Полоцке и (или) г. Новополоцке необходимо: приобретение соответствующих транспортных средств; создание базы по их ремонту и обслуживанию; строительство тяговых подстанций (новых или дополнительных), строительство кабельных сетей, обучение персонала. Кроме того, для применения троллейбусов ПМФ необходимо строительство контактной сети по всей длине маршрута, для троллейбусов ПМС и дуобусов – на части маршрутов. Для организации движения электробусов необходимо строительство зарядных станций в парках (для электробусов ОС – и на конечных станциях).

Для организации перевозок пассажиров нерельсовыми электрическими МТС в г. Полоцке экономически наиболее целесообразным является вариант использования троллейбусов ПМС (с увеличенным автономным ходом и зарядкой в процессе движения) со строительством отдельных участков контактной сети вне центральной части города. Для организации новых линий трамвая необходимо

строительство рельсового пути, тяговых подстанций, кабельных сетей, контактной сети на новых участках. Однако не требуется приобретение новых трамваев (при развитии сети в пределах территории г. Новополоцка), создание базы для их ремонта и обслуживания. Трамвай имеет самые низкие удельные расходы топливно-энергетических ресурсов на перевозку одного пассажира в летний и (особенно) в зимний период года. Развитие сети линий трамвая позволит привлечь дополнительных пассажиров и увеличить годовой объем перевозок пассажиров (по предварительной экспертной оценке) ориентировочно на 4,1 млн пас. при реализации всех этапов стадии 1 (в г. Новополоцке) и на 6,7 млн пас. при реализации всех этапов стадии 2 (в агломерации).

Наиболее эффективной эксплуатация трамвая станет при начале его использования для «агломерационных» перевозок на участках с наибольшими пассажиропотоками (например, по трассе существующего автобусного маршрута № 5 и маршрутных такси № 5т). При этом будет обеспечено наибольшее снижение выбросов парниковых газов от МТС (до 1800 тонн/год при полной замене автобусов и маршрутных такси на маршрутах № 5 и 5т). «Агломерационная» рельсовая пассажирская система Новополоцка-Полоцка будет единственной в Беларуси и может стать одним из способов развития туристического потенциала городов.

При реализации мероприятий для увеличения скорости движения транспортного потока на 15–20 % (вариант 1-а) за период 2020–2030 гг. суммарный объем выбросов CO<sub>2</sub>-экв от дорожных транспортных средств может быть уменьшен на 1,6 % от объема выбросов по базовому варианту, при увеличении скорости на 30–40 % – на 2,8 %, при увеличении скорости на 50–60 % – на 3,6 %. Для варианта 1-а удельные затраты для снижения выбросов CO<sub>2</sub>-экв на 1 тонну за 10-летний период составляют 13 \$, для варианта 1-б – 99 \$, для варианта 1-в – 171 \$. При реализации мероприятий варианта 2 (повышение привлекательности ГПТ) суммарный объем выбросов CO<sub>2</sub>-экв от дорожных транспортных средств может быть уменьшен за период 2020–2025 гг. на 7,5–14,3 тыс. тонн, за период 2020–2030 гг. – на 31,3–59,5 тыс. тонн (на 7,4–14,1 % от объема выбросов по базовому варианту). Для варианта 2 удельные затраты для снижения выбросов CO<sub>2</sub>-экв на 1 тонну составляют 495–708 \$ за 10-летний период в зависимости от тенденций и темпов изменения интенсивности движения транспортных потоков. Предлагаемые мероприятия по оптимизации маршрутной сети (маршруты № 2, 4, 13 в г. Полоцке, агломерационный маршрут № 10а) позволят сократить количество потребляемого топлива на перечисленных маршрутах на 190 тыс. л/год и снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 507 т/год. Для варианта 3 удельные затраты для снижения выбросов CO<sub>2</sub>-экв на 1 тонну за 10-летний период составляют 9 \$. В случае полной замены автобусов на городских маршрутах на автобусы класса Евро-5 и выше объем выбросов в атмосферный воздух загрязняющих веществ может быть уменьшен на 54 %. При полной замене автобусов, используемых в настоящее время на городских маршрутах, на электрические МТС в случае получения электроэнергии с использованием природного газа суммарный объем выбросов CO<sub>2</sub> от МТС за период 2020–2025 гг. может быть уменьшен на 14,3 тыс. тонн, за период 2020–2030 гг. – на 28,7 тыс. тонн CO<sub>2</sub> (на 54 %). Для варианта 4 удельные затраты для снижения выбросов CO<sub>2</sub>-экв на 1 тонну составляют за 10-летний период от 1284 до 1915 \$ в зависимости от вида топлива, применяемого для выработки электроэнергии. За 5-летний период (2020–2025 гг.) целевые показатели снижения выбросов парниковых газов не могут быть достигнуты ни в одном отдельно используемом варианте, ни при их сочетании. Для достижения целевых показателей за 10-летний период (2020–2030 гг.) наиболее реальным способом является сочетание (комплексное применение) нескольких вариантов мероприятий.

На начальном этапе при ограниченных объемах финансирования рекомендуется сосредоточиться на реализации наименее затратных мероприятий: увеличение скорости сообщения на магистральных улицах обоих городов (без строительства новых светофорных объектов и реконструкции узловых пунктов дорожной сети); повышение качества информирования жителей о расписании движения МТС (в том числе в реальном масштабе времени); повышение надежности выполнения расписания и «страховке» для пассажиров срывающихся рейсов; использование имеющихся небольших резервов по оптимизации маршрутной сети; улучшение характеристик остановочных пунктов (из перечня первоочередных ОП); организация единой системы нумерации автобусных маршрутов в двух городах; приведение номеров маршрутов маршрутных такси в соответствие с требованиями нормативных документов (с корректировкой при необходимости паспортов маршрутов); повышение ценовой привлекательности «долговременных» проездных билетов для поездок в МТС жителей г. Полоцка и г. Новополоцка, в том числе создание «агломерационного» проездного для двух городов.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА ПОЛОЦКА**

*Д. В. КАПСКИЙ, В. Н. КУЗЬМЕНКО, А. С. ПОЛХОВСКАЯ, Е. Н. ГОРЕЛИК, А. В. КОРЖОВА*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Конфигурация маршрутной сети автобусных маршрутов в г. Полоцке в основном имеет радиальную структуру с центральным конечным ОП «Автовокзал» (для маршрутов № 1, 3, 6, 7, 8, 9, 13, 24, 26, 27). В городе четыре «диаметральных» маршрута (№ 2, 4 и их «экспрессные версии» № 2э, 4э), проходящих через центральную часть города транзитом. К этой же группе можно отнести маршрут № 28э. «Хордовым» является маршрут № 23 «Мариненко – Ксты», соединяющий две соседних территориальных зоны (жилую и промышленную) без заезда в центральную часть. Существенную долю перевозок пассажиров в г. Полоцке выполняют маршруты № 5, 10, 10а (до закрытия моста на ул. Калинина в г. Новополоцке), № 15, обслуживаемые новополоцким филиалом АТП-6 ОАО «Витебскоблавтотранс». На этих маршрутах установлена другая стоимость проезда и система его оплаты. Большинство маршрутов маршрутных такси повторяют конфигурацию диаметральных автобусных маршрутов (№ 2, 4) и маршрутов, соединяющих Полоцк и Новополоцк (№ 5, 10). Только два маршрута маршрутных такси (№ 18, 21) имеют траекторию, не совпадающую с автобусными маршрутами. Номера маршрутов маршрутных такси никак не отличаются от номеров автобусных маршрутов (индекс «т» в номере отсутствует), что не соответствует «Правилам автомобильных перевозок пассажиров». Основные недостатки промежуточных ОП МТС в г. Полоцке следующие: отсутствие заездных карманов на 124 ОП; смещение ОП встречных направлений против движения на 30 парках ОП, не позволяющее разместить пешеходный переход, обслуживающий ОП, с выполнением нормативных условий видимости; размещение ОП на малом расстоянии перед перекрестками, вызывающее затруднения при маневрировании транспортных средств и конфликтные ситуации (Гагарина – пер. Гагарина, Юбилейная – Кульнева, Юбилейная – пр-т Скорины и др.); отсутствие или разрушение посадочных площадок для пассажиров на 44 ОП; отсутствие павильонов для ожидания пассажиров на 107 ОП; отсутствие или плохое состояние дорожных знаков, обозначающих границы ОП (знаки 5.12.1 не были обнаружены на 42 ОП, знаки 5.12.2 установлены только на 9 ОП); информационные таблички с расписанием движения отсутствуют на 54 ОП, состояние многих имеющихся табличек неудовлетворительное. По режиму движения в «пиковый» период к группе высокочастотных (интервал до 10 минут) маршрутов автобусов и маршрутных такси в г. Полоцке можно отнести маршруты № 4, 5, 2т, 4т, 5т, 10т, 18т, к группе стандартных (интервал от 10 до 20 минут) – маршруты № 2, 4э, 8, 10, 27, 26т.

Остальные маршруты относятся к группе нечастых (интервалы более 20 минут). Максимальное количество отправок в час для автобусов категории М3 – 6 (маршруты 4, 5, 10), категории М2 – 20 (маршрут 5т). Общее количество автобусов категории М3 в г. Полоцке – 57. Наиболее распространённая модель – МА3-105 – 19 штук. Общее количество автобусов категории М2, работающих в г. Полоцке – 39 шт. (из них 11 в резерве). Наиболее распространённая модель – ГАЗ-322133 – 14 штук. Наиболее интенсивное движение автобусов категории М3 в г. Полоцке осуществляется по участку ул. Октябрьской от ул. Юбилейной до ул. Пушкина. В утренний час пик по участку в направлении ул. Пушкина проходят 36 автобусов обычных маршрутов и 7 автобусов-экспрессов, в обратном направлении – 34 автобуса обычных маршрутов и 7 автобусов-экспрессов. Наиболее интенсивное движение автобусов категории М2 в г. Полоцке проходит по тому же участку сети (по ул. Октябрьской от ул. Юбилейной до ул. Пушкина).

В направлении ул. Пушкина в утренний час пик проходит 50 маршрутных такси, в обратном направлении – 40 маршрутных такси. Наибольшие пассажиропотоки (с учетом пассажиров, проехавших транзитом) зафиксированы на ОП «Поликлиника» в направлении ул. Юбилейной (1902 пассажира по прибытию и 1655 пассажиров по отправлению), «Аграрно-экономический колледж» в направлении ул. Юбилейной (1839 пассажиров по прибытию и 1749 пассажиров по отправлению). Наибольшее число входящих пассажиров зафиксировано на ОП «Швейная фабрика» (467 пас./ч утром и 586 пас./ч вечером). На этом ОП в утренний период количество пассажиров, совершивших посадку в МТС, составляет 68 % от приехавших в МТС пассажиров. В вечерний период количество прибывших к этому ОП пассажиров на МТС равно количеству совершивших посадку. Основная

причина – ОП «Швейная фабрика» является первым ОП для 7 маршрутов (№ 1, 3, 6, 7, 8, 9, 11). Наибольшее число выходящих пассажиров зафиксировано на ОП «Поликлиника» в направлении ул. Юбилейной (295 пас./ч утром), ОП «Поликлиника» в направлении ул. Полоцкой (241 пас./ч утром). За период проведения исследований пассажиропотоков на ОП доля прибывших (проехавших) автобусов и автобусов-экспрессов составила 47 % (359 шт.), доля маршрутных такси 53 % (399 шт.) из общего количества зафиксированных МТС. В общем количестве перевезенных пассажиров доля маршрутных такси составляет 15–20 %.

Годовой объем перевозок пассажиров в г. Полоцке муниципальными автобусами составляет около 14–15 млн пассажиров. Наиболее нагруженными являются «диаметральные» городские маршруты № 2, 4. Наибольшее среднее количество пассажиров за рейс перевозится на маршрутах № 2, 4, 9, 24, 26. На основных городских маршрутах № 2, 4, 26, 27 средняя техническая скорость за рейс изменяется в диапазоне 15,5–27,5 км/ч, скорость сообщения – в диапазоне 13,5–24,5 км/ч. Наименьшая средняя техническая скорость зафиксирована на перегоне между ОП «Экономический колледж» и ОП «Педагогический колледж» как в прямом, так и обратном направлении (5,5 и 7,2 км/ч соответственно).

Существенное снижение скорости (до 7,5–8,5 км/ч) отмечено также на перегоне между ОП «Олимпиец» и ОП «Спортивный клуб». Средняя техническая скорость снижается на межстаночных перегонах в центральной части города, в том числе: при движении в прямом направлении – до 15–20 км/ч на участке между ОП «Поликлиника» и ОП «Типография»; при движении в обратном направлении – до 13–17 км/ч на участке между ОП «Союзпечать» и ОП «Поликлиника».

Максимальные значения средней технической скорости на межстаночном перегоне отмечена на участке между ОП «Заполоть» и ОП «Экимань» (более 40 км/ч). Одним из основных факторов, влияющих на режим и скорость движения автобусов на перегонах между ОП, является наличие на трассах маршрутов перекрестков со светофорным регулированием (до 10–13 шт. на отдельных маршрутах), нерегулируемых пешеходных переходов (до 17–26 шт.), искусственных неровностей (до 3 шт.). Наличие железнодорожных переездов влияет на условия работы автобусных маршрутов № 1, 4, 4э, 6, 7, 8, 13, при этом для маршрутов № 6, 7 длительность простоя автобусов может достигать 30 минут. Наибольшее количество помех автобусам из-за движения пешеходов отмечено на нерегулируемом перекрестке ул. Гоголя – ул. Ф. Скорины (возле Дома торговли); на нагруженных регулируемых перекрестках ул. Октябрьская – ул. Е. Полоцкой, ул. Октябрьская – ул. Гоголя, ул. Богдановича – ул. Зыгина, на которых автобусы городских маршрутов выполняют правые и левые повороты, задержки автобусов наибольшие; кольцевая развязки в одном уровне с пятью входами (ул. П. Бровки – Минское шоссе – Вильнюсское шоссе) является причиной дополнительных задержек для автобусов некоторых маршрутов; наибольшие помехи для движения автобусов из-за автомобилей, припаркованных вдоль проезжей части, отмечены в центральной части города (ул. Октябрьская, ул. Юбилейная, ул. Гоголя), а также на ул. Хруцкого; максимальное среднее время нахождения на ОП зафиксировано: для автобусов – на «Швейная фабрика» (23,5 с), «Шмидта» в двух направлениях (23–28 с), для автобусов-экспрессов – «Швейная фабрика» (28,4 с) и «Спортивный клуб» в каждом из направлений (по 31 с); для маршрутных такси – «Швейная фабрика» (55,3 с).

В среднем на ОП «Швейная фабрика» МТС простаивают около 40 с. Наиболее частая продолжительность нахождения МТС на ОП составляет для одиночных автобусов – 9–16 с, для сочлененных автобусов – 15–24 с, для маршрутных такси – 9–14 с. Продолжительность нахождения на ОП свыше 25 с зафиксирована на ОП «Автовокзал», «Поликлиника» (в направлении ул. Юбилейной), «Типография», «Педагогический колледж» (в направлении ул. Коммунистической), «Мариненко», «Спортивный клуб» (в направлении от автовокзала), «Трест № 22» (в направлении от автовокзала). К основным факторам, влияющим на продолжительность нахождения автобусов на ОП, относятся: количество пассажиров, выполняющих высадку-посадку («Автовокзал», «Швейная фабрика», «Поликлиника», «Шмидта», «Мариненко»); наличие различных помех, препятствующих подъезду автобусов городских маршрутов к посадочной площадке ОП, создаваемых другими транспортными средствами, в том числе маршрутными такси («Швейная фабрика»); высокий уровень загрузки некоторых ОП из-за большой интенсивности движения автобусов (с учетом автобусов-экспрессов и маршрутных такси) – «Автовокзал», «Олимпиец», «Педагогический колледж», «Юбилейная»; продажа билетов на проезд непосредственно водителями автобусов (для автобусов экспрессных маршрутов и маршрутных такси).



## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ИНДИКАТОРОВ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ МЕР

Д. В. КАПСКИЙ, В. Н. КУЗЬМЕНКО, А. С. ПОЛХОВСКАЯ, Е. Н. ГОРЕЛИК, А. В. КОРЖОВА  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Ожидаемая в результате разработки и реализации мероприятий цель проекта ПРООН/ГЭФ «Беларусь: Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси» – прямое сокращение выбросов парниковых газов в объеме 77,8 тыс. тонн CO<sub>2</sub> в эквиваленте (далее – CO<sub>2</sub>-экв).

На рисунке 1 приведена диаграмма объемов прямого сокращения выбросов CO<sub>2</sub>-экв в зависимости от вариантов реализуемых мероприятий за период 2020–2025 гг., на рисунке 2 – 2020–2030 гг.

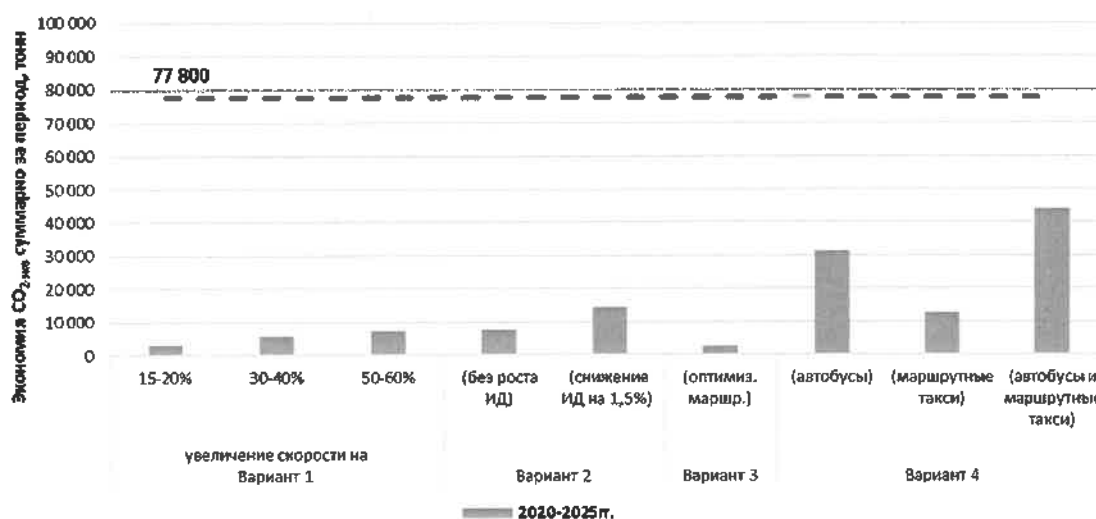


Рисунок 1 – Снижение суммарного объема выбросов CO<sub>2</sub>-экв по вариантам за период 2020–2025 гг. суммарно по г. Полоцку и г. Новополоцку

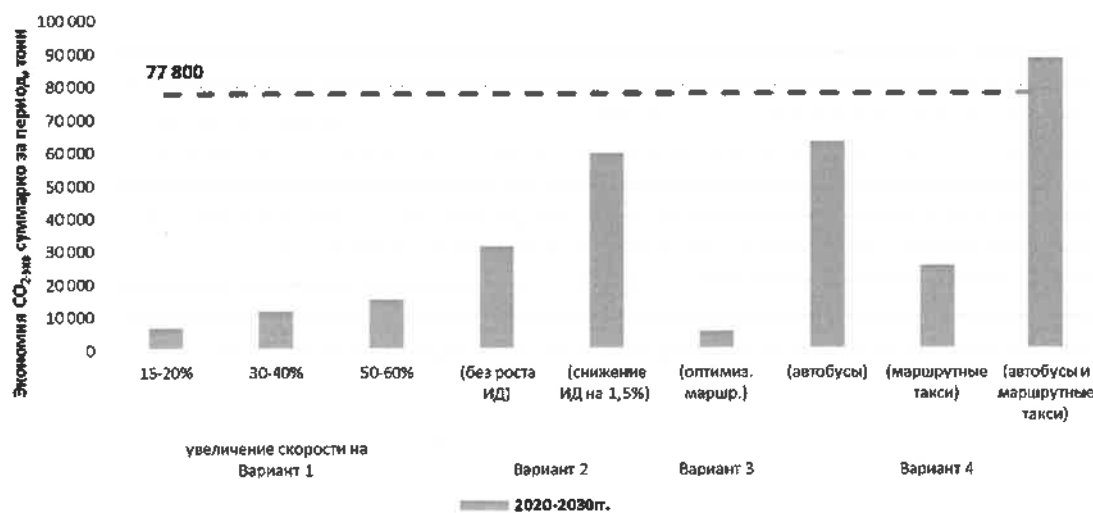


Рисунок 2 – Снижение суммарного объема выбросов CO<sub>2</sub>-экв по вариантам за период 2020–2030 гг. от мероприятий суммарно по г. Полоцку и г. Новополоцку

За период 2020–2025 гг. ожидаемые показатели снижения выбросов парниковых газов не могут быть достигнуты ни в одном отдельно взятом варианте. За период 2020–2030 гг. в наибольшей степени приблизиться к ожидаемым показателям снижения выбросов можно путем реализации следу-

ющих мероприятий: путем снижения уровня использования автомобилей (снижение объема выбросов на 40–76 % от ожидаемых значений); полной заменой автобусов категории М3, используемых в настоящее время на городских маршрутах, каким-либо из видов электрических МТС (снижение объема выбросов на 81 % от ожидаемых значений). За период 2020–2030 гг. возможно снижение объема выбросов на 9–20 % от ожидаемых значений за счет увеличения скорости движения транспортного потока повышением эффективности организации дорожного движения и координированного управления на участках улиц со светофорным регулированием.

За период 2020–2030 гг. целевые показатели снижения выбросов парниковых газов достигаются только в случае полной замены автобусов категории М3 и маршрутных такси категории М2, используемых на городских маршрутах, одним из видов электрических МТС.

Для достижения целевых показателей снижения выбросов парниковых газов необходимо сочетание (комплексное применение) нескольких вариантов мероприятий.

Для мероприятий варианта 3, которые направлены на оптимизацию маршрутной сети ГПТ, удельные затраты наименьшие и составляют 9 \$/тонну CO<sub>2</sub>-экв за 10-летний период. Однако конфигурация маршрутной сети по каждому из автобусных маршрутов в г. Полоцке и г. Новополоцке проработана в АП-2 и АТП-6 на хорошем уровне с учетом сложившихся пассажиропотоков, поэтому резервов для оптимизации сети немного. С учетом необходимости сохранения (как минимум) существующих условий обслуживания пассажиров ГПТ (чтобы избежать активного их перехода на другие виды перемещений) рационализация маршрутной сети при существующем уровне финансирования возможна только на небольшом количестве участков. Поэтому при реализации мероприятий варианта 3 обеспечить существенное снижение объемов выбросов CO<sub>2</sub>-экв невозможно.

Следующими по уровню экономической эффективности (13 \$/тонну CO<sub>2</sub>-экв за 10-летний период) являются мероприятия варианта 1-а (увеличение скорости движения транспортных потоков, включая МТС, на магистральных улицах на 15–20 % путем введения координированного светофорного регулирования). Однако область применения таких мероприятий ограничена участками магистральных улиц со светофорным регулированием.

Увеличение скорости сообщения на 30–60 % (варианты 1-б и 1-в) достижимо только при выполнении реконструкции участков улиц, на которых скорость транспортного потока (в том числе и скорость МТС) в настоящее время снижена.

Типичными участками улиц с такими условиями движения являются нерегулируемые пешеходные переходы, загруженные транспортные узлы, места размещения искусственных неровностей и т.п. Для повышения скорости на 30–60 % требуются более существенные затраты – устройство регулируемых пешеходных переходов вместо нерегулируемых, изменение конфигурации транспортных узлов (кольцевые развязки в одном уровне и т.п.), реконструкция существующих светофорных объектов и т.п. Удельные затраты составляют 99–171 \$ за 10-летний период.

Мероприятия варианта 2 (повышение привлекательности ГПТ) направлены на популяризацию ГПТ, его развитие, привлечение большего числа пассажиров к городским передвижениям с использованием МТС вместо личных автомобилей. Мероприятия варианта 2 являются наиболее перспективными не только для достижения целевых показателей снижения выбросов парниковых газов, но и для развития городов в соответствии с современными европейскими тенденциями устойчивого развития и устойчивой мобильности.

Результативность продвижения в данном направлении зависит не только от суммы единовременно вложенных средств в инфраструктуру и транспортные средства, но и от удобства пользования системой ГПТ в целом (надежности выполнения расписания, характеристик и состояния применяемых МТС, уважительного отношения к пассажирам и т.п.). Главным приоритетом работы ГПТ должно быть удовлетворение потребности жителей в удобных перемещениях по городу (а не экономия средств на организацию таких перемещений). Удельные затраты за 10-летний период составляют 495–708 \$/тонну. При этом следует отметить, что эффективность мероприятий варианта 2 в большей степени увеличивается в долгосрочной перспективе, а также позволяет добиться наибольшего снижения объема выбросов.

Замена автобусов, используемых на городских маршрутах в обоих городах, на электрические МТС (вариант 4) позволяет существенно сократить долю выбросов CO<sub>2</sub>-экв от МТС, однако даже в долгосрочной перспективе характеризуется самой высокой удельной величиной затрат (1284–1915 \$/тонну CO<sub>2</sub>-экв за 10-летний период).

## ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЛОТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПЕРЕДВИЖЕНИЙ В КРУПНЕЙШЕМ ГОРОДЕ

*Д. В. КАПСКИЙ, В. Н. КУЗЬМЕНКО, А. С. ПОЛХОВСКАЯ, Е. Н. ГОРЕЛИК, А. В. КОРЖОВА*  
*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*А. С. ЛУЦКОВИЧ*  
*УП «БелНИИПградостроительства», г. Минск*

Для разработки методических рекомендаций по проектированию велосетей по заданию УП «БелНИИПградостроительства» Научно-исследовательским центром дорожного движения филиала Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательский политехнический институт» проведены выборочные опросные обследования поездок населения с использованием велосипеда, а также обработка и анализ полученных материалов. Велосипед по определению является индивидуальным транспортным средством. Однако использование велосипеда в этой ипостаси в населенных пунктах нашей республики для совершения целевых поездок (на работу, учебу, к объектам культурно-бытового назначения и пр.) связано с таким множеством ограничений, что трактовать его как «транспорт XXI века» можно лишь имея очень богатое воображение. Вместе с тем велосипед широко используется вне целевых поездок, он может достаточно сильно повлиять на образ жизни человека, его времяпрепровождение (туризм, активный отдых, физическое развитие, оздоровление, для прогулок, развлечения и пр.). Для удовлетворения целевых поездок велосипед наиболее популярен в сельских населенных пунктах и малых городах, особенно в условиях отсутствия общественного транспорта. Эти положения и вытекающие из них выводы рассмотрены с двух сторон: велосипед как транспортное средство для целевых поездок; велосипед в аспекте образа жизни человека. В целом классификация поездок с использованием велосипеда не отличается от традиционной и общественной классификации передвижений и поездок населения с различными целями: повседневные (на работу, учебу, деловые, в службе курьерской доставки); периодические (оздоровление, культурно-бытовые цели); эпизодические (отдых, туризм, развлечения). Использование велосипеда как транспортного средства можно представить при относительно регулярных повседневных поездках, которые хоть в какой-то степени конкурируют с механическими средствами транспорта по объему перевозок. В остальных случаях велосипед используется для нерегулярных поездок, которые совершаются спонтанно, периодически или эпизодически, носят стохастический характер и очень незначительно влияют на сокращение работы общественного транспорта, особенно в зимнее время года. Какими бы ни были цели поездок на велосипеде, решающее влияние на их совершение оказывают несколько доминирующих факторов: безопасность движения, погодные условия, возраст велосипедиста, величина населенного пункта, автомобилизация населения, развитость общественного пассажирского транспорта, целевая структура велопоездки. Первый фактор, на наш взгляд, является определяющим и поэтому очень тесно связан с наличием велодорожек. По данным литовских исследований, степень использования велосипедов можно увеличить как минимум в 2 раза при правильной организации велодорожек, мест хранения и парковок велосипедов. По тем же источникам, использование велосипеда осуществляется при целевых поездках на расстояние до 10 км. Более этого расстояния поездки совершаются моторизованными средствами транспорта (общественным транспортом, легковыми автомобилями и др.). Следует отметить, что с повышением уровня автомобилизации населения во многих странах мира значимость велосипеда как средства передвижения стала намного меньше, а их производство сократилось даже в Азии (хотя есть и исключения: например, в Голландии и Германии наблюдается резко противоположная картина – в этих странах сегодня приходится примерно один велосипед на жителя. К тому же легковой автомобиль изменяет образ жизни человека, подталкивает к совершению еженедельных покупок, перевозка которых на велосипеде не осуществима. Вместе с тем при строительстве транспортных коммуникаций, различных объектов притяжения людей специальные велодорожки не обустраиваются, отсутствуют стоянки. Поэтому поездки с использованием велосипеда, особенно на короткие расстояния, нуждаются в поддержке и поощрении путем создания специальных трасс для велодвижения, что выгодно как экономически, так и с точки зрения экологии.

Задачами работы являлись: анализ отечественного и зарубежного опыта по использованию велосипеда и проектированию велосипедных дорожек в населенных пунктах; анализ технических нормативных правовых актов Республики Беларусь и зарубежных стран по рассматриваемой тематике; определение необходимости и возможности устройства велодорожек в населенных пунктах. Анализ результатов обследования привел к следующим выводам. Интенсивность велодвижения в городе весьма незначительна. Ни в одной зоне города формально не выявляется необходимость строительства новых велодорожек. При этом необходимо учитывать, что пропускная способность одной полосы велосипедного движения составляет в соответствии с ТКП 45-3.03-227-2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования» 300 ед./ч. Этим требованиям удовлетворяет только велодорожка, организованная вдоль р. Свислочь в г. Минске. Остальные районы города могут претендовать сегодня только на организацию на отдельных улицах велополос, выделенных разметкой, которые требуют устройства при интенсивности от 50 ед./ч (ТКП 45-3.03-227-2010 «Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования»). В Минске доля поездок на велосипеде, полученная по данным проведенного обследования и косвенным данным, находится в пределах 0,3–0,4 %. Из тех же источников следует, что эту долю можно увеличить минимум в 2 раза при наращивании сети велополос и велодорожек. В составе велосипедистов преобладают мужчины – 58,6 %. В возрастных группах наибольшее количество составляют велосипедисты в возрасте 24–35 лет – 38,6 % (в Екатеринбурге – более 50 %), после 50 лет велосипедом пользуются лишь 7,2 % респондентов (в Екатеринбурге – до 4 %). Велосипед используется в течение 6–7 месяцев (с апреля-мая по сентябрь-октябрь), основная часть респондентов предпочитает поездки в летнее (теплое) время – 76,3 % (в Литве – с апреля по октябрь, весной и осенью 15–20 %, зимой 2–3 % от летнего количества поездок; в Екатеринбурге около 12 % велосипедистов совершают поездки круглый год). Основная часть респондентов (85,7 %) использует велосипед для прогулок и развлечения. Подавляющее количество опрошенных велосипедистов предпочитают поездки по велодорожкам. В первую очередь, это связано как с целью совершения поездки (прогулка, оздоровление, отдых и др.), так и с безопасностью движения. Превалирующее количество велопоездок совершается по велодорожкам (55,8 %) и тротуару с выделенной полосой велодвижения (34,4 %). Остальные поездки (9,8 %) совершаются по проезжей части. Следует отметить, что значительная часть велосипедистов используют для поездок тротуары (особенно в центре города), хотя это и запрещено ПДД, что говорит о недостаточной развитости сети трасс велодвижения. Наблюдаемое велодвижение неравномерно по зонам города: на центральную зону приходится 47,6 %, срединную – 31,2 %, периферийную – 23,2 %. Дальность поездки на велосипеде зависит от цели. Целенаправленное передвижение на велосипеде при поездке на работу, учебу, для доставки товаров ограничивает расстояние поездки до 13,3 км. При средней скорости велосипедиста 10–12 км/ч указанное расстояние можно преодолеть за 40–60 минут, т.е. при больших расстояниях для совершения целевых поездок практически будет использоваться моторизованный транспорт. Отсутствие развитых сетей дорожек и полос движения для велопоездок ограничивает возможность их совершения на работу, учебу, к объектам культурно-бытового назначения, особенно на относительно короткие расстояния. К этому добавляется отсутствие необходимой инфраструктуры: парковки, места хранения, технического обслуживания, прокатные пункты. Организация полноценной системы велодвижения в городах должна учитывать: безопасность движения, погодные условия, возраст велосипедистов, величина населенного пункта, степень развитости общественного транспорта, целевая структура поездок. Первый фактор, на наш взгляд, является определяющим, поэтому весьма тесно связан с наличием велодорожек и специально выделенных полос для велодвижения. При правильной организации путей велодвижения, мест хранения и парковок для велосипедов степень их использования можно увеличить как минимум в 2 раза. В структуре велопоездок доминирующее их количество (87,5 %) совершается с нетрудовыми целями (прогулка, оздоровление, бытовые цели и др.).

Таким образом, при создании сети велодорожек и велополос в городах особое внимание должно быть уделено прокладке велотрасс в парковых зонах, в микрорайонах, вдоль вылетных автомобильных дорог в зоны отдыха, а также на связях с объектами культурно-бытового назначения и основными пунктами внешнего общественного пассажирского транспорта. Целесообразность организации велодорожек и специально выделенных полос движения должна определяться характером, условиями, величиной потенциальной возможности использования велосипеда. Только на базе таких показателей можно разработать специальные нормативы, определяющие технические параметры трасс велодвижения при планировке населенных пунктов и отдельных районов.

## К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА В ЛОГИСТИКЕ

*О. П. КИЗЛЯК, К. Е. КОРОВЯКОВСКИЙ*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к технологии распределенных реестров в логистике как в части организации баз данных, так и в технологии блокчейн (цепочка блоков транзакций). По мнению ряда ведущих специалистов [1], главной причиной повышенного внимания к технологии распределенных реестров в логистике являются ожидания, что она позволит устранить ряд проблем, присущих методам хранения, учета и передачи информации, исполнения платежей и ряда других операций.

В начале августа 2018 года IBM Corp. и компания A.P. Moller-Maersk Group объявили об официальном запуске платформы для отслеживания поставок и управления цепями поставок под названием TradeLens. Была создана компания для коммерциализации решения, которое заменит устаревшие бумажные процессы в сфере управления грузоперевозками и отслеживания транспортных средств, контейнеров и грузов.

TradeLens позиционируется как открытая платформа для управления цепями поставок, созданная на базе распределенного реестра. Она дает возможность открытого и во многом автоматизированного обмена информацией между всеми участниками цепи поставок на принципиально новом уровне: взаимодействие между участниками происходит быстрее, генерирует меньше ошибок, не требует верификации третьей стороной и стоит дешевле.

Платформа объединяет задействованные в цепи поставок стороны: грузовладельцев, экспедиторов, перевозчиков, порты и терминалы, таможенные и другие государственные органы. Заинтересованные стороны имеют возможность отслеживать состояние груза и сопровождающей его документации в рамках своих ролей: отправитель, перевозчик, таможня, получатель груза и конечный потребитель.

В основе TradeLens лежит довольно простая концепция:

1 К грузу, транспорту и портовому оборудованию прикрепляются электронные метки, которые отслеживают местоположение и, при необходимости, некоторые другие показатели: температуру, влажность, вибрации и т.п. Информация с электронных меток в режиме реального времени записывается в распределенный реестр и становится доступной всем заинтересованным сторонам. Это позволяет отслеживать груз и его состояние.

2 В заранее прописанных случаях отдельные электронные метки могут взаимодействовать между собой посредством смарт-контрактов. Например, если электронная метка контейнера попадает на судно, то она передает электронной метке судна информацию о контейнере и грузе, находящемся внутри. Таким образом, в информационной системе появляется информация о перевозимом грузе. Когда судно приходит в порт, его электронная метка передает порту информацию о транспортных средствах, контейнерах и грузах, которые были доставлены.

Данные электронных меток используются для автоматического заполнения документов и других взаимодействий: финансовых расчетов, уплаты таможенных сборов, аудита и других подобных операций. Именно благодаря этим автоматическим взаимодействиям система значительно ускоряет и упрощает документооборот, делает финансовые расчеты более надежными и безопасными.

Первоначально в компании Maersk проанализировали одну партию цветов, отправленных из Момбасы в Европу в 2014 году. Эта единичная поставка сгенерировала более 200 сквозных сообщений между 30 различными организациями, включая производителя, логистические компании, банки и госструктуры. Эти 200 сообщений создали пакет документов высотой более 25 сантиметров [2]. Затем Maersk и IBM подключили всех участников этой поставки к блокчейну TradeLens (в то время Global Trade Digitization, или GTD) и отправили новую партию цветов. Как только производитель отправил упаковочный лист через компьютер или мобильное устройство, это действие было записано в блокчейн и параллельно с этим был инициирован смарт-контракт. Смарт-контракт сопровождал груз по всей цепочке поставок, автоматически заполняя документы, проставляя

«штампы» и делая финансовые расчеты. Все эти действия также записывались в распределенный реестр. Пилотный проект дал подтверждение концепции, но выявил ряд проблем: отсутствие единых стандартов и должной коммуникации между сторонами, а также необходимость обучения персонала компаний и госструктур, вовлеченных в процесс.

В течение календарного года от использования платформы TradeLens был получен следующий экономический эффект:

1 Сокращение затрат на оформление документов. Например, при отправке авокадо из Момбасы в Роттердам затраты составляют 300 долларов или 15–20 % от стоимости доставки. TradeLens уменьшила эти расходы на 70–90 % в зависимости от конкретной цепочки поставок и списка ее участников.

2 Сокращение продолжительности перевозок примерно на 40 %, – в основном за счет ускорения документооборота.

3 Сокращение количества шагов, предпринимаемых для ответа на основные операционные вопросы, такие как «где мой контейнер», с 5–10 до 1–2.

Компания A.P. Moller-Maersk в партнерстве с ФГУП «Морсвязьспутник» планируют запустить в России цифровую платформу TradeLens для контейнерных перевозок. Пилот будет тестироваться на базе Большого порта Санкт-Петербург, а окончательное внедрение платформы планируется в конце 2019 года. Вместе с тем, по мнению заместителя руководителя Федеральной таможенной службы России Руслана Давыдова, на данном этапе платформа адаптирована под нужды логистических и транспортных компаний, и позволяет в целом ускорить операции по перемещению грузов. Однако при таможенном контроле используется информация о конкретных параметрах товара – стоимости, классификации и других. Эти данные составляют коммерческую тайну и не могут быть по закону переданы третьим лицам [3].

Таким образом, в статье представлен обзор прикладной значимости блокчейна как тренда на использование технологий цифровизации в логистике и дальнейшего развития цифровой интеграции цепей поставок. Несмотря на большой потенциал технологии, в настоящее время она находится на ранней стадии развития. На наш взгляд, использование технологии распределенных реестров может способствовать не только продвижению тренда цифровизации в логистике, но и существенному изменению процедуры урегулирования обязательств, исполнения контрактов и управления рисками.

#### Список литературы

1 Ермаков, И. А. Применение технологии распределенного реестра как одного из механизмов цифровой интеграции цепей поставок / И. А. Ермаков, С. С. Кузьминых // E-Management. – 2019. – № 2. – С. 45–58.

2 IBM and Maersk demo: Cross-border supply chain solution on blockchain [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.youtube.com/watch?v=tdhpYQCWnSw>. – Дата доступа : 07.10.2019.

3 В ФТС России обсудили внедрение логистической блокчейн-платформы TradeLens в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://vch.ru/event/view.html?alias=v\\_fts\\_rossii\\_obsudili\\_vnedrenie\\_logisticheskoi\\_blokchein-platformy\\_tradelens\\_v\\_rossii](http://vch.ru/event/view.html?alias=v_fts_rossii_obsudili_vnedrenie_logisticheskoi_blokchein-platformy_tradelens_v_rossii). – Дата доступа : 07.10.2019.

УДК 656.222.4

## К ВОПРОСУ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ

*О. П. КИЗЛЯК, Т. Г. СЕРГЕЕВА*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

Богатая практика эксплуатации железных дорог убедительно показывает, что большинство задач, возникающих в процессе освоения резко возросшего поездопотока или недостатка пропускной способности, связаны с оценкой и выбором рациональных мероприятий по её кратковременному повышению. В наибольшей мере этим требованиям отвечают организационно-технические мероприятия по повышению пропускной способности [1].

Их реализация предполагает интенсификацию использования существующей технической базы, они могут вводиться для ликвидации «узких» мест в пропускной способности. Отдельные мероприятия организационного характера применяются как меры оперативного регулирования для ликвидации скоплений поездов, образовавшихся вследствие выполнения работ в «окно», после ликвидации неисправностей и продолжительных перерывов в движении по другим причинам. По существу, речь идет об увеличении насыщения участков и станций поездами. Здесь следует отметить важное обстоятельство.

Существует обоснованное мнение о том, что эксплуатация железных дорог при полной загрузке технических устройств не отвечает требованиям эффективности, а для обеспечения ритмичности в работе в обязательном порядке должен быть выделен резерв пропускной и перерабатывающей способности для «погашения» возмущений в потоке [2]. Какими же причинами вызваны возмущения, и, как следствие, неравномерная загрузка технических средств? Природа перевозочного процесса двойственна – регулярная детерминированная основа и случайные стохастические возмущения.

В результате выполненных профессором Негреем В. Я. исследований [3] была создана и реализована в практике работы железной дороги вероятностная методика оценки пропускной способности элементов, использование которой привело к повышению надёжности планирования и организации движения поездопотоков и значительному возрастанию эффективности функционирования железнодорожного комплекса. Важной составной частью вероятностной методики явилось предложение учитывать реакцию железной дороги на её загрузку потоком поездов.

Позитивность предлагаемой методики заключается также в определении уровня колебаний пропускной способности железной дороги на основе выявления объективных закономерностей отклонения времени обслуживания поездов от рекомендуемого технологическим процессом. Поэтому для освоения поездопотока, величина которого приближается к максимальной пропускной способности, целесообразно проведение комплекса мер, направленных на снижение размаха её абсолютных колебаний. Данный комплекс предполагает улучшение качества работы управленческого и обслуживающего персонала, повышение надёжности и живучести постоянных устройств и переменных средств.

Однако на этапе планирования мероприятий перед управленческим персоналом возникает множество вопросов. Как поступить, если каждое мероприятие может быть реализовано с равным успехом? И насколько эффективно проведение того или иного мероприятия для всего участка или линии? Так, из рисунка 1 видно, что парному пакетному способу организации движения на одном из железнодорожных участков соответствует наибольшее значение пропускной способности. Тем не менее он не является рациональным с точки зрения ресурсных затрат и приводит к значительному снижению участковой скорости  $v_{уч}$ .

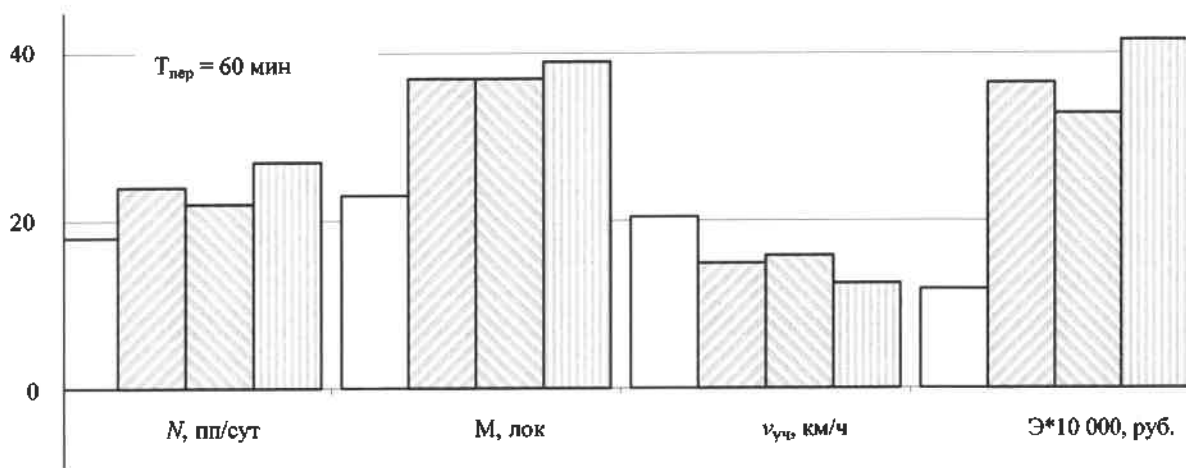


Рисунок 1 – Рассогласование показателей эффективности:  
 □ – эталонное значение показателя (параллельный парный непакетный график); ▨ – значения показателей при парном частично-пакетном графике с соотношением поездов в периоде 3-2-4 (3 пары поездов в периоде, 2 поезда в пакете; 4 поезда организованы в пакеты); ▩ – то же при соотношении поездов 4-2-4; ▮ – значения показателей при парном пакетном графике с соотношением поездов 2-2;  $N$  – пропускная способность элемента, пар поездов в сутки;  $M$  – потребное количество локомотивов, ед.;  $v_{уч}$  – участковая скорость, км/ч;  $\mathcal{E}$  – эксплуатационные расходы, руб.

Из сказанного выше видно, что при выборе и обосновании мероприятий по повышению пропускной способности требуется учитывать несколько, в том числе, противоречивых целей. В этой связи, представляется целесообразным оценивать эффективность проводимых мероприятий по повышению пропускной способности комплексно, на основе количественных характеристик перевозочного процесса. Предлагаемая принципиальная схема оценки эффективности мероприятий изображена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Структурная схема оценки эффективности мероприятий по повышению пропускной способности

Для решения задачи обоснованного выбора мероприятия можно использовать подход, предложенный в работе [1] и оценивать их эффективность с помощью векторного критерия:

$$K(x_i) = \{k_1(x_i), k_2(x_i), \dots, k_m(x_i)\} = \{k_j(x_i); j = \overline{1, M}\}, \quad (1)$$

где  $k_j(x_i)$  –  $j$ -й частный критерий;  $M$  – число частных критериев.

Критериальная функция  $K(x_i)$ , учитывающая множество исходных вариантов, в свою очередь, порождает отношение порядка, зависящее от смыслового содержания функции. Так, если из  $K(x_i) \succ K(x_s)$  следует, что  $x_i \succ x_s$ , то имеет смысл критерий типа «эффект». Традиционно на железнодорожном транспорте такими критериями являются пропускная способность ( $N$ ), участковая скорость ( $v_{уч}$ ), величина локомотивного ( $M$ ) и вагонного ( $B$ ) парков и др. Если же  $x_s \succ x_i$ , то  $K(x_i)$  является критерием типа «затраты». К ним относятся суммарные временные непроизводительные простои на отдельных пунктах ( $t_{ст доп}$ ), эксплуатационные расходы ( $\mathcal{E}$ ) и др.

Следовательно, при соблюдении условия превышения пропускной способности над установленными размерами движения поездов  $N_n \geq N_{нв}$  в качестве целевой функции целесообразно принять минимум рассогласования между эталонными и фактическими эксплуатационными показателями лимитирующих элементов. Оценку рассогласования критериев типа «эффект» чаще всего производят на основании безразмерной функции  $\left(1 - \frac{k_j}{k_j^{ст}}\right)$ , а для критериев типа «затраты» в виде  $\left(\frac{k_j}{k_j^{доп}}\right)$ . Тогда комплексный критерий эффективности мероприятия примет вид

$$K_{Уи} = \left[ \sum_{j1=1}^{m1} \alpha_{j1} \left(1 - \frac{k_{j1}(x_i)}{k_{j1}^{ст}}\right) + \sum_{j2=1}^{m2} \alpha_{j2} \cdot \frac{k_{j2}(x_i)}{k_{j2}^{доп}} \right], \quad (2)$$

при  $\sum \alpha_{j1} + \sum \alpha_{j2} = 1 \quad S_b = \sum_{j=1}^n K_{Уи} \rightarrow \min.$

Очевидно, что при соблюдении условия  $k_j \geq k_j^{ст}$  рассогласование между полученной и реальной (эталонной) характеристикой равно нулю.

После подстановки показателей, приведенных на схеме рисунка 2, выражение (2) примет вид

$$K_{Уи} = \left[ \alpha_{n1} \left(1 - \frac{N_j}{N_n}\right) + \alpha_{p1} \left(1 - \frac{P_j}{P_n}\right) + \alpha_{t1} \left(\frac{T_j}{T_n}\right) + \alpha_{c2} \left(\frac{C_j}{C_n}\right) \right] \rightarrow \min. \quad (3)$$



Таким образом, обоснование организационно-технических мероприятий по повышению пропускной способности железнодорожных участков предлагается производить не только по прогнозируемому увеличению количества пропускаемых за расчётный период поездов, а комплексно, по совокупности критериев, позволяющих учесть величину приращения пропускной способности, характеристики потока поездов, а также влияние рассматриваемых способов на основные эксплуатационные показатели.

#### Список литературы

- 1 Кизляк, О. П. Оценка пропускной способности железных дорог и способы её повышения : [монография] / О. П. Кизляк, Н. Н. Романов. – СПб. : ВТУ ЖДВ РФ, 2004. – 113 с.
- 2 Левин, Д. Ю. Оптимизация потоков поездов / Д. Ю. Левин. – М. : Транспорт, 1988. – С. 28–29.
- 3 Негрей, В. Я. Научные основы расчётов и проектирования сортировочных станций и узлов : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В. Я. Негрей. – Гомель : БИИЖТ, 1989. – С. 11–21.

УДК 656.224

### АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В МЧС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*В. В. КОПЫТКОВ*

*Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Гомель*

Актуальным вопросом в настоящее время является установившаяся тенденция роста человеческих жертв в результате дорожно-транспортных происшествий. Так, за последних 10 лет доля погибших в дорожно-транспортных происшествиях составляет от 14 до 20 % от общего количества погибших по различным причинам. Горькая статистика свидетельствует, что при аварии возникает ситуация, когда для спасения людей необходимы считанные минуты. Для резки металлических и бетонных элементов, проведения быстрой разборки конструкций зданий, машин и извлечения пострадавших, необходимы специальные инструменты, позволяющие за минимальное время обеспечить доступ к пострадавшим.

Подразделения МЧС, выезжая на ликвидацию дорожно-транспортных ситуаций, везут с собой в пожарных аварийно-спасательных автомобилях большую номенклатуру дорогого аварийно-спасательного инструмента, который применяется для деблокирования пострадавшего, разбора и разрезания конструкций.



Рисунок 1 – Отработка навыков работы с гидравлическим инструментом на учебных площадках Гомельского филиала

Номенклатура пожарно-технического вооружения (ПТВ) в Республике Беларусь, возимого на пожарных автомобилях, включает более 50 наименований различных приспособлений и устройств. Размещение ПТВ должно удовлетворять ряду требований: способствовать уменьшению времени

боевого развертывания ПА, не снижать его оперативной подвижности. В ближнем и дальнем зарубежье разработкой и производством аварийно-спасательного инструмента, на высоком техническом уровне, занимаются фирмы «Holmatro» (Голландия), «VEBER» (Германия), «Спрут», «Медведь» (Россия).



Рисунок 2 – Внешний вид аварийно-спасательного инструмента:  
а – разжим Weber-Hydraulik SP 60; б – расширитель Holmatro SP 4240 C; в – резак Holmatro CU 4050

Из-за высокой стоимости такого оборудования и крайне нерегулярного его использования в каждой стране существуют свои нормы положенности: где-то оборудование находится в каждом автомобиле, где-то один комплект на 50 тысяч населения. В настоящей работе представлен анализ причин дорожно-транспортных происшествий, задействования на них имеющегося в МЧС Беларуси оборудования, оперативности деблокирования пострадавших и передачу их работникам скорой помощи.

В результате проведенной работы предложены варианты оптимизации номенклатуры имеющегося в МЧС оборудования и его количества.

#### Список литературы

1 Об утверждении норм обеспечения пожарной, аварийно-спасательной техникой, пожарно-техническим, аварийно-спасательным оборудованием и снаряжением, имуществом : приказ МЧС Респ. Беларусь № 289 от 06.12.2016.

УДК 656.224

### МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ КАК МЕХАНИЗМ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*А. Г. КОТЕНКО, О. П. КИЗЛЯК, Т. А. МАЛАХОВА*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

Обеспечение удобного и быстрого перемещения людей с помощью железнодорожного транспорта – один из факторов повышения качества жизни. Современный рынок транспортных услуг функционирует в условиях сильной конкуренции, что диктует необходимость постоянного развития и совершенствования всех его участников.

В настоящее время рынок транспортных услуг не может не учитывать, что перевозки пассажиров на более или менее дальние расстояния не ограничиваются одним видом транспорта. По крайней мере, до начала железнодорожного или воздушного путешествия пассажир в большинстве случаев пользуется услугами автомобильного транспорта либо метро. Существуют и более сложные схемы доставки, когда необходимо организовать пересадку пассажира с одного вида транспорта на другой в различных точках его маршрута. При этом, стоит учесть, что самым быстро исчерпываемым и ценным ресурсом для каждого человека является время.

За 14 лет в два раза сократилась доля пассажирских железнодорожных перевозок на рынке в нашей стране. Очевидно, что создание заделов опережающего развития должно базироваться на внедрении опережающих технологий, в основе которых лежат логистика и управление процессами на основе моделей и четко формализованных методик [1]. Ограниченный рынок пассажирских перевозок приводит к усилению конкурентной борьбы между видами транспорта на отдельных маршрутах, что стимулирует перевозчиков к разработке и развитию новых направлений бизнеса и транспортных услуг.

Основными направлениями инновационной деятельности ОАО "РЖД", связанной с развитием дальних пассажирских перевозок, на сегодняшний момент являются: развитие скоростного и высокоскоростного движения, обновление тягового и нетягового подвижного состава, развитие мультимодальных перевозок.

Мультимодальные перевозки выступают одним из главных условий создания эффективных городских транспортных систем в агломерациях, поскольку способствуют рациональному распределению пассажиропотоков по видам транспорта [2]. Это справедливо и для маршрутов дальнего следования, где кооперация видов транспорта может не только увеличить интенсивность использования транспортных средств, но и сократить время пассажира в пути.

Основной задачей организации мультимодальных перевозок является максимальное удовлетворение спроса населения на транспортные услуги при максимально эффективном использовании подвижного состава.

Для решения указанной задачи необходимо в первую очередь формализовать процесс планирования пассажирских перевозок, который заключается в определении на перспективу объемов перевозок и потребностей в технических средствах для их освоения. Главный критерий в выборе рационального варианта – показатели качества перевозок. Информационное обеспечение системы планирования, реализованное на базе АСУ-Л, включает данные об объемах перевозок, использовании вагонов пассажирского парка, структуре реализованного спроса по категориям поездов и типам вагонов, динамике эксплуатационных показателей по дорогам и направлениям сети, а также принятие управленческих решений в области назначения и отмены вагонов беспересадочных сообщений, прицепных вагонов, организации мультимодальных перевозок.

Для повышения конкурентоспособности железных дорог при осуществлении пассажирских перевозок необходимо использовать маркетинговые принципы для активации неценовых форм конкуренции и формирования устойчивых потребительских предпочтений независимо от тарифной политики.

Для более эффективного решения задачи организации мультимодальных перевозок может быть использована типизация линий в зависимости от особенностей организации пассажирского движения.

В результате анализа особенностей инфраструктуры и эксплуатации железнодорожных линий для принятия управленческих решений в области назначения и отмены пассажирских поездов различных категорий, вагонов беспересадочных сообщений, прицепных вагонов, организации мультимодальных перевозок предлагается дифференцировать линии на 5 категорий.

Для повышения эффективности принятия управленческих решений в области назначения и отмены пассажирских поездов различных категорий, вагонов беспересадочных сообщений, прицепных вагонов, организации мультимодальных перевозок предлагается дифференцировать линии на 5 категорий. Линии 1-й категории – двухпутные линии, с высоким использованием пропускной способности, по которым организовано движение высокоскоростных, скоростных, скорых и пассажирских дальних пассажирских поездов с минимальным количеством остановок, в среднем одна остановка на 100 км участка. Обычно это инфраструктурно развитые двухпутные участки с мощным пассажиропотоком, где организовано движение высокоскоростных и дальних пассажирских поездов, а также интенсивное пригородное движение. На таких участках, учитывая высокую загруженность и большой пассажиропоток, между станциями назначения и отправления скоростные и дальние поезда имеют минимальное количество остановок в пути следования или вовсе их не имеют. Участки характеризуются образованием основного пассажиропотока между станциями назначения и прибытия поезда.

Линии 2-й категории – линии, проходящие по субъектам Российской Федерации, где имеется, но не обеспечена в полной мере потребность населения в транспортном обслуживании местными и пригородными поездами, в результате чего пассажирские поезда, курсирующие по данным линиям, выполняют роль обслуживания населения и имеют множество промежуточных остановок для посадки-высадки пассажиров. К участкам линий 2-й категории можно отнести однопутные участки со средней интенсивностью грузового и пассажирского движения, включающие станции с устойчиво высоким пассажирообразованием и находящиеся в густонаселенных районах. С одной стороны, такие участки сопровождается сеть автодорог, что делает организацию движения пригородных поездов нерентабельной, с другой – автотранспорт, не обеспечивая до конца потребность населения в пригородном обслуживании, вынуждает поезда дальнего сообщения выполнять эту функцию путем

назначения множества промежуточных остановок для посадки-высадки пассажиров. Для транспортного обслуживания таких регионов могут быть использованы прицепные вагоны или вагоны беспересадочного сообщения.

Линии 3-й категории – смешанные линии (двухпутные линии, однопутные линии с двухпутными вставками), на которых имеется большое количество промежуточных остановочных пунктов и не-большой пассажиропоток. Это участки, на которых может быть проведена оптимизация маршрутной сети. Вместо отмененных поездов, прицепных или беспересадочных вагонов можно организовать мультимодальные перевозки.

Линии 4-й категории – линии, на которых мультимодальные пассажирские перевозки могут использоваться в течение года на постоянной основе. В этом варианте железнодорожный транспорт, как обладающий максимальной провозной способностью, будет выполнять основную часть маршрута, а автотранспорт – подвозящую функцию «последней мили».

Линии 5-й категории – линии, на которых могут быть организованы сезонные мультимодальные перевозки: летом – к местам отпуска на море, зимние перевозки – к горнолыжным курортам.

Пассажирские перевозки напрямую влияют на полноту реализации экономических связей внутри страны и за ее пределами, а также на возможность перемещения всех социальных слоев населения для удовлетворения производственных и личных потребностей [3]. Организация мультимодальной перевозки пассажиров направлена на сокращение оттока пассажиров на другие виды транспорта, позволяя значительно повысить качество и комфорт перевозки.

В настоящее время имеет место тенденция сокращения числа беспересадочных маршрутов. Сокращение числа беспересадочных вагонов связано с увеличивающимся конкурентным влиянием со стороны авиакомпаний и автотранспорта. Соответственно возникает необходимость решения проблемы сохранения доли пассажирских перевозок. Эту проблему можно решить либо развитием беспересадочных сообщений, либо переходом к мультимодальным перевозкам с условием согласования времени пересадки.

В современных условиях система организации перевозок должна быть адаптирована к новым принципам управления пассажирским комплексом – клиентоориентированным подходам к освоению спроса, развитию конкурентных преимуществ железнодорожного транспорта, расширению транспортной доступности для населения за счёт регулярного движения между регионами Российской Федерации. Требуется разработать критерии ввода в обращение мультимодальных маршрутов, порядок оценки эксплуатационной работы подвижного состава. Новые технологические решения должны базироваться на использовании современных информационных технологий, обеспечивающих , курсирующим на инфраструктуре ОАО «РЖД».

#### Список литературы

1 Лapidус, Б. М. Опережающее развитие железнодорожного транспорта – выбор времени / Б. М. Лapidус // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 5–6. – С. 1–16.

2 Вакулeнко, С. П. Мультимодальные пассажирские перевозки с участием АО «ФПК» / С. П. Вакулeнко, Е. В. Копылова, Е. Б. Куликова, А. В. Колин. – М. : МГУПС(МИИТ), 2015.– 100 с.

3 Малахова, Т. А. Анализ развития системы организации пассажирских перевозок в вагонах беспересадочного сообщения / Е. А. Макарова, Н. В. Ершиков, Т. А. Малахова // Бюллетень результатов научных исследований. – 2018. – № 3. – С. 49–61

УДК 656.224/.225

### ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК

*В. В. КОТИК, Н. В. ГРИЦЕНКО, В. Г. ЯКОВЕНКО*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

В настоящее время теоретические и практические основы решения поставленной проблемы на железнодорожном транспорте разработаны не в полной мере. Следует признать, что состояние и работа отрасли анализируется, но, как правило, за год-два, в крайнем случае за пять лет, при этом показатели рассматриваются односторонне, без учета их взаимозависимости и влияния на них тру-

довых, производственных и социальных ресурсов в различных условиях развития отрасли. Вопрос об определении тенденции развития анализируемых показателей, об установлении уровня социального развития с помощью экономико-математических методов на основе принятия решения о выборе наилучшего варианта безопасности пассажирских перевозок с целью получения наибольшей прибыли для отрасли при эффективном использовании имеющихся социальных ресурсов, остаются открытыми, таким образом, исследование считается актуальным.

Постановка задачи, таким образом, предполагает: изучение состояния и работы железнодорожного транспорта, определение его социально-экономического развития, а также установление направления и уровня социально-экономического развития отрасли на перспективу.

Цель исследования состоит в обосновании методологических подходов и концептуальных основ по усовершенствованию действующей системы планирования и государственного регулирования, необходимой для формирования и реализации социально-экономической модели развития железнодорожного транспорта страны в контексте усовершенствования механизмов государственного регулирования производственной инфраструктуры, ключевой составляющей которой является железнодорожный транспорт.

Объектом исследования являются социальные и экономические процессы, которые происходят в отрасли в ее экономической трансформации, пассажирском транспорте железных дорог.

В современных условиях общество претерпевает коренные преобразования. Происходит становление новой экономической системы, изменяются экономические отношения в обществе. В этих условиях значительно возрастает роль рационального управления экономическими процессами. Поэтому необходимо выработать научные представления о будущей модели государственного контроля и регулирования экономических процессов, с научных позиций оценить социально-экономические изменения, происходящие в обществе, и вскрыть основы социально-экономической политики и социально-экономических действий, которые будут направлены на укрепление и развитие транспортной системы Украины и безопасности пассажирских перевозок.

В условиях начинающегося экономического роста основными критериями для эффективной работы железнодорожного транспорта становятся: снижение собственных затрат, способность удовлетворять растущие потребности пользователей в качестве услуг и возможность гибко реагировать на изменение этого спроса.

Комплексный анализ состояния железнодорожного транспорта Украины и возможных тенденций его развития показал, что, несмотря на его стабильную работу, имеется ряд серьезных проблем, одна из которых – низкая эффективность государственного регулирования железных дорог.

Все большее значение приобретает еще одна сторона роли социально-экономического моделирования, которая направлена на коренное изменение. Тем самым изменяются теоретические основы социально-экономических наук, методы оценки эффективности управленческих систем и государственного регулирования экономики прогнозирования, планирования и управления ценами на продукцию и транспортные услуги.

Развитие науки в области социально-экономических преобразований имеет многовековую историю. В ней сформировался ряд направлений, множество школ. Современный этап развития социально-экономических отношений в обществе является исключительно ответственным. Наука осмысливает опыт социально-экономического развития общества. Но, в свете мирового опыта, очевидно, что попытки рассматривать социально-экономическое значение общества как средство комментирования какого-либо направления, школы неизбежно ведет к потере научности. Развитие социально-экономической науки на новом этапе требует теоретического обоснования с целью создания нового научного подхода. В этом видится одна из основных целей разработки данного научного исследования.

Поскольку экономика представляет собой сложную сферу экономических отношений людей, это означает, что ее теоретический подход представляет наличие нескольких направлений в исследовании экономики с целью всестороннего изучения внутренней структуры, форм движения и функционирования социально-экономической системы для формирования программы развития экономики железнодорожного транспорта и государства.

Следовательно, данное направление исследования должно дать целостное изучение основных подходов к проблеме взаимодействия социально-экономических и административных регуляторов и их использование на разных уровнях управления народным хозяйством Украины. Это предполагает, что две основные задачи науки состоят в выявлении принципов социально-экономической системы и реальной социально-экономической структуры управления.

Экономическое развитие общества неизбежно связано с переходами экономики из одного состояния в другое. Общим для всех переходных экономических отношений и состояний экономики является и то, что на период перехода они соединяют в себе некоторые черты и свойства прежних и новых экономических отношений. Эти переходы могут носить локальный и всеобщий характер. Локальные – изменение формы собственности предприятий, новые формы доходов, изменения отношений между людьми по поводу собственности и т.д. Всеобщие – это те, которые характеризуют переход всей социально-экономической системы в новое качество, когда преобразуются основные свойства и исходные отношения системы или формируется новая социально-экономическая система вместо старой.

Необходимость формирования новой социально-экономической системы в отраслях народного хозяйства и Украине в целом обусловлена переходным периодом и необходимостью рационального управления экономическими процессами.

Транспорт является особой отраслью производства, в которой наряду с экономическими затратами важное значение имеют финансовые эффекты не только с точки зрения улучшения экономических результатов работы отрасли, но и влияние транспортной составляющей на всю народно-хозяйственную продукцию, которая подлежит доставке к месту ее потребления.

Резкое падение объемов перевозок при сохранении практически неизменными инфраструктуры и контингента работающих, усиление в условиях рынка конкуренции со стороны других видов транспорта привело к напряженному финансово-экономическому положению железнодорожного транспорта Украины. В этой ситуации необходимо выработать стратегию развития отрасли на ближайшие несколько лет и на перспективу. Разработанная стратегия развития железнодорожного транспорта Украины предполагает решение следующих задач:

- выявление экономической сущности действующей системы государственного регулирования железнодорожного транспорта с учетом его социальных и экономических функций в обществе;

- определение роли и места государственного регулирования социально-экономических процессов на основе рыночного отношения как фактора ускорения развития экономики;

- выявление объективных тенденций изменения социально-экономических показателей для изучения экономической конъюнктуры отрасли, которая формируется под влиянием разнообразных факторов как внешних, так и внутренних;

- обобщение опыта эффективного использования социально-экономического потенциала отрасли в обеспечении долгосрочного развития экономики Украины;

- обоснование путей и механизмов активного использования социальных ресурсов в повышении конкурентоспособности отрасли;

- раскрытие особенности действия механизма государственного регулирования отрасли и разработка основных направлений их усовершенствования;

- обоснована и предложена концепция развития железнодорожного транспорта с учетом дифференцированных особенностей регионов.

УДК 656.224:629.4

## **РИСКИ НЕСООТВЕТСТВИЯ НАЛИЧНОГО ПАРКА ВАГОНОВ ЛОКОМОТИВНОЙ ТЯГИ ПОТРЕБНЫМ ОБЪЕМАМ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*В. Г. КУЗНЕЦОВ, А. А. ЕРОФЕЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,*

*А. А. ЗАХАРЕВИЧ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Для обеспечения потребного объема перевозок пассажиров в международном и межрегиональном сообщениях Белорусская железная дорога использует парк пассажирских вагонов локомотивной тяги (ПВЛТ) и моторвагонный подвижной состав (МВПС). Обновление пассажирского подвижного состава осуществляется в соответствии с решениями, принятыми в Подпрограмме «Развитие железнодорожного транспорта Республики Беларусь» Государственной программы развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы; Концепции развития перевозок пассажиров до 2020 года; Программе развития перевозок пассажиров железнодорожным транспортом до 2020 года.

Программа обновления подвижного состава на Белорусской железной дороге разработана с учетом социально-экономических условий организации международных и внутригосударственных пассажирских перевозок, а также обеспечения экономической эффективности Белорусской железной дороги: снижение совокупных издержек и достижение положительной рентабельности.

Обеспечение пассажирских перевозок подвижным составом осуществляется с учетом системных тенденций:

- расширение использования комфортабельного МВПС в межрегиональном сообщении бизнес-класса и поэтапный вывод из эксплуатации пассажирских вагонов локомотивной тяги;
- увеличение доли пассажирских поездов, курсирующих в дневное время суток, и уменьшение размеров движения поездов, курсирующих в ночное время, в межрегиональном сообщении;
- повышение скоростей движения поездов, курсирующих в межрегиональном сообщении;
- использование комфортабельных ПВЛТ и МВПС для перевозки пассажиров;
- минимизация количества беспересадочных вагонов в международном сообщении.

Организация регулярного движения пассажирских поездов межрегионального сообщения на МВПС на востребованных маршрутных направлениях Минск – Гомель, Минск – Брест, Минск – Гродно и других позволило увеличить пассажиропоток на указанных направлениях на 10–20 %, увеличить наполненность поездов до 70–80 %, возмещение расходов доходами в 2–3 раза по сравнению с поездами на ПВЛТ. Объем перевозок в 2018 году в поездах на МВПС достиг 14,7 % от общего объема межрегиональных перевозок. В результате замены 5 поездов межрегионального сообщения, сформированных из ПВЛТ, на МВПС высвобождено 65 пассажирских вагонов локомотивной тяги. В дальнейшем предусмотрено приобретение 6 составов ДПм-6 и 10 составов ЭПм-5, что позволит высвободить устаревший парк ПВЛТ и предложить пассажирам современный пакет услуг и быструю доставку к месту назначения.

В настоящее время для организации пассажирских перевозок в международном и межрегиональном сообщениях на Белорусской железной дороге используется парк ПВЛТ в количестве 1233 вагона. Общий парк пассажирских вагонов имеет существенную тенденцию снижения в период с 2005 года по 2018 год: абсолютное снижение – 358 вагонов, относительное – 21 %. Темп годового снижения составляет 1,6 %. Темп снижения парка вагонов в целом соответствует темпу снижения объемов перевозок в международном и межрегиональном сообщениях, что не увеличивает риски снижения потенциала перевозочных средств. Несмотря на общую тенденцию уменьшения с 2013 года количества перевезенных пассажиров железнодорожным транспортом с годовым темпом снижения 4,8 %, в течение последних двух лет снижение значительно замедлилось и составило менее 1 % в год. Поэтому увеличивается риск несоответствия наличного и потребного парков ПВЛТ. Обновление парка вагонов за последние 5 лет составило 2,4 %, что является наименьшим темпом обновления за период жизненного цикла вагонов.

В структуре парка вагонов локомотивной тяги на 2019 год в основном два типа вагонов: 52,7 % плацкартных (общих) вагонов, 35,7 % – купейных вагонов. Такая узкая типизация отражает потребности пассажиров в перевозках и уровень запрашиваемых услуг.

Анализ технического состояния ПВЛТ указывает на старение парка за последние пять лет с 25,2 до 26,4 лет. В структуре общего парка ПВЛТ вагоны со сроком службы до 25 лет занимают 28 %. Существующий темп обновления парка ПВЛТ составляет менее 1 % в год от среднего парка эксплуатируемого на Белорусской железной дороге при потребной величине среднегодового обновления: по назначенному сроку службы – 4,5 %, по продленному сроку службы – 2,5 %. Износ вагонов ПВЛТ от назначенного срока службы составляет 94 %, а с учетом продления срока службы – 56,7 %.

Истечение назначенного срока службы вагонов и выбытие их из международного сообщения приводит к дефициту перевозочных ресурсов для обеспечения таких перевозок. В отдельные периоды увеличения пассажиропотока дефицит ПВЛТ для формирования максимальных схем составов поездов составляет более 100 вагонов, что вызывает потери в международных перевозках и недополучению доходов от экспорта услуг.

При обновлении ПВЛТ необходимо учитывать основные риски:

- использование устаревших типов вагонов, несоответствующих запросам пассажиров;
- эксплуатация вагонов с предельным сроком службы и ограничения полигона их обращения;
- несоответствие темпов обновления подвижного состава и темпов старения;
- увеличение затрат на ремонт и обслуживание устаревшего ПВЛТ.

Белорусская железная дорога как национальный пассажирский перевозчик решает задачу обновления ПВЛТ на основе долгосрочного инвестиционного сценария путем приобретения нового подвижного состава в соответствии с потребностями пассажирских перевозок, а также продления срока службы и модернизации существующего парка за счет серии капитальных ремонтов пассажирских вагонов (это позволит снизить инвестиционную нагрузку).

Использование ПВЛТ в перспективе планируется в международном сообщении, а также для ночных поездов межрегионального сообщения. В связи с этим потребность в пассажирских вагонах будет с течением времени сокращаться. При приобретении пассажирских вагонов необходимо ориентироваться на новые типы вагонов, которые имеют современные типы конструкции и обустройства, срок службы вагонов не менее 40 лет, обеспечивают конструкционную скорость до 160 км/ч, увеличенное время наработки на отказ.

В программе обновления ПВЛТ на железной дороге применяются два подхода в зависимости от вида пассажирских перевозок: международное и межрегиональное.

В международном сообщении обновление парка ПВЛТ предлагается осуществлять на основе обеспечения баланса вагонов с учетом существующих процессов выбывания и приобретения вагонов, а также спроса на перевозки по отдельным маршрутным назначениям. Прогнозная оценка потребности обновления парка ПВЛТ показывает, что при сохранении объемов международных перевозок на перспективу требуется около 700 вагонов. При этом существующий дефицит (более 100 вагонов) в дальнейшем может увеличиваться вследствие выбывания вагонов по назначенному сроку и в 2025 году может достичь – 200 вагонов. Таким образом, для формирования оптимальной величины парка ПВЛТ в целях обеспечения международных пассажирских перевозок требуется поэтапное обновление подвижного состава с включением в государственную программу развития железнодорожного транспорта как важного условия выполнения социальных запросов общества. При этом около 30 % дефицита ПВЛТ в международном сообщении может быть обеспечено за счет проведения КВР с продлением срока службы вагонов, а оставшаяся часть – за счет закупки новых вагонов (обновление к 2025 году составит более 8 % от общего парка вагонов).

В межрегиональном сообщении использование парка ПВЛТ вагонов целесообразно осуществлять с учетом обновления парка МВПС и срока службы ПВЛТ, занятого в межрегиональном сообщении. Организация обращения поездов межрегионального сообщения бизнес-класса на МВПС позволяет высвободить около 120 вагонов ПВЛТ. Обслуживание поездов межрегионального сообщения эконом-класса предполагается осуществлять ПВЛТ до окончания их срока службы исходя из их технического состояния. С учетом использования вагонов, выбывших из международного сообщения, профицит ПВЛТ в межрегиональном сообщении составит в 2022 году около 200 вагонов. При выбытии вагонов по сроку службы оставшегося парка ПВЛТ будет достаточно для обеспечения потребных перевозок в межрегиональном сообщении эконом-класса без закупки нового подвижного состава в течение 10 лет.

УДК 656.2.022.846

## **РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ МИРОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПАССАЖИРСКОГО СООБЩЕНИЯ**

*Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В 1964 году XX века впервые в мире в Японии была реализована идея высокоскоростного железнодорожного сообщения между городами Токио и Осака с последующей сдачей в эксплуатацию высокоскоростной магистрали Токайдо протяженностью 516 км, где максимальная скорость движения составила 210 км/ч, а время нахождения в пути следования – 3 часа 10 мин.

В 1976 г. XX века в Европе общество железных дорог Франции (SNCF) приступило к строительству высокоскоростной магистрали Париж – Лион, а в сентябре 1981 г. на этой линии введен в эксплуатацию высокоскоростной поезд TGV, развивавшего скорость до 270 км/ч, что позволило установить взаимосвязи Парижа с юго-восточными районами Франции.



Следует выделить опыт Германии по организации высокоскоростного движения, которая была первой страной в Европе, где начиная с 1965 г., существовало движение обычных поездов со скоростью 200 км/ч между Мюнхеном и Аугсбургом. Особенностью эксплуатации этих поездов является то, что их движение осуществлялось по старой инфраструктуре, полностью отремонтированной и подготовленной для развития таких скоростей. Однако, как было установлено немецкими специалистами, достижение более высоких скоростей возможно только при наличии специальной инфраструктуры и соответствующего подвижного состава, которым впоследствии стал экспериментальный поезд ICE V 1985 года выпуска. Эксплуатация первой системы высокоскоростного движения в Германии началась летом 1991 г. на сообщении класса «Intercity 6» Гамбург – Мюнхен через Франкфурт и Мангейм. Этот путь сообщения включает две новые линии: Ганновер – Вюртцбург и Мангейм – Штутгарт, где скорость составила 250 км/ч.

В этот период в США также было подготовлено около десятка проектов высокоскоростных магистралей (на Восточном побережье Атлантики между Бостоном и Вашингтоном, во Флориде (Орlando – Тампа), в Калифорнии (Лос-Анджелес – Сан-Франциско), в Техасе; на Среднем Западе и др.).

Таким образом, как видно из представленного анализа, работа по созданию высокоскоростных железнодорожных магистралей ведется практически на всех континентах, начиная с середины XX века. При этом развитие высокоскоростного железнодорожного движения за рубежом шло по трем направлениям (таблица 1).

Таблица 1 – Основные направления развития высокоскоростного железнодорожного сообщения за рубежом в XX в.

Страна	Направления
Великобритания, Германия, Испания	Совершенствование конструкции подвижного состава и усиление верхнего строения пути
Франция, Италия	Строительство скоростных линий, являющихся продолжением существующей железнодорожной сети
Япония, Китай	Строительство высокоскоростных магистралей, изолированных от имеющихся железнодорожных путей

В настоящее время проектирование и строительство высокоскоростных магистралей в мире приобретает все большие масштабы и их эксплуатация приносит железным дорогам значительные доходы, обеспечивает конкурентоспособность и быструю окупаемость капиталовложений с минимизацией антропогенного воздействия на флору и фауну. Современные высокоскоростные поезда развивают скорость от 350 до 400 км/ч, а при испытаниях – до 580 км/ч (Французской национальной железной дорогой в 2007 г. поставлен мировой рекорд – 575 км/ч на показательном пробеге между Парижем и Страсбургом). В начале XXI века мировым лидером в сети высокоскоростных линий, а также эксплуатации первого регулярного высокоскоростного маглева является Китай. В отличие от скоростного, для высокоскоростного движения используются, как правило, не реконструированные обычные, а специально построенные железнодорожные пути, общая протяжённость которых постоянно увеличивается. Благодаря скорости обслуживания и высокой скорости движения они иногда составляют конкуренцию не только автомобильному, но и воздушному транспорту, сохраняя при этом низкую себестоимость перевозок при большом объёме пассажиропотока. Так, сравнение общего времени поездки на различных видах транспорта показало, что до определенного расстояния общее время поездки на поезде будет меньше, чем на самолёте. Следовательно, определение приемлемых размеров движения как на железнодорожном, так и воздушном транспорте, позволит сэкономить значительное количество ресурсов, например топлива, и снизить антропогенное воздействие авиатранспорта на верхние слои атмосферы.

Таким образом, мировой опыт показал, что во второй половине XX века был сформирован высокоскоростной вид железнодорожного транспорта – один из самых безопасных, комфортабельных, экономически эффективных и экологически чистых видов транспорта, имеющего наилучшие показатели, характеризующие его регулярность в эксплуатации и обеспечивающего наименьшее время пребывания пассажиров в пути следования, тем самым снижая их транспортную усталость. Ретроспективный анализ также показал, что средняя продолжительность реализации проектов по разработке высокоскоростного движения в Японии, Германии, Франции, других странах составляет от 10 до 18 лет, и при этом создание новых высокоскоростных поездов обязательно требует изготовления опытных составов, а также предсерийных поездов, которые нигде в мире не использовались и не используются в коммерческой эксплуатации с пассажирами.

## Список литературы

- 1 Киселев, И. П. *Высокоскоростные железные дороги* / И. П. Киселев, Е. А. Сотников, В. С. Суходоев. – СПб. : ПГУПС, 2001. – 60 с.
- 2 Власюк, Т. А. *Пригородные пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте в Республике Беларусь (перспектива и развитие)* : [монография] / Т. А. Власюк, А. А. Михальченко. – Гомель : БелГУТ, – 2015. – 201 с.
- 3 Морозова, И. Н. *Скоростные железнодорожные магистрали* / И. Н. Морозова // Молодой ученый. – 2016. – № 5. – С. 51–54.
- 4 Киселев, И. П. *Экологические аспекты высокоскоростного железнодорожного транспорта* / И. П. Киселев, Т. С. Титова. – СПб. : ПГУПС, 2005. – 50 с.
- 5 Киселёв И. Я. *Основные тенденции развития высокоскоростного подвижного состава Японии* / И. Я. Киселев // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : сб. статей. – СПб. : ПГУПС, 2005. – С. 16–27.

УДК 656.224/.225:811.161.1

### **ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО ДЛЯ ГРАЖДАН КНР ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК»**

*Н. В. КУЛАЖЕНКО, Н. А. ЛЮБОЧКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Организация учебного процесса в Белорусском государственном университете транспорта (БелГУТ) имеет свои особенности, связанные с профессиональной направленностью обучения иностранных учащихся.

С 2017 года в университете активно развивается международное сотрудничество БелГУТа и Гуанчжоуского профессионально-технического колледжа железнодорожного транспорта, основной целью которого является подготовка специалистов в области организации перевозок на железнодорожном транспорте. В течение нескольких лет была проведена большая организационная и методическая работа по данному направлению.

В рамках проекта руководством университета и факультета иностранных студентов поставлены следующие задачи:

- создание условий для реализации совместных учебных программ;
- координация работы профессорско-преподавательского состава;
- совместный контроль за текущей и академической успеваемостью;
- получение высшего образования по специальности «Организация перевозок на железнодорожном транспорте» в Белорусском государственном университете транспорта;
- развитие и укрепление деловых, партнёрских отношений.

С 2020 года планируется организовать обучение русскому языку в Китае в провинции Гуандун в Гуанчжоуском профессионально-техническом колледже железнодорожного транспорта, которое сформирует навыки говорения, чтения, письма на русском языке. Следующий этап обучения будет проходить на базе нашего университета и ставит своей целью овладение языком специальности (формирование навыков использования терминологической лексики, активизацию правильной профессиональной речи и использование её в решении профессиональных задач).

Выполнение договорных отношений в рамках сотрудничества способствовало организации «Летней школы русского языка – 2019» для иностранных граждан. Работа школы проходила в период с 31 июля по 12 августа. Было сформировано две группы обучающихся, которые в процессе подготовки смогли пройти не только курс элементарного уровня владения русским языком как иностранным, но и ускоренный курс освоения профессиональной лексики.

Основными целями курса являлись:

- формирование коммуникативных компетенций в социально-бытовой, социально-культурной и учебно-профессиональной сферах;
- ознакомление с нормами речевого этикета;
- ознакомление с историко-культурными ценностями и промышленным потенциалом Республики Беларусь;
- мотивация к продолжению обучения по основным специальностям на русском языке.

Преподавателями РКИ кафедры «Славянские и романо-германские языки» был разработан ряд методических проектов, выработаны конкретные приёмы обучения, позволяющие ускорить процесс учебной коммуникации, с погружением в культурно-речевую среду и интенсивным обучением языку. Интенсивность учебного процесса обеспечивалась как использованием традиционных приёмов обучения (дидактический и наглядный материал, методические пособия), так и внедрением информационно-коммуникативных технологий.

Работа была организована в несколько этапов и включала в себя работу в классе, посещение лабораторий, связанных с профессиональной деятельностью учащихся, тематические экскурсии.

Основным техническим средством обучения на уроке являлась интерактивная доска, что позволило неоднократно прослушивать материал, отрабатывать фонетические навыки, повторять интонационные конструкции, конструировать диалоги, а также осваивать разделы грамматики на материале лексико-тематических групп и синтаксических конструкций. Использование информационных технологий на занятиях дало преподавателю возможность оказывать на студентов зрительное и слуховое воздействие, формировать речевые навыки, ускорять процесс усвоения терминологической лексики и практического овладения профессиональной речью.

Обучение практическому овладению языком специальности предполагало также показ тематических презентаций, видеофильмов, учебные экскурсии (посещение научных лабораторий, ведущих транспортных предприятий г. Гомеля, локомотивного депо, пассажирскую станцию Гомель, вокзальный комплекс); внеаудиторные лингвострановедческие мероприятия (посещение музея военной славы, дворцово-паркового ансамбля, областной библиотеки, знакомство с центральными улицами города и историко-культурными объектами) и организацию круглых столов (подведение итогов работы школы, встреча с руководством университета и ведущими преподавателями, вручение сертификатов об окончании летней школы и свидетельств о прохождении курсов русского языка).

В результате занятия в аудитории с использованием мультимедийного комплекса позволяли комбинировать несколько информационных сред (графика, текст, фотографии, видео, звуковые эффекты), а внеаудиторная работа обеспечивала ускорение межкультурной коммуникации.

Таким образом, эффективность и результативность работы международного проекта зависит от многих факторов: чёткой организации и тщательной подготовки проектного сотрудничества; использование педагогических технологий, новизны содержания учебно-воспитательного процесса.

УДК 656.224

## **ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УЛУЧШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*Т. С. МЕЛЬНИК*

*АО «Украинская железная дорога», г. Киев*

Оценка эффективности транспортных систем и инвестиционных проектов в сфере транспорта в целом и его пассажирском секторе, в частности, является достаточно сложной задачей, требующей комплексного подхода и связанная с определением различных видов эффектов от организации движения, среди которых наивысшую значимость имеет социально-экономический эффект. В отличие от экономической эффективности, большинство показателей социальной эффективности не подлежит числовому измерению, что усложняет процесс оценивания общей эффективности. И хотя сегодня украинские ученые и практики осознали необходимость выделения транспортных и вне-транспортных эффектов, виды проявлений последнего, методы его оценки (прогнозирования) требуют дополнительных исследований и усовершенствований.

Оценку социально-экономической эффективности транспортных систем принято проводить на основе анализа «затраты – выгоды». Заметим, что в существующих методиках такого анализа [3, с. 4; 5, с. 4–6; 6, с. 21–23] рассматриваются затраты прямые и косвенные. С нашей точки зрения, изучению и анализу подлежат также сопутствующие затраты, поскольку они накладывают существенные ограничения на проекты и мероприятия, имеющие социальное или общественное значение. В связи с этим предлагаем следующую классификацию затрат:

– основные, непосредственно связанные с проектом (мероприятием). Такие расходы несет хозяйство, внедряющее проект (мероприятие);

– дополнительные, вызванные необходимостью изменений в условиях эксплуатации или использования после реализации проекта (проведения мероприятия). Данные затраты касаются как хозяйства-собственника объектов, являющихся целью проекта (мероприятия), так и хозяйства, действовавшие в обслуживании этих объектов;

– смежные, которые необходимо понести для обеспечения нормальных условий для эксплуатации или использования объекта после внедрения проекта (проведения мероприятия). Эти расходы несет хозяйства, которые обеспечивают условия для надлежащего функционирования объектов, являющихся целью проекта (мероприятия) [4, с. 169].

В свою очередь выгоды, ожидаемые от реализации проекта (мероприятия), могут быть: бюджетными (дополнительные бюджетные поступления), финансовыми (дополнительная прибыль), экологическими, или природоохранными (снижение негативного влияния на окружающую среду), выгодами повышения безопасности и снижения аварийности, потребительскими (удовлетворение потребности населения в транспортировке), логистическими (улучшение организации перевозок) и кластерными (сопутствующие выгоды отдельных клиентских кластеров).

Расчеты транспортного и внутранспортного эффектов как составляющих социально-экономического эффекта требуют разработки методов их многокритериальной оценки. Однако очевидно, что предусмотреть все проявления внутранспортного эффекта практически невозможно, но даже ориентировочные расчеты дают представление о целесообразности или нецелесообразности проектов, их дополнительных выгодах или проигрышах, показывают обоснованность мероприятий и нововведений.

Внутранспортный эффект целесообразно учитывать при рассмотрении инвестиционных проектов, сравнении конкурирующих видов транспорта, обосновании механизма государственного регулирования рынка пассажирских перевозок. Действующие методики расчета эффективности инвестиционных проектов и обоснования их рациональности исключают возможность конкурентной борьбы по критерию бюджетной (государственной, региональной, районной, муниципальной) эффективности. Однако, с нашей точки зрения, общественная эффективность должна выступать определяющим критерием приемлемости и полезности каких-либо инвестиционных программ и проектов, отображающим как текущие выгоды, так и последствия их реализации, причем не только для участников транспортного движения, но и для населения, а также для всего народнохозяйственного комплекса страны. Уместность данной точки зрения подтверждается, в частности, требованиями к обоснованию районных и муниципальных целевых программ зарубежных стран, в которых расчет внутранспортного эффекта является обязательным и в которых прописано, что этот эффект отображает влияние модернизации и развития транспортной сети на социально-экономическое развитие и экологию страны.

Поскольку внутранспортный эффект носит мультипликативный характер, его величина намного больше транспортного эффекта. Соответственно, инвестиции и вложения в развитие какого-либо вида транспорта общего пользования оказывает существенное влияние на макроэкономические показатели, валовый внутренний продукт (ВВП) и темпы роста экономики страны.

Общепринятыми показателями, по которым можно судить о наличии внутранспортного эффекта, выступают: повышение безопасности движения и безаварийности на транспорте; улучшение транспортного обслуживания населения и предприятий; улучшение условий и качества жизни населения; активизация экономической деятельности; благоприятствование освоению новых территорий и ресурсов, расширение рынков сбыта продукции и т.п. (включая повышение уровня занятости); снижение негативного влияния на окружающую среду, сокращение затрат на нетранспортных (смежных) предприятиях (включая уменьшение транспортной составляющей в цене товаров и услуг нетранспортных предприятий) [1; 2; 7; 8; др.].

Составляющие внутранспортного эффекта от развития и улучшения организации железнодорожных пассажирских перевозок будут аналогичными, однако их состав зависит от типа проекта или внедряемых мероприятий.

Изучение сущности и составляющих внутранспортного эффекта позволяет в дополнение к существующей его структуре предложить выделение таких видов этого эффекта:

– внутранспортный социально-экономический, который проявляется в социально-экономической жизни общества;

– внутранспортный национальный, возникающий в разных отраслях национальной экономики, кроме транспортной сферы;

- бюджетный, который сводится к увеличению налоговых поступлений или сокращению расходов на бюджеты разных уровней;
- общетранспортный, образующийся при взаимодействии или при сравнении конкурирующих видов транспорта.

При этом основным компонентом внутранспортного эффекта, с нашей точки зрения, является прирост ВВП, отображающий рост производства на предприятиях железнодорожного транспорта и смежных отраслей, а также повышение подвижности населения, мобильности товаров других отраслей национальной экономики, увеличение инвестиций в экономику региона (страны), повышение уровня социально-экономического развития, развития транспортной сети и прочие позитивные факторы, которые благоприятствуют лояльному отношению населения к определенному виду транспорта и улучшению его имиджа, являющегося составным элементом потребительской стоимости услуг транспортного предприятия.

Рассмотрение дополнительного эффекта от развития (улучшения организации) пассажирских перевозок позволяет увидеть, что все составляющие общественного эффекта (социальный, экологический, эргономический эффекты, снижение аварийности и повышение безопасности перевозок) одновременно являются составляющими либо же прямо или косвенно влияют на величину национально-экономического эффекта; при этом последний образуется за счет увеличения доходов или экономии средств бюджетов разных уровней.

В связи с этим предлагаем ввести понятие неразложенного (нераспределенного) эффекта, часть которого получает транспортное предприятие (в виде хозяйственного эффекта), другую часть – предприятия прочих отраслей экономики страны (национально-экономический эффект) и еще одну часть – население или общество (общественный эффект). Такое разделение эффекта, полученного от развития и улучшения организации железнодорожных пассажирских перевозок, дает возможность более четко размежевать понятия внутранспортного и национально-экономического эффектов, а также уяснить, что последний включает не только экономические эффекты и выгоды, но и социальные и экологические последствия, имеющие значимость, выходящую за рамки транспортных отраслей. Таким образом, национально-экономический эффект является частью внутранспортного, а социально-экономический может входить в состав какой-либо из трех выделенных частей общего неразложенного эффекта.

**Выводы.** Внутранспортный эффект, возникая в других отраслях, кроме транспортной, имеет общегосударственное значение с необязательной экономической компонентой во всех его составляющих. Однако главным его проявлением выступает возможность повысить уровень ВВП отдельных районов, регионов и страны в целом. Рассмотрение дополнительного национально-экономического эффекта от развития и улучшения организации пассажирских перевозок позволяет увидеть, что все составляющие общественного эффекта одновременно являются составляющими либо влияют, прямо или опосредованно, на величину национально-экономического эффекта, поэтому данный вид эффекта должен выступать одним из критериальных признаков качества организации пассажирских перевозок. Разделение расходов на основные, дополнительные и смежные и введение понятия нераспределенного эффекта позволяет развить существующую методическую базу оценивания эффективности мероприятий по развитию транспортных систем.

#### Список литературы

- 1 Бакалінський, О. Узгодження інтересів суспільства та пасажирів у контексті сталого розвитку залізниць України / О. Бакалінський, З. Дзуліт // Вісник ТНТЕУ. – 2014. – № 4. – С. 32–38.
- 2 Гасилов, В. В. Количественная оценка инвестиционного проекта создания или реконструкции объекта транспортной инфраструктуры / В. В. Гасилов, М. А. Карпович // Вестник ВГУИТ. – 2014. – № 1. – С. 262–266.
- 3 Куренков, П. В. Оценка социально-экономического эффекта развития регулярного контейнерного сообщения / П. В. Куренков, М. В. Кизимиров // Транспорт: наука, техника, управление. Научно-информационный сборник. – М. : Институт проблем транспорта и логистики ВИНТИ РАН. – 2016. – № 3. – С. 3–13.
- 4 Мельник, Т. С. Методичні засади оцінювання небезпечних ситуацій на залізничному транспорті України / Т. С. Мельник, О. В. Христофор // Проблеми економіки та управління на залізничному транспорті : матеріали XII Міжнар. наук.-практ. конф., 17–19 травня 2017 року. – Харків : Харківська друкарня ПЗ. – 2017. – С. 167–170.
- 5 Методика расчета величины инвестиций и их эффективности в создание контейнерных терминалов и других объектов инфраструктуры, необходимых для реализации контейнерных перевозок на «Пространстве 1520». – М., 2012. – 17 с.
- 6 Обоснование инвестиций в организацию контейнерных перевозок на «Пространстве 1520». – М. : Ин-т проблем трансп. и логистики ВИНТИ РАН, 2012. – 518 с.
- 7 Орлов, В. А. Железнодорожный транспорт в системе общественного воспроизводства : [монография] / В. А. Орлов, А. В. Орлов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017.
- 8 Рачек, С. В. Системный анализ тенденций развития железнодорожного транспорта и формирование синергического эффекта в современных условиях / С. В. Рачек, Я. В. Хоменко // Экономические науки. – 2017. – № 02 (56). – С. 46–48.

## БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ОБЩЕЙ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*Т. С. МЕЛЬНИК, О. В. ХРИСТОФОР*  
*АО «Украинская железная дорога», г. Киев*

Значительные объемы транспортных перевозок и их рост во внутреннем и межгосударственном сообщении, существование угрозы совершения террористических актов, возрастание угрозы краж и усиление их частоты в последние годы, нередкие случаи контрабанды, незаконных перевозок запрещенных товаров (оружие, наркотические препараты), природные катаклизмы, старение подвижного состава и транспортной инфраструктуры – все это обуславливает высокую актуальность вопросов обеспечения безопасности железнодорожного и других видов транспорта, особенно пассажирского.

Создание транспортной безопасности как грузовых, так и пассажирских перевозок определяется качеством выполнения ряда задач, которые можно рассматривать как определяющие факторы уровня безопасности на транспорте (рисунок 1) и которые должны обеспечиваться при тесном взаимодействии силовых структур.



Рисунок 1 – Составляющие обеспечения безопасности на транспорте  
*Источник: сформировано авторами*

Оценка уровня транспортной безопасности базируется на определении возможностей ликвидации угроз техногенного, природного, социального или иного характера. На железнодорожном транспорте – главной составляющей транспортной системы Украины – задача транспортной безопасности решается органами государственной власти в зависимости от сферы ответственности при содействии соответствующих структурных подразделений АО «Укрзалізниця». Основное внимание уделяется обеспечению охраны грузов, соблюдение пропускного режима на важнейших объектах жизнеобеспечения железнодорожного транспорта, контролю в местах скопления пассажиров. Под особым вниманием находятся вокзальные комплексы и пассажирские поезда дальнего следования. Все предпринимаемые мероприятия проводятся с учетом результатов анализа криминальной обстановки на соответствующих маршрутах следования поездов.

В целях повышения антитеррористической безопасности проводится работа по техническому оснащению современными средствами наблюдения и контроля мест скопления пассажиров, что позволяет своевременно реагировать на нештатные ситуации в случае их возникновения. Однако общее обеспечение техническими средствами наблюдения, контроля и охраны остаются пока что недостаточными.

Касательно задачи создания технической безопасности следует отметить, что приоритетными вопросами тут остаются обеспечение безаварийности подвижного состава и его своевременное обновление, реконструкция железнодорожных путей, которая в настоящее время несколько активизировалась, повышение квалификации машинистов и путейцев – работа, которая проводится постоянно, усиление охраны железнодорожных объектов и др. В связи с этим нельзя не подчеркнуть еще раз, что общее техническое состояние железнодорожного транспорта настойчиво требует гораздо более активных мер: из 22 тыс. км железнодорожных путей 5,5 тыс. км находятся в критическом состоянии; тяговый подвижной состав изношен на 85 %; износ электропоездов составляет 78 %, дизельных поездов – 83 %, пассажирских вагонов – 88 %. По оценкам специалистов, если не предпринять срочных мер, то в ближайшие годы можно лишиться пассажирского сектора перевозок [1, с. 31]. Именно критическая изношенность железнодорожного подвижного состава является одним из основных факторов, угрожающих безопасности движения поездов.

Наряду с техническими факторами серьезную угрозу безопасности движения создают субъективные факторы. В соответствии с Криминальным правом Украины все нарушения, посягающие на безопасность движения или эксплуатации железнодорожного транспорта, можно объединить в пять групп: нарушения правил безопасности движения или эксплуатации железнодорожного транспорта; повреждение путей сообщения транспортных средств; блокирование транспортных коммуникаций; принуждение руководителя транспорта к невыполнению своих служебных обязанностей; самовольная, без крайней надобности остановка поезда.

Таким образом, создание и поддержание транспортной безопасности – задача комплексная и достаточно сложная. Возрастание ее важности в настоящее время можно связать с тем, что показатель безопасности относится к основным составляющим общей оценки конкурентоспособности того или иного вида транспорта.

Так, к факторам, определяющим привлекательность железнодорожного пассажирского транспорта, ученые единодушно отнесли: территориальную и перевозочную универсальность, надежность и регулярность перевозок, высокий уровень перевозочной мощности, высокий уровень безопасности движения, возможность автоматизации управления движением, высокую экологичность. Факторами, существенно снижающими конкурентоспособность железнодорожного пассажирского транспорта, ученые считают: низкую мобильность, наличие этапов пересадок на ряде маршрутов (число таких маршрутов за последние годы сильно возросло), неудовлетворительное состояние основных средств. Последний фактор, как указывалось нами выше, оказывает крайне негативное влияние на безопасность движения и на общую оценку конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

Имеет смысл напомнить, что в широком смысле конкурентоспособность товара или услуги – это их способность противостоять на рынке другим товарам и услугам. В более узком понимании под конкурентоспособностью следует рассматривать совокупность качественных и стоимостных характеристик товара или услуги, которые, с точки зрения потребителя, являются существенными и обеспечивают ожидаемое удовлетворение конкретных нужд на желаемом уровне.

Уровень конкурентоспособности товаров и услуг, в том числе на железнодорожном транспорте, и именно их мы будем рассматривать дальше, определяют такие группы параметров: нормативные,

технические (их также называют параметрами качества, что мы считаем корректным), экономические (или стоимостные) и организационные (также называются сервисными или маркетинговыми) [2, с. 25].

Что касается методов оценки конкурентоспособности услуг, то их существует несколько, однако каждый из методов предполагает сравнение оцениваемой услуги с базовой. В качестве базы для сравнения в разных случаях можно рассматривать: гипотетическую услугу, существующую только в сознании потребителя и удовлетворяющую его на 100 %; эталонную (идеальную) услугу, абсолютно соответствующую стандартам обслуживания и прочим квалификационным требованиям; услугу-образец, которая предлагается на рынке конкурентами, уже пользуется спросом и, соответственно, является в определенной степени приближенной к общим требованиям или требованиям того сегмента потребителей, на который рассчитана.

Очевидно, что, оценивая конкурентоспособность железнодорожного пассажирского транспорта на рынке транспортных услуг для населения, в качестве базы для сравнения в большинстве случаев целесообразно принимать конкурентный вид транспорта, причем наиболее сильный среди других конкурентов в рассматриваемом рыночном сегменте – это и будет услуга-образец. Если же давать общую оценку конкурентоспособности железнодорожного пассажирского транспорта, то базой для сравнения, по нашему мнению, должна выступать гипотетическая услуга, по всем характеристикам и составляющим конкурентоспособности идеально (на 100 %) соответствующая требованиям пассажиров.

Возвращаясь к вопросу оценки уровня безопасности на транспорте, с учетом вышеизложенного следует подчеркнуть, что железнодорожный пассажирский транспорт является наиболее безопасным только при сравнении с другими видами транспорта, и тогда он действительно может иметь почти наивысшую оценку. Если же руководствоваться вторым подходом к оценке конкурентоспособности и сравнивать услуги железнодорожного транспорта с гипотетической транспортной услугой, то результаты будут значительно более низкими. Мы поясняем это тем, что показатели безопасности относятся к группе нормативных параметров конкурентоспособности.

Группа нормативных параметров показывает, соответствует услуга стандартам, нормам, правилам, техническим требованиям и условиям, регламентирующим (на государственном, международном, отраслевом или региональном уровне) границы, из которых данный параметр не имеет права выходить. Например, пассажирский вагон, который не соответствует таким требованиям, не может быть передан в эксплуатацию. Поэтому единичный параметрический показатель, относящийся к нормативным параметрам, имеет только две оценки – 1 или 0, а групповой параметрический показатель безопасности – это не сумма единичных показателей, как по другим группам параметров, а их произведение. Поэтому когда хотя бы какой-либо один единичный показатель безопасности равен нулю, дальнейшее оценивание конкурентоспособности не имеет смысла: транспортная услуга целиком неконкурентоспособна.

**Выводы.** Таким образом, оценку конкурентоспособности любого вида транспорта, в том числе железнодорожного и особенно пассажирского, следует начинать с оценки нормативных параметров и показателей безопасности – в частности, поскольку даже при незначительном несоответствии установленным требованиям безопасности показатель безопасности получает оценку 0, и транспортная услуга должна быть признана неконкурентоспособной при наличии всех прочих преимуществ. Такая услуга не может быть представлена на рынке, тем более, если речь идет о рынке транспортных услуг для населения, поскольку любой просчет в качестве обслуживания в части обеспечения безопасности пассажиров грозит неопределимыми жертвами. Изложенный подход к оценке конкурентоспособности транспортных услуг демонстрирует важность вопросов обеспечения надлежащего уровня безопасности на транспорте.

#### Список литературы

- 1 Христофор, О. В. Основні аспекти організації пасажирських перевезень залізничним транспортом України / О. В. Христофор, Т. С. Мельник // Залізничний транспорт України. – Київ, 2016. – № 3–4. – С. 31–36.
- 2 Мельник, Т. С. Комплексна оцінка конкурентоспроможності товарів за умов сучасного ринку / Т. С. Мельник, О. В. Христофор // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2002. – № 5. – С. 23–28.



## К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ РЕФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

*А. А. МИХАЛЬЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. С. КОЦУР*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Пассажирские перевозки в Республике Беларусь относятся к социально значимой сфере транспортной деятельности. Им уделяется постоянное внимание Советом Министров Республики Беларусь. Падение объемов пассажирских перевозок в последние годы оказало негативное влияние на эффективность функционирования транспортной пассажирской системы страны. Произошло разделение пассажиропотоков между видами транспорта, что отразилось на снижении качества выполнения перевозки пассажирами в целом – нет контактных расписаний между видами транспорта, и пассажир должен терять значительное время на пересадки с одного вида транспорта. В большинстве транспортных узлов пассажир, прибывая по железной дороге в вечернее время суток, должен либо «бомжевать» на вокзале до утра, либо брать такси, стоимость проезда в котором в 4–5 раз превышает стоимость проезда по железной дороге или на автобусе. В результате общественный транспорт существенно утратил свои позиции.

В пассажирской транспортной системе страны в последние годы получала развитие исключительно инфраструктура: во многих городах реконструированы действующие железнодорожные вокзалы, построены новые автовокзалы, получил развитие национальный аэропорт «Минск-2», модернизированы основные автомагистрали, на которых допускается движение транспортных средств со скоростью 110–140 км/ч. За последние годы у белорусских перевозчиков на всех видах транспорта появились серьезные конкуренты – частные автоперевозчики, иностранные авиа- и железнодорожные компании. Их работа выполняется бессистемно, а в большинстве случаев наносит вред белорусскому перевозчику.

В городах, на пригородных, междугородних и международных линиях работают, кроме частных белорусских, украинские, литовские, латвийские и польские перевозчики. При этом иностранные перевозчики работают более эффективно и привлекательно для пассажиров: они имеют современные автобусы, оснащенные кондиционерами, комфортными местами для сидения; расписание их движения увязано с работой авиатранспорта и их маршруты проходят через соответствующие аэропорты; стоимость проезда особенно привлекательна для пассажиров (на поезде проезд по маршруту Минск–Варшава стоит в пределах 150–180 руб., а на автобусе 45–50 руб.). Наибольший выигрыш иностранные и частные перевозчики имеют от трансфертного обеспечения туризма. Транспортные организации Беларуси практически здесь не участвуют, хотя туристические поездки граждан страны составляют свыше 3,2 млн в год при объеме международных перевозок 4,1 млн пассажиров.

Если рассматривать использование железнодорожного транспорта для пассажирских перевозок, то у него проблем ещё больше. Объем перевозок упал почти в 2,5 раза, большая часть видов сообщений и маршрутов пассажирских перевозок стала убыточной, и расходы покрываются за счёт других видов транспортной деятельности железной дороги. Это наносит вред самой железной дороге – инвестирование в развитие не может выполняться по более оптимальной схеме. Требуется получение дорогостоящих кредитов, необходимых для обновления транспортных средств и модернизации устройств железнодорожной инфраструктуры и делает железнодорожные перевозки ещё более дорогими и менее привлекательными для клиентов.

Авиатранспорт Беларуси интегрируется в национальный аэропорту «Минск-2», что делает его неудобным для пользователей, размещенных в различных населенных пунктах страны далее 150 км. С учетом неудачного расписания полетов (вылет обычно в период 6–8 ч, прилет – 20–23 ч) иностранец должен брать такси за 50 дол. США или проводить ночь в аэропорту. В результате сложились четкие пассажиропотоки при выезде из страны: жители Гомеля, Могилева, Витебска и областей используют аэропорты Московского и Киевского транспортных узлов; из Гродно, Бреста и даже Минска – вылеты организуются из аэропортов Варшавы, Вильнюса и Риги.

С названными аэропортами налажено дешевое автобусное сообщение, увязанное с расписанием полетов самолетов в дальнее зарубежье. В итоге национальный аэропорт «Минск-2», рассчитанный на обслуживание десяти миллионов пассажиров в год, с трудом дотягивает до 1,6 млн. Естественно получаются существенные убытки, которые оплачивает пассажир.

С учетом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что пассажирская система Беларуси практически не управляема. Она работает по принципу «своё себе дорожке», т. е. разрозненно. Результат виден: пассажиропоток упал, обслуживается иностранными перевозчиками, использование инфраструктуры пассажирской транспортной системы убыточно. Требуется реформирование управления пассажирской транспортной системы страны на всех уровнях её функционирования с учетом мирового опыта.

Опыт реформирования транспортных систем многих государств показывает высокую эффективность перехода от интегрированного управления пассажирскими перевозками на всех уровнях пассажирской транспортной системы. В конце XX – начале XXI вв. на пассажирских транспортных системах США, стран ЕС, Японии и Китая проведено их реформирование, направленное на интеграцию всех видов транспорта, занятого на обслуживании пассажиров. С учетом создания высокоскоростных железных дорог для движения пассажирских поездов со скоростью более 300 км/ч во многих странах сокращено внутреннее авиасообщение. Например, во Франции все перевозки внутри страны на расстояние более 80 км выполняются только компанией ТЖВ (дочернее предприятие СНКФ), на меньшее расстояние перевозки выполняются только автобусами, между городами-спутниками – поездами городской железной дороги, увязанными с трамваем и метро. Внутренние авиалинии в стране отсутствуют. Управление пассажирской транспортной системой страны интегрируется в министерстве транспорта, которое регулирует работу всех перевозчиков, разрабатывает контактные расписания движения, проводит единую тарифную политику с учетом всех влияющих факторов: геополитики, платежеспособности, технической и технологической состоятельности перевозчиков и др. Проводится единая инвестиционная политика в пассажирской транспортной системе: приобретаются транспортные средства, изготавливаемые в стране либо по содружеству на основе внутреннего лизинга, активизируется участие государства (снижение налогов на отдельные виды пассажирских перевозок, финансирование социальных программ работников транспорта, льготных категорий граждан), внесение запретов и ограничений на участие иностранных перевозчиков (на территории Франции работают практически только свои перевозчики, исключение – разрешение для немецкой ДБ, работающей на маршруте Берлин – Париж, при обслуживании линии по варианту 50 : 50). В результате все пассажирские перевозки рентабельны, налоги от транспортной деятельности поступают в бюджет Франции, рабочие места на транспортных и машиностроительных предприятиях предпочтительно отданы французам.

В начале XXI в. сложилась практически одинаковая структура функционального управления пассажирской транспортной системой, которая предусматривает уровни:

- центрального аппарата отрасли: министерство с центральным диспетчерским аппаратом тактического и оперативного управления;
- отраслевых пассажирских компаний, сформированных на видах транспорта и выполняющих виды транспортной деятельности, связанные только с пассажирскими перевозками (наделены правами контроля и инженерного прессинга без права исполнительской инициативы);
- линейного отраслевого перевозчика, выделенного по функциональному признаку с правом исполнительской инициативы, с которым администрация пассажирской компании проводит операции закупок транспортных услуг и их финансирования. Могут относиться к различным собственникам и работать по найму.

С учетом того, что пассажирский транспорт Республики Беларусь территориально объединен в границах одного государства и функционирует по принципу одной отраслевой администрации – Министерства транспорта и коммуникаций, рассмотренный опыт эффективных реформ, проведенных в других государствах, может быть применен для условий функционирования пассажирского транспорта Республики Беларусь. В различной степени использования достигнутых результатов, следует рассматривать возможность повышения качества обслуживания пассажиров, достаточности финансирования транспортной деятельности, доступности населения к транспортным услугам национальных перевозчиков и их приоритетности для выполнения поездок в различных видах сообщений.

## К ВОПРОСУ О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕРМИНАЛОВ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

*А. А. МИХАЛЬЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. А. ПРОКОФЬЕВ*

*Белорусская железная дорога, г. Гомель*

Активное развитие пассажирских перевозок в XXI в. потребовало разработки новых подходов и направлений в решении этой важной социально-ориентированной проблемы в государствах с развитой экономикой. Основу современной организации пассажирских перевозок составляет современная пассажирская логистика. В настоящее время является недостаточным простая доставка пассажира из пункта отправления в пункт назначения. Потребности рынка транспортных услуг в области пассажирских перевозок включают не только обычную перевозку, но и оптимальность сроков доставки, качество перевозки и начально-конечных операций с пассажирами, которые вышли за рамки простой продажи проездных документов, посадки и высадки пассажиров.

В секторе пассажирских перевозок рынка транспортных услуг логистика определяется как система действий, направленная на доставку пассажиров в соответствии с их потребностями (перевозка на работу и к месту постоянного проживания, транспортное обслуживание туризма, другие потребности населения в транспортных услугах). Историческое развитие логистики пассажирских перевозок в Республике Беларусь имеет свои особенности и может быть разделено на несколько этапов. В соответствии с приведенными особенностями развития пассажирских перевозок определяются основные направления развития пассажирской транспортной системы.

Развитие транспортной логистики в Республике Беларусь имеет следующие особенности, присущие каждому этапу:

– интеграция транспортного комплекса республики в международную транспортную систему после выделения из транспортной структуры СССР (в которой она являлась западным регионом по контакту с Польшей); обеспечивается пассажирское сообщение во втором и девятом международных транспортных коридорах; максимально используется географическое положение и транзитные возможности республики, создание совместно с другими государствами – участниками Таможенного союза общего транспортного пространства и рынка транспортных услуг. Это позволило предоставить качественную инфраструктуру для пропуска элитных пассажирских поездов из Москвы в страны ЕС и из Киева в Ригу;

– наращивание объемов перевозок пассажиров и сопутствующих им сервисных услуг: расширение базовых условий для наращивания объемов перевозок пассажиров в международном сообщении с выполнением полного комплекса логистических услуг национальными транспортными компаниями;

– развитие мобильных услуг: обновление парка транспортных средств для пассажирских перевозок, укрепление ремонтной базы транспортных организаций, повышение качества услуг по ремонту и техническому обслуживанию механических транспортных средств (локомотивов, автобусов и др.), выполнение технического регламента ЕАЭС с ними, расширение смешанных перевозок, повышение доступности и качества транспортных услуг для населения по параметрам географической и тарифной доступности;

– информационное: совершенствование системы информационного обеспечения рынка транспортных услуг, развитие современного информационного пространства, его использование для выполнения логистических операций в пассажирском секторе перевозок, переход на цифровую экономику с использованием IT-технологий (расширение пакета IT-услуг для пассажиров: продажа билетов, заказ номеров в отелях и др.);

– коммуникационное направление: создание пассажирских транспортно-логистических центров и устойчивое развитие транспортно-логистических услуг, повышение уровня безопасности и устойчивости транспортной системы страны и регионов, оптимизация маршрутной и транспортной сетей, создание и развитие сервиса начала и окончания перевозки пассажиров.

С учетом того, что пассажирская транспортная система Республики Беларусь создавалась как часть крупной сложной транспортной системы СССР, то имеются присущие ей особенности:

– каждый вид транспорта имеет собственное вокзальное хозяйство и за редким исключением в отдельных городах в непосредственной близости расположены вокзалы различных видов транспорта (Гомель, Минск, Витебск, Брест и др.). В ряде городов они размещены на значительном расстоянии друг от друга, как это имеет место в г. Могилеве;

– сохранились запреты на поселение горожан в отели населенных пунктов их регистрации, что создает затруднения при выезде граждан в ночное время, особенно в населенных пунктах со слабо развитой городской транспортной инфраструктурой. Часто делаются ссылки на ночное такси, но забывают о многократном увеличении его стоимости и различных нарушениях в работе такси в ночное время;

– отсутствие контакта расписаний движения поездов и автобусов на системном уровне: пассажирский поезд прибывает, а автобусный транспорт уже не работает, что создает предпосылки для пассажира ночевать на вокзале. Аналогичная ситуация складывается и при раннем отправлении пассажирских поездов: городской и пригородный автотранспорт еще не работает, а по железнодорожному расписанию поезд отправляется именно в этот период и т.д.

Решение этой проблемы в новых жизненных условиях в большинстве стран видят в создании и расширении сети пассажирских транспортно-логистических терминалов с разветвленной функционально-технологической структурой обслуживания пассажиров по прибытию и отправлению. Современный пассажирский терминал выполняет функции начально-конечных (вокзальных) операций и пересадочного узла между различными видами городского, пригородного, междугородного и международного транспорта. Он представляет собой единый архитектурный комплекс, где под одной крышей в нескольких уровнях пересекаются платформы различных видов транспорта, пассажиры которых используют общие сооружения, помещения и устройства. Самым крупным является транспортно-логистический пассажирский терминал в Сеуле, который интегрирует аэропорт, две скоростные и две обычные железнодорожные линии, автовокзал, стоянку такси и паркинг на 5000 мест.

Для Республики Беларусь могут быть реализованы пассажирские терминалы трёх типов:

– по взаимодействию различных видов транспорта, осуществляющие пересадки пассажиров с одного вида пассажирского транспорта на другой. Как правило, они располагаются в основных транспортных узлах городов с вертикальным размещением функциональных зон. Для условий г. Гомеля необходимо оптимальное взаимодействие железнодорожного и автомобильного пассажирского транспорта;

– градостроительному размещению – осуществляющие посадку, высадку и пересадку пассажиров с городских на междугородные и международные направления. Они размещаются в центре городов на базе реконструируемых вокзалов и имеют взаимосвязанное расположение функциональных зон. Для г. Гомеля имеется реальная возможность объединения функций железнодорожных и автомобильных перевозок в едином транспортно-логистическом пассажирском терминале, созданном на базе железнодорожного вокзального комплекса для пригородных и дальних перевозок пассажиров;

– расположению функциональных зон – располагаются в центре города и имеют преимущественно горизонтальное расположение функциональных зон всех видов транспорта, обслуживающих населенный пункт. Например, пассажирский транспортно-логистический комплекс Берлин-Центральный: расположен в центре Берлина, к нему подведены коммуникации метро, городской, скоростной и обычной железной дороги и речного транспорта.

По уровню взаимодействия различных видов транспорта пассажирские терминалы функционально размещаются на видах транспорта, которые имеют стабильное функционирование, технические, технологические и финансовые возможности. В большинстве стран они принадлежат городской администрации, но в оперативном управлении находятся у пассажирского оператора, увязывающего функции всех причастных видов пассажирского транспорта (в т. ч. и легкового такси). Они интегрируют комплекс устройств, предназначенных для обслуживания пассажиров и транспортных средств в узлах. В пассажирской логистике они являются пунктом формирования пассажиропотоков и необходимых транспортных услуг с учетом возможностей всех видов транспорта на базе железнодорожных вокзалов. Это привело к тому, что в большинстве стран созданы объединенные вокзальные комплексы, эффективность которых доказана временем.

Наибольшая результативность от внедрения транспортной логистики в области пассажирских перевозок, и особенно транспортно-логистических терминалов в небольших городах, создания в республике современной транспортно-логистической пассажирской системы достигается от использования потенциальных их возможностей международных транспортных коридоров для пассажирских перевозок, требующих значительного роста пересадочных операций в транспортных узлах. Это позволит сделать привлекательными сами транспортно-логистические терминалы и расширить возможности транспортных организаций по освоению транспортного потока в смешанном сообщении, что обязательно скажется на финансовых результатах по пассажирским перевозкам – сделать их рентабельными в новых условиях хозяйствования.

## АКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА

*А. А. МИХАЛЬЧЕНКО, О. А. ХОДОСКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Производительность труда становится более актуальной в условиях перехода к стабильной экономике после продолжительного периода её обрушения и восстановления. При этом она показывает уровень использования трудовых ресурсов в различных отраслях Республики Беларусь и является важнейшим экономическим показателем эффективности использования живого и ове-ществлённого труда. В большинстве стран снижение производительности труда приравнивается к угрозе национальной безопасности. Это связано с тем, что при понижении производительности труда снижается уровень платежеспособности населения, что является угрозой для национальной экономики – товары, произведенные национальными компаниями с более высоким ценовым параметром, вымываются с национального рынка иностранными продуктами с более низкими ценами.

В мировой практике принята определенная система регулирования производительности труда с использованием показателей двух видов: технических и технологических; финансовых. На транспорте Республики Беларусь производительность труда до 2014 г. учитывалась количеством продукции, производимой одним работником в единицу времени, т. е. в приведенных тонно-километрах (наследие СССР). При этом на различных видах транспорта приведенный тонно-километр рассчитывался по собственной системе коэффициента приведения одного пассажирокилометра к тонно-километру: на железнодорожном транспорте – 1 : 1 (до 2005 г. была 2 : 1), автомобильном – 0,4 : 1, морском – 1 : 1, речном – 10 : 1, воздушном – 0,09 : 1. Как видно, на железнодорожном транспорте за счёт изменения системы управленческого учёта производительность снижена с 2005 г. в два раза. Второй причиной, повлиявшей на снижение производительности труда в транспортных организациях, стало сокращение перевозок национальными перевозчиками на всех видах транспорта и появление на рынке транспортных услуг иностранных (не допускаемых на национальный рынок до 1991 г.) и частных (в большинстве со смешанным капиталом).

Начиная с 2015 г. в Республике Беларусь учёт производительности труда на транспорте по рекомендации МВФ стал производиться в затратах труда на производство единицы продукции – трудоёмкостью. С учётом того, что в транспортных организациях выполняются неоднородные работы на рынке транспортных услуг, наилучший учёт её в денежном выражении. Это наиболее приемлемо для транспортных организаций, имеющих несколько структурных подразделений, которые выполняют различные виды деятельности: перевозку и эксплуатацию транспортных средств; их ремонт и техническое содержание; техническую эксплуатацию и развитие транспортной инфраструктуры; вспомогательную деятельность по обеспечению функционирования транспортной организации.

Для железной дороги учёт производительности труда выполнялся в натуральных показателях, приходящихся на одного работника в зависимости от рассматриваемых функциональных подразделений:

1) по хозяйству пассажирских перевозок – пассажирооборот (пассажиро-километры), который учитывает количество отправленных и перевезенных пассажиров, среднюю дальность и объём их перевозки по видам сообщений, тяги и классу исполнения; производительность пассажирского вагона;

2) по хозяйству грузовых перевозок – грузооборот (тонно-километры), количество погруженных, выгруженных, отправленных и перевезенных грузов; производительность грузового вагона;

3) по хозяйству перевозок – количество принятых и отправленных вагонов (вагонооборот), оборот вагона;

4) в локомотивных депо – тонно-километры брутто по видам тяги;

5) вагонных депо – количество вагоно-километров или отремонтированных вагонов;

6) в путевом хозяйстве – количество тонно-километров брутто вагонов и локомотивов (пропущенный тоннаж) для перегонов и количество вагоно-километров, локомотиво-километров и поездо-километров электро- и дизель-поездов при обслуживании стрелочных переводов;

7) по хозяйству гражданских сооружений – приведенный грузооборот;

8) для предприятий автоматики, телемеханики и связи (дистанций) – количество вагоно-километров, приведенного грузооборота, поездо-километров, в зависимости от вида технических устройств, обслуживаемых данными дистанциями;

9) в хозяйстве электрификации и электроснабжения используются натуральные показатели – количеству затраченной электроэнергии на тягу поездов и жизнеобеспечение объектов железнодорожной инфраструктуры, тонно-километров брутто;

10) для хозяйства электрификации и электроснабжения характерным натуральным показателем являются приведенные тонно-километры.

Для остальных подразделений используется показатель «Приведенные тонно-километры». Следует отметить, что в расчёт принимаются только работники эксплуатационного контингента железной дороги, который значительно меньше списочного состава работников.

Из приведенных рассуждений видно, что на железной дороге имеется большое разнообразие натуральных показателей, используемых для оценки результативности работы структурных подразделений. Такое разнообразие использования натуральных показателей создаёт определенные трудности для приведения к единой оценке производительности труда коллектива железной дороги, а тем более, оно является непригодным для сравнительного анализа и управления производительностью труда и эффективным использованием трудовых ресурсов по железной дороге в целом. МВФ для условий учёта, в которых производительность труда нельзя измерить продукцией или работой в натуральном выражении, применять стоимостной показатель, оценивающий затраты в человеко-часах на определенные объём и виды работы, т. е. на её трудоёмкость. В результате производительность труда работников транспорта может оцениваться финансовыми показателями как в целом для отрасли (по Министерству транспорта и коммуникаций), железной дороги, других видов транспорта, их структурных подразделений. В большинстве стран таким показателем принят фонд оплаты труда по структурному подразделению или транспортной организации с социальными начислениями, приходящийся на одного среднесписочного работника в годовом исчислении.

При таком подходе у ряда развитых европейских стран производительность труда работников транспортных предприятий колеблется от 60 до 84 тыс. евро. Переход на финансовый учет производительности труда потребует значительного изменения в учётной политике государства и отраслевых организаций, занятых в реальном секторе экономики. Для транспорта в такой ситуации является замораживание тарифов и изменение внутренней номенклатуры расходов. В итоге, наряду с внутренним перераспределением расходов в пользу фонда оплаты труда и снижением непроизводительных расходов в тарифе на транспортные услуги, изменяется сам порядок формирования расходов, предлагаемый МВФ для восточно-европейских государств.

Существенной проблемой повышения производительности труда в странах постсоветского пространства, в т. ч. и в Республике Беларусь, является резкое снижение заработной платы во всех секторах экономики (в 15–20 раз по сравнению с 1989 г.), которая является основным элементом производительности труда персонала. При этом следует отметить, что по натуральным показателям производительность труда на транспорте в Республике Беларусь превышает в 3–4 раза по сравнению с ФРГ, в 5–6 – в Великобритании, 7–8 – во Франции и Италии. Однако по финансовым показателям эти цифры сильно различаются: в 11–12 раз по сравнению с ФРГ, в 18–19 – в Великобритании, 9–10 – во Франции и Италии. В результате можно отметить, что сначала производительность труда была искусственно занижена во много раз, а потом со стороны МВФ озвучивается проблема её низкого значения в стране и необходимость её повышения. При этом надо отметить, проведя сравнительный анализ, что наш машинист поезда, при продолжительности рабочего дня 8 ч, ведёт его с массой 3700 т, в то время как в ФРГ – 1340 т, при продолжительности рабочего дня до 5 ч. Получается, что по классической схеме финансовой оценки производительности труда, нашему машинисту для достижения уровня производительности труда машиниста ФРГ нужно в год трудиться свыше 11000 ч, что явно является нереальным занятием. Видимо для условий Республики Беларусь нужен другой вариант, реализованный в странах с неустойчивой экономикой (например, Греции и Италии), которым удалось существенно увеличить производительность труда на транспорте, что обеспечило значительное повышение платежеспособности населения и понизило зависимость населения от государственных дотаций из бюджета на социальные нужды и повысило вложения в развитие транспортной инфраструктуры.

## ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ НА ТРАНСПОРТЕ

С. П. НОВИКОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Важнейшим элементом городской среды является транспорт, эффективность обслуживания населения которым зависит от информации о пассажиропотоках (особенно спроса на пассажирские перевозки). В связи с этим возникает необходимость широкого применения различных методов их математического моделирования (таблица 1).

**Таблица 1 – Краткая характеристика этапов формирования и развития методов математического моделирования пассажиропотоков**

Временной период и автор разработки	Краткая характеристика	Практическая направленность
1654 г. Блез Паскаль (Франция)	Разработка методики по организации «регулярного движения многоместных пассажирских карет», особенность которой заключалась в том, что стоимость проезда была фиксирована, и вычислялась с учетом «субъективной оценки ценности времени»	Решение задачи оптимизации движения городского пассажирского транспорта
1795 г. Карл Гаусс, Германия	Разработка метода наименьших квадратов	Решение транспортной задачи
Конец XIX в. – К. Пирсон, Англия	Разработка критерия «хи-квадрат» проверки статистических гипотез	Разработка теории планирования эксперимента
Начало XX в. Р. А. Фишер, Англия	Разработка дисперсионного анализа	Разработка метода максимального правдоподобия оценки параметров
1912 г. Г. Д. Дубелир, Россия	Разработка основ математического моделирования закономерностей дорожного движения	Изучение пропускной способности магистралей и их пересечений
1935 г. Л. В. Канторович	Разработка метода линейного программирования	Решение транспортной задачи
30-е годы XX в. Ежи Нейман, Польша	Развитие общей теории проверки статистических гипотез	Выявление математических закономерностей
30-е годы XX в. Э. Пирсон, Англия		
40-е годы XX в. А. Вальд, Румыния		
1955 г. М. Лайтхилл, Дж. Уизем, П. Ричардс	Первая транспортная модель Лайтхилла–Уизема–Ричардса	Переход от статических функциональных зависимостей характеристик потока к описанию их динамической связи по координате и времени
1961 г. И. Пригожин, Р. Херман	Применение кинетической теории для описания транспортной модели	Транспортный поток в модели описывается кинетическим уравнением. Однако в силу большой трудоемкости математического моделирования эта теория практически не развивалась
1963 г., Танака, Япония	Разработка модификаций моделей	Модель Танака
1971 г. Пэйн		Модель Пэйна (описание динамической зависимости с помощью дифференциального уравнения конвекционного типа)

В дальнейшем развитие методов математического моделирования позволило сформировать детерминированные и вероятностные подходы по изучению пассажиропотоков на транспорте (рисунок 1).



Рисунок 1 – Классификация методов математического моделирования

Среди современных математиков, исследовавших проблемы в области дорожного трафика, можно выделить следующие работы: «Обращение  $\lambda$ -формы фундаментальной диаграммы» (Коши и др., 1983 г.), «Управление дорожным транспортом» (Х. Иносэ, Т. Хамада, 1983 г.), «Падение пропускной способности» (Холл и Агиманг-Дуа, 1991 г.), которыми установлено, что основными параметрами модели являются: плотность транспортного потока – число единиц транспортных средств, проходящих через точку дороги в единицу времени и его средняя скорость.

Активное применение методов математического моделирования способствует более качественному обслуживанию пассажиров, развитию городской дорожно-транспортной сети, сокращению количества пробок на городских улицах. Однако в настоящее время в этой области остается еще много нерешенных задач, что требует дальнейшего развития рассматриваемого направления по применению и совершенствованию существующих методик по оптимизации городской транспортной системы.

#### Список литературы

- 1 Левит, Б. Ю. Нелинейные сетевые транспортные задачи / Б. Ю. Левит, В. Н. Лившиц. – М., Транспорт, 1972. – 144 с.
- 2 Варелопуло, Г. А. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ / Г. А. Варелопуло. – М.: Транспорт, 1974. – 102 с.
- 3 Потапова, И. А. Методы моделирования транспортного потока / И. А. Потапова, И. Н. Бояршинова, Т. Р. Исмагилов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 10-2. – С. 338–342.

УДК 656.222.4(-214)

### АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ И ГРАФИКА ОБОРОТА ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ В ВЫХОДНЫЕ ДНИ НЕДЕЛИ

*Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, Н. В. ПОПОВА*  
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Структура и величина пригородного пассажиропотока в выходные дни недели существенно отличается от пассажиропотока в рабочие дни. В выходные дни растет поток пассажиров, следующих на дальние технические зоны пригородного участка, кроме того, существенно увеличивается спрос пассажиров на перевозки в период спада перевозок по рабочим дням недели. Это приводит к необходимости разработать алгоритм построения вариантных графиков движения и оборота пригородных поездов для выходных дней.

В данной работе предлагается метод максимизации числа «ниток» и их удлинение в графике движения для выходных дней без увеличения числа составов электропоездов в обороте.

В качестве модельного примера на рисунке 1 представлен схематический график движения пригородных поездов по рабочим дням недели, разработанный по методике, приведенной в работе. Он показал, что для данного графика необходимо четыре состава. Математическая модель задачи максимизации



числа пассажирских поездов дальнего следования в периоды роста пассажиропотока имеет следующий алгоритм:

1 Обозначим упорядоченные по величине расписания прибытия поездов на станцию через  $t_i^k$ , а расписания отправления через  $T_j^{\varkappa}$ , где  $i = \overline{1, n}$ ;  $j = \overline{1, n}$  – порядковые индексы расписаний прибытия и отправления;  $n$  – общее число «ниток» графика;  $k = \overline{1, K}$ ; и  $\varkappa = \overline{1, K}$  – индексы станций полигона;  $K$  – общее число станций полигона.

2 Введем булевские переменные:

$$x_{ij}^{k\varkappa} = \begin{cases} 1, & \text{если } t_i^k \text{ увязывается с } T_j^{\varkappa} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

Так каждое расписание прибытия  $t_i^k$  может быть увязано только с одним расписанием отправления  $T_j^{\varkappa}$ , и наоборот, каждое расписание отправления  $T_j^{\varkappa}$  может быть увязано только с одним расписанием прибытия  $t_i^k$ , если между станциями  $k$  и  $\varkappa$  есть пригородное сообщение, то переменные  $x_{ij}^{k\varkappa}$  должны удовлетворять следующим ограничениям:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij}^{k\varkappa} = 1, \forall i = \overline{1, n} \\ \sum_{i=1}^n x_{ij}^{k\varkappa} = 1, \forall j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2)$$

3 Введем матрицу оценок увязки расписаний с элементами  $C_{ij}^{k\varkappa}$  следующего вида:

$$C_{ij}^{k\varkappa} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_i^k + t_{06}^k \leq T_j^{\varkappa} \\ 1, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (3)$$

$$C_{ij}^{k\varkappa} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_i^k + t_{06}^k + t_{cl}^{k\varkappa} + t_{06}^{\varkappa} \leq T_j^{\varkappa}, \varkappa \neq k \text{ и между станциями } k \text{ и } \varkappa \text{ есть сообщение;} \\ 1, & \text{если } t_i^k + t_{06}^k + t_{cl}^{k\varkappa} + t_{06}^{\varkappa} \geq T_j^{\varkappa}, \varkappa \neq k \text{ и между станциями } k \text{ и } \varkappa \text{ есть сообщение;} \\ \infty, & \text{если между станциями } k \text{ и } \varkappa \text{ нет сообщения,} \end{cases} \quad (4)$$

где  $t_{cl}^{k\varkappa}$  – время следования поезда между станциями  $k$  и  $\varkappa$ ;  $t_{06}^k$  и  $t_{06}^{\varkappa}$  – норма оборота состава пассажирского поезда на станции  $k$  и  $\varkappa$ .

При этом сообщения между станциями полигона задаются не по физической связи, а в том случае, если между станциями на основе плана формирования в пиковый период необходимо проложить дополнительные поезда.

Шаг 1. Для модельного примера (рисунок 1) матрица оценок увязки расписаний  $\{C_{ij}^{k\varkappa}\}$  представлена в таблице 1.

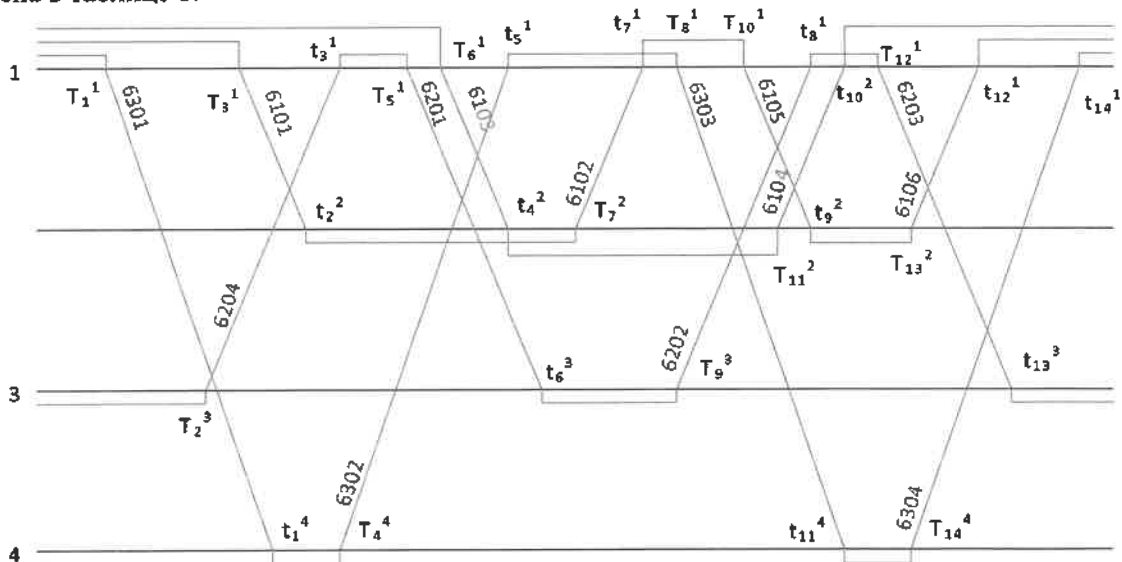


Рисунок 1 – Схематический график движения электропоездов с увязкой «ниток» по головной и зонным станциям

Таблица 1 – Матрица оценок увязки расписаний  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$

	$T_1^1$	$T_2^3$	$T_3^1$	$T_4^4$	$T_5^1$	$T_6^1$	$T_7^2$	$T_8^1$	$T_9^3$	$T_{10}^1$	$T_{11}^2$	$T_{12}^1$	$T_{13}^2$	$T_{14}^4$
$t_1^4$	1	$\infty$	1	0	1	1	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$	0
$t_2^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$
$t_3^1$	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$t_4^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	0	0	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$
$t_5^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
$t_6^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	0	0	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$
$t_7^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
$t_8^4$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	0
$t_9^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	1	1	0	$\infty$
$t_{10}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
$t_{11}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
$t_{12}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$t_{13}^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	$\infty$
$t_{14}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Шаг 2. Назовем нулевые клетки матрицы, в которых  $k \neq \alpha$  допустимыми, а остальные клетки – недопустимыми (отмечены серым цветом в таблице 2).

Таблица 2 – Первоначальный вариант увязки расписаний прибытия поездов и расписаний отправления

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
		$T_1^1$	$T_2^3$	$T_3^1$	$T_4^4$	$T_5^1$	$T_6^1$	$T_7^2$	$T_8^1$	$T_9^3$	$T_{10}^1$	$T_{11}^2$	$T_{12}^1$	$T_{13}^2$	$T_{14}^4$		
1	$t_1^4$	1	$\infty$	1	0	1	1	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$	0	1	$\infty$	0	12
2	$t_2^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$	0	0	0	0	0	$\infty$	
3	$t_3^1$	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
4	$t_4^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	0	0	$\infty$	0	0	0	0	0	$\infty$	10
5	$t_5^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
6	$t_6^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	0	0	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$		—
7	$t_7^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	—
8	$t_8^4$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	1	14
9	$t_9^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	1	1	0	$\infty$		—
10	$t_{10}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	13
11	$t_{11}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1		—
12	$t_{12}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		—
13	$t_{13}^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	$\infty$		—
14	$t_{14}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		—
								3	1	7	6	7	6	7	7		

Строим первоначальный вариант увязки расписаний прибытия поездов и отправления следующим образом. Просматриваем  $i$ -ю строку матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$ , начиная с первой строки. Эта строка соответствует расписанию прибытия  $t_i^k$ . Находим допустимую клетку в незанятом столбце, соответствующем расписанию отправления  $T_j^\alpha$ . Если такая клетка есть, занимаем ее, то есть заносим  $x_{ij}^{k\alpha} = 1$  в правый нижний угол этой клетки, и переходим к просмотру следующей строки. Если такой клетки нет, также переходим к просмотру следующей строки, и так далее, до тех пор, пока не просмотрим все строки матрицы. При этом необходимо, чтобы выполнялось условие (2).

Первоначальный вариант увязки представлен в таблице 2. Этот вариант содержит семь занятых допустимых клеток.

Шаг 3. Попытаемся увеличить число увязок, используя следующий алгоритм:

а) пометим знаком «—» строки, не содержащие единиц (строки 6, 7, 9, 11–14 в таблице 2).

б) просматриваем помеченную, но еще не просмотренную строку, находим допустимую клетку этой строки и соответствующий столбец, если он не помечен, помечаем номером просматриваемой строки, и так далее, пока не просмотрим всю строку, а затем переходим к просмотру следующей помеченной строки до тех пор, пока не просмотрим все помеченные, но не просмотренные строки;

в) просматриваем помеченный, но не просмотренный столбец, находим клетку, занятую  $x_{ij}^{k\alpha} = 1$  и соответствующую строку помечаем номером просматриваемого столбца, затем переходим к просмотру следующего помеченного, еще не просмотренного столбца и так далее, пока не просмотрим все эти столбцы;

г) переходим к просмотру строк и пометке столбцов. В процессе просмотра строк возможны две ситуации, либо процесс расстановки пометок прерывается, что свидетельствует о том, что получено максимальное количество увязок в допустимых клетках матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$ , либо помечен столбец, не содержащий увязку  $x_{ij}^{k\alpha} = 1$ .

В модельном примере это седьмой и восьмой столбцы. В этом случае возможно увеличить число увязок следующим образом: заносим  $x_{ij}^{k\alpha} = 1$  в клетку этого столбца, указываемую его пометкой, убираем  $x_{ij}^{k\alpha} = 1$  из клетки строки в соответствии с ее пометкой, и так далее, пока не поставим  $x_{ij}^{k\alpha} = 1$  в клетку строки, изначально помеченной «—».

Вариант увязки расписаний после первой итерации представлен в таблице 3. Процесс расстановки пометок для этой таблицы прерывается, таким образом получено оптимальное прикрепление расписаний прибытия поездов к расписаниям отправления, обеспечивающее увязку составов поездов с максимальным числом дополнительных поездов.

Таблица 3 – Вариант увязки расписаний прибытия поездов и расписаний отправления после первой итерации

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	$T_1^1$	$T_2^3$	$T_3^1$	$T_4^4$	$T_5^1$	$T_6^1$	$T_7^2$	$T_8^1$	$T_9^3$	$T_{10}^1$	$T_{11}^2$	$T_{12}^1$	$T_{13}^2$	$T_{14}^4$
1	$t_1^4$	1	$\infty$	1	0	1	1	$\infty$	0	1	$\infty$	0	$\infty$	0
2	$t_2^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	0	0	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$
3	$t_3^1$	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	$t_4^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	0	0	$\infty$	0	0	0	$\infty$
5	$t_5^1$	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6	$t_6^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	0	0	$\infty$	0	$\infty$
7	$t_7^1$	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
8	$t_8^4$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	0
9	$t_9^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	1	1	0
10	$t_{10}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
11	$t_{11}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
12	$t_{12}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	$t_{13}^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$
14	$t_{14}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Шаг 4. Выполним проверку. Если количество свободных строк (строк, клетки которых не заняты) больше количества составов, находящихся на станциях в момент разреза графика, тогда в качестве допустимых клеток принимаются все клетки матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$  со значением «ноль», и расчет оптимального количества увязок продолжается. Для модельного примера количество составов, находящихся на станциях в момент разреза графика равно 4, а количество свободных строк – 5.

Шаг 5. Изменим условие для допустимости клеток (таблица 4).

Таблица 4 – Вариант увязки расписаний прибытия поездов и расписания отправления после второй операции

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
		$T_1^1$	$T_2^3$	$T_3^1$	$T_4^4$	$T_5^1$	$T_6^1$	$T_7^2$	$T_8^1$	$T_9^3$	$T_{10}^1$	$T_{11}^2$	$T_{12}^1$	$T_{13}^2$	$T_{14}^4$	
1	$t_1^4$	1	$\infty$	1	0	1	1	$\infty$	0	1	0	$\infty$	0	$\infty$	0	8
2	$t_2^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	0	1	0	0	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$
3	$t_3^1$	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	$t_4^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	0	0	$\infty$	0	1	0	0	0	$\infty$
5	$t_5^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	$t_6^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	0	0	$\infty$	0	1	$\infty$	$\infty$
7	$t_7^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
8	$t_8^4$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	1
9	$t_9^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	1	1	0	$\infty$	—
10	$t_{10}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	13
11	$t_{11}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	—
12	$t_{12}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—
13	$t_{13}^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	$\infty$	—
14	$t_{14}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—
					1				5	6			11	9		

После изменения условия допустимых клеток матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$  увязка составов выполняется как по разным станциям, с прокладкой дополнительных «ниток» графика, так и по одной станции, с использованием «ниток» поездов, обращающихся по рабочим дням недели. Поэтому полученный результат увязки может не содержать максимально возможного количества дополнительно прокладываемых «ниток» графика. В связи с этим необходимо найти все возможные оптимальные варианты прикрепления расписаний прибытия поездов к расписаниям отправления по нулевым клеткам матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$  и сравнить их между собой по критерию наибольшего количества увязок по разным станциям ( $k \neq \alpha$ ). Оптимальный вариант увязки составов по нулевым клеткам матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$  с максимальным количеством дополнительно прокладываемых поездов для модельного примера приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Оптимальный вариант увязки составов по нулевым клеткам матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$  с максимальным количеством дополнительно прокладываемых поездов

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
		$T_1^1$	$T_2^3$	$T_3^1$	$T_4^4$	$T_5^1$	$T_6^1$	$T_7^2$	$T_8^1$	$T_9^3$	$T_{10}^1$	$T_{11}^2$	$T_{12}^1$	$T_{13}^2$	$T_{14}^4$	
1	$t_1^4$	1	$\infty$	1	0	1	1	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$	0	8
2	$t_2^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	0	1	0	0	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$
3	$t_3^1$	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	$t_4^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	0	0	1	$\infty$	0	0	0	0	$\infty$
5	$t_5^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	$t_6^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	0	0	1	$\infty$	0	$\infty$	$\infty$
7	$t_7^1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
8	$t_8^4$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	$\infty$	0	1
9	$t_9^2$	1	$\infty$	1	$\infty$	1	1	1	1	$\infty$	1	1	1	0	$\infty$	—
10	$t_{10}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	13
11	$t_{11}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	12
12	$t_{12}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—
13	$t_{13}^3$	1	1	1	$\infty$	1	1	$\infty$	1	1	1	$\infty$	1	$\infty$	$\infty$	—
14	$t_{14}^1$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—
													10	9		

Если же количество свободных строк, после выполнения шага 3 равно количеству составов, простаивающих на станциях рассматриваемого полигона в момент разреза графика, то значит найдена оптимальная увязка расписаний прибытия поездов к расписаниям отправления с максимальным числом дополнительных поездов и шаг 5 пропускается.

Шаг 6. Вычеркнем строки и столбцы матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$ , содержащие прикрепления, получим матрицу, не содержащую нулевых клеток (таблица 6).

Назовем теперь допустимыми клетками единичные клетки матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$ , а недопустимыми – клетки с оценкой равной бесконечности. Затем применим метод расстановки пометок, приведенный выше, при этом в первую очередь помечаем клетки, у которых индексы станций не равны ( $k \neq \alpha$ ). Если после пометки клеток матрицы  $\{C_{ij}^{k\alpha}\}$  остались свободные строки, то необходимо выполнить шаги 3–5 для полученной матрицы.

Таблица 6 – Матрица оценок увязок после вычеркивания занятых строк и столбцов

	1	2	3	5
	$T_1^1$	$T_2^3$	$T_3^1$	$T_5^1$
9	$t_9^2$	1	$\infty$	1
12	$t_{12}^1$	1	1	1
13	$t_{13}^3$	1	1	1
14	$t_{14}^1$	1	1	1

Окончательный вариант увязки расписаний приведен на рисунке 2.

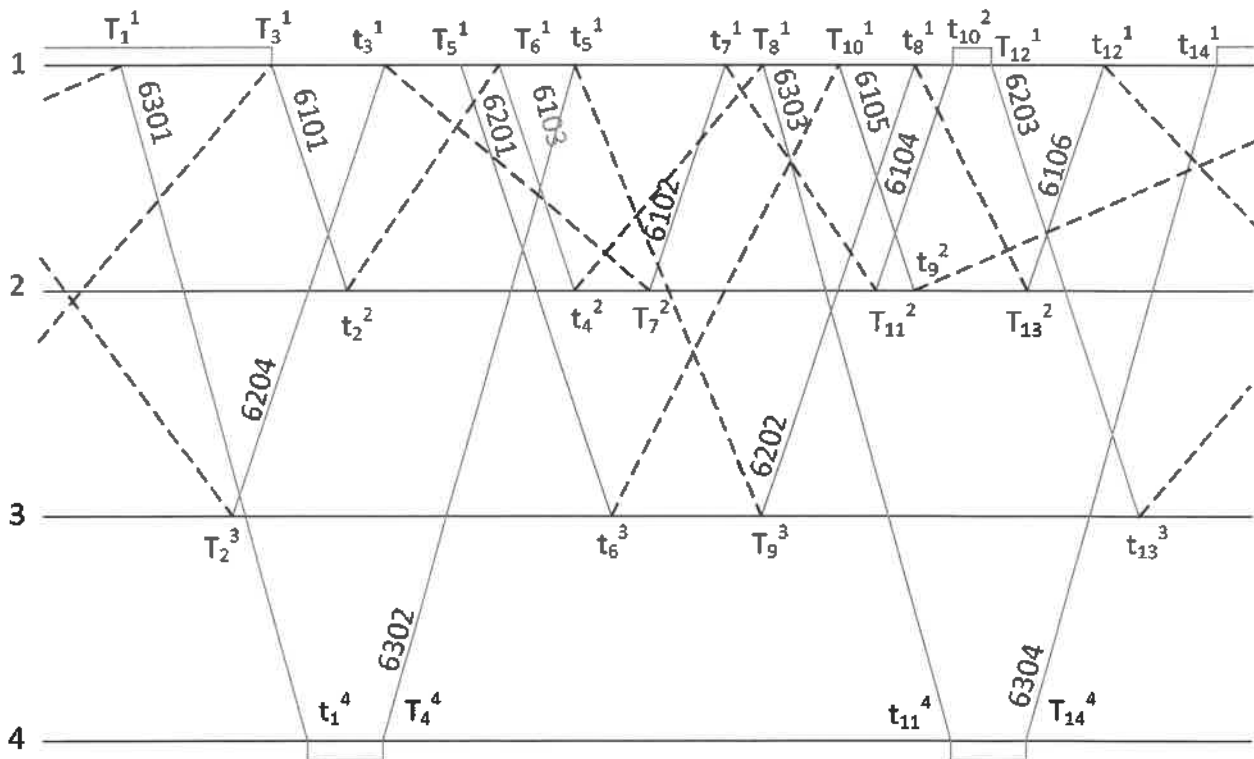


Рисунок 2 – Схематический график движения пригородных поездов после введения дополнительных «ниток» графика

По результатам проведенных расчетов для модельного примера получилось, что при интенсификации графика с сохранением числа составов в обороте равным 4, возможно увеличить число поездов на 5 пар.

Предлагаемая система увязки поездов в общий оборот позволяет не только оптимизировать количество поездов в обороте, но и произвести интенсификацию графика движения поездов для пикового периода с сохранением числа составов в обороте.

## К ВОПРОСУ О ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ ПРИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗКАХ

*Д. В. ПАПСУЕВ, С. В. ПОТАПЕНКО*

*Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь*

Наибольшую опасность для людей представляют пассажирские вагоны. Скорость распространения пламени в пассажирских вагонах по коридору – 5, по купе – 2,5 м/мин. В течение 15–20 мин огнем полностью охватывается весь вагон. Температура в вагоне повышается до 850 °С, а температура пламени достигает более 1000 °С. Необходимое время эвакуации пассажиров с учетом воздействия опасных факторов пожара составляет 1,5–2 мин до блокирования основных выходов. Плотность теплового потока на расстоянии 9–10 м достигает 10 кВт/м<sup>2</sup>, что приводит к загоранию подвижного состава и воспламенению твердых горючих материалов в полувагонах и на платформах, расположенных на соседних путях.

### *Общие положения по тушению и ликвидации аварий в подвижном составе*

Тушение пожаров в подвижном составе определяется «Инструкцией по тушению пожаров в подвижном составе на железнодорожном транспорте» РД РБ 40.007-98 № 109НЗ от 30.09.1998 года. Настоящая инструкция обязательна для всех подразделений и работников Белорусской железной дороги.

Ответственность за своевременный вызов пожарных подразделений, организацию и руководство тушением пожара в подвижном составе, спасение подразделений и поездов возлагается: в пассажирских поездах – на начальника поезда; в электровозах, тепловозах, дизель и электропоездах – на машиниста.

До прибытия на пожар подразделений МЧС РБ руководство тушением пожара осуществляет начальник караула или старший из начальствующего состава военизированной охраны дороги, прибывший на пожар. Ликвидацией пожара, силами подразделений МЧС РБ, пожарных подразделений железной дороги и других министерств и ведомств руководит старший начальник органов и подразделений по ЧС.

При возникновении пожара в пассажирских, дизель и электропоездах, электровозах, тепловозах, рефрижераторных поездах, силами локомотивных и поездных бригад немедленно должен быть остановлен поезд, проведена эвакуация пассажиров, расцепка подвижного состава от горящих вагонов, ликвидация пожара имеющимися первичными средствами пожаротушения. Одновременно локомотивной бригадой сообщено дежурному по станции или поездному диспетчеру для вызова ближайшего пожарного подразделения. Запрещается останавливать поезда в местах затруднения подъезда пожарной техники, стоянки наливных составов и составов с опасными грузами, около взрывопожароопасных объектов.

Для ликвидации очагов горения внутри вагона, водяные или пенные стволы подаются через дверные, а в отдельных случаях через оконные проемы.

Наиболее эффективным способом тушения пожара в указанных вагонах является подача воды, пены в межпотолочное пространство через крышечные люки или отверстия, прорубленные в зависимости от обстановки в крыше вагона.

### *Порядок взаимодействия подразделений МЧС с администрацией и специалистами объектов при проведении боевых действий*

На основании «Закона о защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Закона Республики Беларусь «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателя», «Правил безопасности и порядка ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железной дороге Республики Беларусь» и «Правил содержания и эксплуатации пожарных аварийно-спасательных поездов на Белорусской железной дороге», МЧС и Белорусской железной дорогой разрабатывается План взаимодействия, который обязателен для выполнения всеми аппаратами, подразделениями, работниками железнодорожного транспорта Белорусской железной дороги и подразделениями МЧС.

При возникновении пожаров или чрезвычайных ситуаций на предприятиях дороги и в подвижном составе, объектах народного хозяйства, прилегающих к железной дороге и имеющие подъезд-

ные пути, между подразделениями МЧС, стрелково-пожарными командами и Белорусской железной дорогой устанавливается следующий порядок взаимодействия:

Подразделения МЧС, службы областей оказывают помощь СПК и Белорусской железной дороге в тушении пожаров и ликвидации аварий на железнодорожных объектах и в подвижном составе в пределах границ республики.

При получении сообщения о пожарах и авариях подразделения МЧС высылаются к месту вызова начальником смены ЦОУ согласно Расписанию выездов, а в районных центрах через пункты связи отделов по ЧС по телефону 101, а также по требованию РТП (РЛЧС). Выход пожарных аварийно-спасательных поездов осуществляется на предприятия народного хозяйства, где имеются подъездные пути, а также на объекты народного хозяйства, удаленные до 500 метров от железнодорожного полотна через дежурного по отделению.

Во всех случаях при возникновении ЧС дежурный по отделению должен сообщить на ЦОУ.

При сообщении о пожаре или ЧС руководитель железнодорожного предприятия или дежурный работник должен сообщить об обстоятельствах и последствиях случившегося, наличии опасного груза и его количестве, номер аварийной карточки, об угрозе близпроживающему населению, наличию пострадавших.

При тушении пожаров на железнодорожных объектах и в подвижном составе руководителем тушения пожара (РТП) является старший оперативный начальник подразделения МЧС, прибывший на пожар, которому подчиняются все приданные силы и средства дороги и других ведомств.

На месте пожара создается оперативный штаб пожаротушения и ликвидации ЧС, в состав которого включаются представители отделения железной дороги, другие специалисты организаций и ведомств, которые в пределах своих полномочий оказывают практическую и консультативную помощь РТП, своевременно и в полном объеме выполняют все его распоряжения.

Привлечение дополнительно пожарных и восстановительных поездов из других городов, отделений дороги производится по решению РТП.

При ЧС, пожарах на железнодорожных объектах работники Белорусской железной дороги обязаны:

- оказать помощь подразделениям МЧС и другим привлеченным организациям для ликвидации ЧС в установлении местонахождения подвижного состава;
- принять меры по рассредоточению подвижного состава;
- обеспечить, при необходимости, подвижным составом и другими транспортными средствами для эвакуации людей с места ЧС;
- направить ремонтную бригаду электриков, обесточить электрические и контактные сети, выдать допуск на проведение аварийно-спасательных работ;
- обеспечить связь между РЛЧС, дежурным по станции и поездным диспетчером;
- предоставить необходимое количество механизмов для перекачки агрессивных жидкостей, техники для устройства обваловки и лотков задержания или отвода горячей жидкости или ядовитых веществ;
- обеспечить при работе более четырех часов личный состав, задействованных на ликвидации ЧС или ее последствий, горячим питанием, а в холодное время года – обогревом.

При возникновении чрезвычайных ситуаций, связанных с крушением поезда, утечкой (разливом) сильнодействующих ядовитых веществ и других опасных грузов на предприятиях отделения дороги руководителем ликвидации чрезвычайной ситуации (РЛЧС) является начальник отделения дороги или другое должностное лицо, назначенное им.

По требованию РТП (РЛЧС) дежурный по отделению организует подвоз необходимого количества воды в цистернах или имеющихся на отделении нейтрализующих веществ в вагонах рабочего парка или на других транспортных средствах, а также, при необходимости, беспрепятственную подачу и уборку вагонов для подвоза нейтрализующих веществ с предприятий.

Начальники гарнизонов МЧС райцентров обязаны проводить оперативно-тактические учения и занятия по решению пожарно-тактических задач на объектах железной дороги с привлечением пожарных аварийно-спасательных поездов стрелково-пожарных команд, находящихся на территории Белорусской железной дороги к учениям, проводимым на других объектах народного хозяйства. Привлечение пожарных поездов к участию в оперативно-тактических учениях согласовывается с соответствующими руководителями отделения железной дороги и отделом (отрядом) военизированной охраны.

## Список литературы

- 1 О пожарной безопасности: закон Республики Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403-ХП // КонсультантПлюс. Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.
- 2 О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : закон Республики Беларусь, 5 мая 1998 г. № 141-З / М-во по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь. – Режим доступа : flocType:http://mchs.gov.by/\_modules/\_cfiles/files/5.05\_1998\_141.3.docx. – Дата доступа. – 30.01.2017.
- 3 Об утверждении перечня аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21 ноября 2001 г. № 1692 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа : <http://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H10900045>. – Дата доступа : 30.01.2017.
- 4 Об утверждении Правил безопасности в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь : приказ Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 27 июня 2016 г., № 158 // СПС КонсультантПлюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2019.
- 5 Об утверждении Боевого устава органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по организации тушения пожаров : приказ Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 30 июня 2017 г., № 185 // СПС КонсультантПлюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2019.
- 6 РД РБ БЧ 40.007-98 «Инструкция по тушению пожаров в подвижном составе на железнодорожном транспорте» : утв. приказом № 109НЗ Бел. ж. д. от 30.09.1998 г.

УДК 656.2.08:656.222.4

### К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*Н. Н. РОМАНОВ, О. П. КИЗЛЯК, К. Е. КОВАЛЁВ*

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
Российская Федерация*

Специалисты МЧС подсчитали, что за последние 20 лет в мире существенно возросло число техногенных и природных катастроф. В значительной мере такое положение дел обуславливается хозяйственной деятельностью и глобальным изменением климата. В России наибольшая плотность чрезвычайных ситуаций различной природы регулярно прогнозируется в регионах Дальнего Востока, Сибири, Урала, центральной части страны, Краснодарском крае и на территории Северного Кавказа [1, 2]. Это означает, что с высокой вероятностью на железных дорогах возможны разрушения, появление и развитие зон пожаров, затоплений, химического заражения, вызывающих нарушение ритмичной работы транспорта. Другими словами, на полигоне железной дороги возможно образование барьерных мест, обуславливающих существенные изменения начертания маршрутной сети. Следовательно, грузовые потоки могут отклоняться на параллельные и кружные ходы, в результате чего изменится число скрещений и обгонов, увеличится размах колебаний размеров движения из-за сгущений и перерывов. При этом в эксплуатационной работе железных дорог сезонные, суточные и внутрисуточные колебания размеров движения могут усугубиться несвоевременным обеспечением вагонами, локомотивами, возникновением потребности в осуществлении в короткие сроки и в необходимых объемах массовой транспортировки грузов и людей.

В таких условиях эксплуатации железную дорогу и движущийся по ней поток поездов представляется целесообразным рассматривать как сложную вероятностную систему, характеризующуюся композицией множества случайных явлений. С одной стороны, на протяжении всего пути следования изменяются элементы профиля и плана, все характеристики движения поездов. Это вызвано случайной комбинацией форм рельефа местности, постоянными случайными изменениями климатических условий, участием человека в транспортном процессе, стохастическим характером поездообразования. Случайно изменяются все характеристики движения поездов: интенсивность, ходовые скорости, ускорения. С другой стороны, непредсказуем характер и масштабы разрушений объектов железнодорожного транспорта. Значительное влияние вся совокупность вышеприведенных факторов оказывает на величину пропускной способности железных дорог, которая все больше приобретает случайный характер [3].

Смело можно сказать, что без учета влияния вероятностных условий и, следовательно, без широкого привлечения соответствующих математических методов в качестве аппарата анализа, расчетов и прогнозов невозможно решать вопросы организации движения поездов. При рассмотрении



вероятностных условий функционирования железных дорог в условиях чрезвычайных ситуаций представляется необходимым отметить следующие обстоятельства.

1 Каждое конкретное условие функционирования железной дороги (элемента, полигона) определяется совокупностью факторов, рассматриваемых с учетом вероятности их проявления и степени влияния на пропускную способность. Значения показателей факторов являются случайными величинами, которые могут быть как дискретными (техногенное, природно-климатическое воздействия), так и непрерывными (распределение скоростей движения).

2 В условиях чрезвычайных ситуаций невозможно достаточно полно учесть все многообразие реальных условий и факторов, оказывающих влияние на железные дороги, что объясняется рядом причин и, в первую очередь, отсутствием достаточного количества статистического материала.

3 Пути преодоления трудностей, связанных с отсутствием необходимых материалов, лежат в накоплении и обработке данных, позволяющих осуществлять опережающее отражение вероятности появления и развития, ЧС и их последствий, а также в имитационном моделировании исследуемых процессов.

Сказанное выше означает, что для решения задач оценки и прогнозирования пропускной способности, железных дорог требуется разработка модели, позволяющей максимально учесть многообразие обстоятельств и факторов. Действительно, в условиях чрезвычайных ситуаций, когда «цена» каждой невыполненной перевозки существенно возрастает, базирование только на детерминированных моделях без учета влияния вероятностных факторов может привести к существенным ошибкам. В процессе создания практической методики наибольшую сложность представляет задача по комплексному учету всей совокупности факторов, которые, как правило, действуют совместно, взаимно влияя друг на друга.

Поэтому для оценки условий функционирования элементов железных дорог представляется необходимым реализовать имитационное моделирование исследуемых процессов, детально изучать изменение фазовых координат состояния системы в зависимости от внешних воздействий (возмущающих и управляющих), проанализировать устойчивость системы. Для этого объект исследования (линия, полигон сети) целесообразно представлять в виде «черного ящика», на вход которого подаются переменные  $\bar{X}$  и  $\bar{Z}$  (факторы), характеризующие параметры исследуемого объекта, а на выходе фиксируются функциональные переменные  $\bar{Y}$ , определяющие эффективность и качество работы данного объекта (рисунок 1).

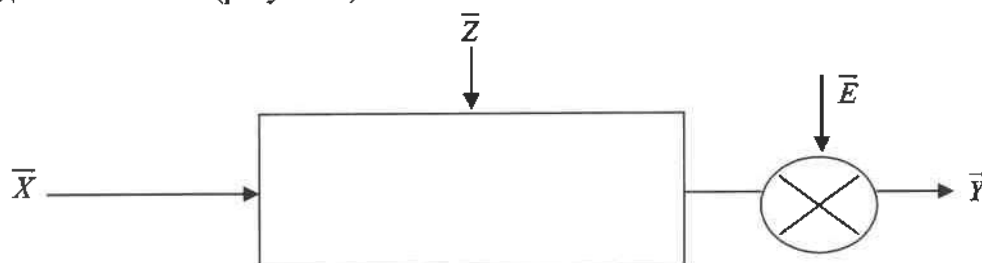


Рисунок 1 – Структура экспериментальной факторной модели

При проведении вычислительного эксперимента переменными  $\bar{X}$  можно управлять, изменяя их величину по заданному закону. Сюда прежде всего можно отнести технические параметры участков и станций, характеризующиеся устойчивыми закономерностями. Переменные  $\bar{Z}$  представляют собой параметры, принимающие случайные значения, но в обязательном порядке подлежащие контролю со стороны оперативного управленческого персонала. Прежде всего, это скорость движения поездов, станционные и межпоездные интервалы.

Целью активного вычислительного эксперимента является поиск уравнений связи выходного показателя (пропускной способности) с основными техническими параметрами участков и станций. Для этого целесообразно проведение полного факторного эксперимента с построением линейных регрессионных моделей. В качестве определяющих факторов модели (с наперед заданными пределами варьирования) можно принять: протяженность перегонов, тип профиля, число путей для скрещения на раздельном пункте, тип СЦБ на участке, число путей в приемо-отправочном парке, мощности подсистемы технического обслуживания. На наш взгляд, их практическая ценность

состоит не только в отражении взаимосвязей причин и следствий, входов и выходов, но и в получении возможности принимать рациональные решения при организации движения в сложных условиях эксплуатации.

#### Список литературы

- 1 О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году : Государственный доклад. – М. : МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – 2018. – 376 с.
- 2 Рогожников, Ю. Ю. О прогнозировании чрезвычайных ситуаций / Ю. Ю. Рогожников // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бернардосовские чтения) : материалы Междунар. (XX Всероссийской) науч.-техн. конф. – Иваново, 2019. – С. 127–130.
- 3 Кизляк, О. П. Оценка пропускной способности железных дорог и способы её повышения : [монография] / О. П. Кизляк, Н. Н. Романов. – СПб. : ВТУ ЖДВ РФ, 2004. – 113 с.

УДК 656.224.003

### ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ДОХОДОВ ОТ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК КАК ОДНО ИЗ УСЛОВИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

*Л. Г. СИДОРОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В современных условиях хозяйствования право на развитие имеет лишь та организация, либо организационная структура, чья деятельность приносит доход (прибыль). В настоящее время железной дороге для получения доходов необходимо прилагать значительные усилия, конкурируя с иными видами транспорта. С развитием рыночных отношений начинает работать главный принцип рыночной экономики, суть которого заключается в том, что доходы надо не получать, а зарабатывать. Это ведет к необходимости осуществления реформы железнодорожного транспорта, подобной той, которой следует Россия. Для Республики Беларусь выигрышным преимуществом является то, что она находится на одном из самых оживленных европейских перекрестков, и за счет высокорентабельного транзита ей удастся благополучно маневрировать на фоне развивающейся конкуренции.

Использование своих преимуществ даст возможность железной дороге управлять доходами и прибылью, что является залогом ее стабильной деятельности и экономической безопасности.

Доходность железной дороги, в частности по пассажирским перевозкам, самым тесным образом связана с проводимой тарифной политикой. В условиях рыночной экономики транспортные тарифы, как и другие виды цен, не могут опираться только на издержки железной дороги, но и должны учитывать платежеспособный спрос на перевозки. Для увеличения доходности и прибыльности Белорусской железной дороги и ее предприятий заслуживает внимания следующая методика, активно используемая в странах с развитой рыночной экономикой. Сначала на основе изучения транспортного рынка и прогноза объема перевозок определяется прогнозируемая сумма доходов от перевозок, затем намечается сумма прибыли, необходимая для нормальной жизнедеятельности дороги и социального развития ее коллектива. После этого разрабатывается план расходов с таким расчетом, чтобы все они покрывались намечаемыми доходами и при этом обеспечивалось получение необходимой прибыли. Если это не достигается, то должны разрабатываться дополнительные меры по сокращению расходов. Использование данной модели дает возможность достигнуть эффективности деятельности за счет минимизации, либо полного отказа от отдельных расходов.

Для повышения эффективности работы, а следовательно и доходности дороги, необходимо создать новую технологию оценки работы на всех уровнях. Основные ее положения следующие: в получении доходов должны быть материально заинтересованы все работники, имеющие непосредственное отношение к перевозочному процессу, независимо от того, на каком этапе они участвуют – на начальном или заключительном. Большое внимание уделяется созданию такого механизма взаимоотношений исполнителей технологического процесса, который исключал бы заинтересованность работника только в выполнении своего промежуточного результата, наносщего в дальнейшем неоправданные дополнительные расходы. Таким образом, все этапы перевозочного процесса

подчинены не выполнению промежуточных показателей в работе, а единой цели – получению за перевозку максимальной прибыли. Существующая система хозяйственного расчета никак не стимулирует работников структурных подразделений в получении максимальной прибыли, изыскании возможностей дополнительных доходов. Все заработанные средства перечисляются отделению или Управлению дороги, и еще неизвестно, смогут ли их получить коллективы структурных подразделений. Такое положение порождает безразличие в низовых подразделениях к результатам финансовой деятельности. Не дав возможности коллективам станций получать свою долю доходов от перевозок, вряд ли можно будет нацелить их на активную и плодотворную работу для получения максимальной прибыли. Все это еще раз свидетельствует о том, что при действующей структуре управления перевозочным процессом дороге будет сложно добиться положительных результатов в условиях рыночной экономики.

В сложившейся ситуации для железной дороги как объединения и для ее подразделений наиболее важно всеми способами осваивать дополнительные объемы перевозок, привлекать новые источники финансирования, в первую очередь для инвестиционных программ, сконцентрировать средства на приоритетных направлениях, отказываться от ненужных и неэффективных проектов, максимально вовлекать в оборот дебиторскую задолженность, всемерно сокращать эксплуатационные расходы, а также расходы, осуществляемые за счет прибыли, более активно вовлекать средства регионов к финансированию пригородных пассажирских перевозок и инвестиций в пассажирский комплекс.

В связи с тем, что из всех перевозок пассажирские всегда считались убыточными и остаются таковыми по сей день, наиболее важным является изыскание путей повышения доходности именно этого вида перевозок. Поэтому одним из основных вопросов на сегодняшний день является вопрос: как повысить доходы по пассажирским перевозкам?

В соответствии с вышеизложенным наибольшего внимания заслуживают такие направления в области повышения эффективности деятельности организаций железной дороги с целью увеличения доходов, как:

- сокращение эксплуатационных расходов. Добиться этого позволит планирование пассажирских перевозок исходя из фактических и ожидаемых пассажиропотоков, существующей их неравномерности по сезонам, дням недели, типам вагонов и территориальным участкам;

- повышение эффективности перевозок – за счет оказания влияния на саму неравномерность пассажиропотоков за счет введения гибких тарифов на перевозки. В результате государственного регулирования тарифов на дальние перевозки не учитывается неравномерность перевозок, различие в уровне жизни по регионам, качество предлагаемых мест. За государством необходимо оставить принятие решений об изменении базового тарифа на перевозки, регулируемого с учетом инфляции в стране. Пассажирская служба на основе изучения спроса на перевозки должна вводить повышающие и понижающие коэффициенты к базовому тарифу: по сезонам года, дням недели, участкам полигона, типам вагонов, качеству мест и т. п. Экономический эффект (повышение доходов от перевозок) будет достигаться за счет учета неравномерности заполнения мест пассажирами. Кроме повышения доходов от перевозок, гибкие тарифы на перевозки позволят сгладить неравномерность пассажиропотоков и эффективно использовать вагоны, локомотивы, обслуживающий персонал и, как следствие, снизить эксплуатационные расходы;

- перевозка небольших партий грузов в багажных вагонах пассажирских поездов. Короткоставные поезда (особенно в осенне-зимний период или отдельные дни недели) могут быть дополнены багажными вагонами до максимального веса и длины поезда. Такая технология может составить конкуренцию перевозкам автомобильным и авиационным транспортом на дальние расстояния по скорости и стоимости доставки. Перевозка таких грузов может осуществляться между городами, имеющими прямое пассажирское сообщение, а также в международном сообщении без перегрузки на пограничных станциях (со сменой тележек багажных вагонов). Учитывая дефицит багажных вагонов (спрос на них превышает предложение), можно рассмотреть вопрос о переоборудовании других типов вагонов. Потребуется также реконструкция и переоснащение багажных отделений;

- повышение скорости движения поездов. Это может дать большой экономический эффект для пассажиров (высвобождение времени) и самого транспорта (ускорение оборота подвижного состава, увеличение провозной способности), что существенно снизит и себестоимость перевозок. Создание скоростного движения позволит повысить конкурентоспособность транспортных коридоров и привлечь на железную дорогу дополнительный пассажиропоток. Естественно, для этого потре-

буются большие капитальные вложения, поэтому необходимо правильно спрогнозировать возможный платежеспособный спрос населения на перевозки в скоростных поездах. В современных условиях появляется потребность в создании нового поколения с комфортными условиями проезда пассажиров, предназначенных для движения с высокими скоростями;

– повышение качества пассажирских перевозок – уровня обслуживания пассажиров на вокзалах и в пути следования. Здесь можно выделить следующие приоритетные направления: строительство новых и реконструкция старых вокзалов, расширение сферы услуг на вокзалах, в пути следования и при осуществлении билетно-кассовых операций. С этой целью на дороге необходимо создавать сервис-центры, предназначенные для оказания различных видов услуг: бронирования мест в поездах, заказа и оформления билетов на все виды транспорта, туристического и экскурсионного обслуживания, сдача в аренду автомобилей и др. Для наибольшего привлечения пассажиров особое внимание уделяется улучшению сервиса в пути следования. Для этого необходимо формирование фирменных и комбинированных поездов, состоящих из фирменных и обычных вагонов, а также поездов повышенной комфортности с дополнительными видами услуг;

– привлечение дополнительных пассажиров за счет развития рекламной деятельности, создания стимулирующих условий для поездок.

Внедрение указанных мероприятий позволит железной дороге повысить эффективность своей деятельности, что приведет к положительному росту доходов от пассажирских перевозок, а также стимулирует «здоровую» конкуренцию не только с другими видами транспорта, но и внутри отрасли.

#### Список литературы

1 О железнодорожном транспорте : закон Республики Беларусь от 6 января 1999 года № 237-З (в ред. от 17.07.2018 г. № 134-З).

2 Правила перевозок грузов и пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом общего пользования : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 17 июня 2015 г. № 609 (в ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 27 февраля 2018 г. № 159).

3 Развитие системы бухгалтерского учета и анализа на железнодорожном транспорте : [монография] / под общ. ред. В. Г. Гизатуллиной. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 431 с.

УДК 629.4.027.118

## **НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИН ВНЕПЛАНОВЫХ ЗАМЕН КОЛЕСНЫХ ПАР ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ**

*А. М. ТОПОРОВСКИЙ*

*АО «Украинская железная дорога», г. Киев*

Одним из важнейших направлений обеспечения безопасности движения в пассажирском хозяйстве является содержание колесных пар в исправном состоянии.

В процессе эксплуатации колесные пары изнашиваются до определенных предельно допустимых размеров, и от скорости их изнашивания зависит межремонтный пробег колесной пары и, соответственно, экономическая составляющая пассажирских перевозок, поскольку частота прохождения обточек колесной парой очень сильно влияет на сокращение ее ресурса.

Простой наглядный пример в поддержку сказанного выше – обыкновенный деревянный карандаш: если им нормально пользоваться, то он прослужит долго, а если сильно давить, то грифель будет ломаться, подтачиваться, и длина карандаша (ресурс) будет уменьшаться. То же самое будет происходить, если грифель внутри карандаша изначально не был целым.

Различают «внешние» факторы возникновения неисправностей колесных пар – неправильное управление тормозами, что приводит к образованию ползунов и наваров, некачественные тормозные колодки, которые локально повреждают поверхность качения, и «внутренние» – состояние кузова и тележек вагона, регулировка тормозной рычажной передачи.

«Внешние» признаки менее прогнозируемы, поэтому большее внимание уделим «внутренним», которые напрямую зависят от качества ремонта пассажирских вагонов.

Самые распространенные неисправности колесных пар – остроконечный накат гребня, выщерблины, термотрещины, которые предшествуют выщерблинам.

Рассмотрим по очереди причины возникновения каждой неисправности.

Физика процесса образования остроконечного наката – неправильное положение колесной пары в тележке: смещение ее вправо или влево, отклонение ее расположения от перпендикулярного относительно оси пути.

К сожалению, многие хотят видеть причиной образования указанной неисправности неудовлетворительное состояние пути, «кривые малого радиуса» и т.п., но указать безошибочно места, где происходит износ гребней, специалисты не могут, хотя упомянутые факторы, несомненно, играют роль в появлении таких неисправностей.

Для начала нами предлагается досконально изучить поведение деталей и всех элементов вагона, и лишь после этого обращать внимание на состояние пути.

Как вариант можно рассматривать причину остроконечного наката – разность диаметров колесной пары, но они контролируются при ремонте, а в процессе эксплуатации диаметры колес существенно не изменяются.

К сожалению, на сегодняшний день эффективной методики установления причин образования остроконечного наката в Украине нет, поэтому специалистам приходится искать в буквальном смысле «иголку в стоге сена».

По случаям выявления таких неисправностей проводятся замеры всех параметров тележек, изучается положение надрессорной балки, состояние гидравлических гасителей колебаний, вкладышей горизонтальных скользунов. В отдельных случаях тележка полностью разбирается, кантуется и производится замер положения шпинтонов. Кроме этого, лазерным нивелиром проверяется пропеллерность (и другие деформации) рамы тележки.

Таким способом в пассажирском депо «Одесса» было выявлено отклонение в установке одного шпинтона. После повторной его установки образование остроконечного наката прекратилось.

В другом случае, когда 2 колесные пары в вагоне имели износ гребней менее 25 мм, никаких отклонений в положении шпинтонов, расположении надрессорной балки, состоянии скользунов и гасителей колебаний не было выявлено. Тем не менее проблема в данном вагоне существует, и специалисты пассажирского сектора надеются со временем ее найти, устранить и научиться решать такие задачи.

Аналогичные сложности существуют с выявлением причин образования термотрещин и выщерблин. Уже давно исследовано взаимодействие композиционных тормозных колодок с поверхностью катания колеса и известно, что из-за неудовлетворительного отвода тепла, особенно при низких температурах, образуются термотрещины, а потом – выщерблины.

Все, на первый взгляд, ясно и понятно: необходимо уходить от композиционных тормозных колодок, и проблема исчезнет. Но нет... По заказу АО «Укрзалізниця» были разработаны композиционные тормозные колодки с чугунными вставками. Они прошли испытания, контрольные поездки в разное время года, на разных географических направлениях и показали положительный результат. Однако количество термотрещин не уменьшилось, а при установлении причин образования выщерблин по-прежнему указывается неудовлетворительный отвод тепла.

Кроме этого, термотрещины и выщерблины возникают и в теплое время года, когда нет низких температур или их значительного колебания в течение суток. Установить уровень температуры нагрева в месте контакта колодок с поверхностью катания без соответствующего оборудования и специалистов также не представляется возможным, но исходя из того, что в поезде из 15 вагонов, следующих по своему маршруту в одинаковых температурных условиях, режимах торможения и т.д., на все количество вагонов образовывается 1–2 выщерблины или термотрещины, причем не каждый раз, можно утверждать, что отвод тепла не влияет на образование термотрещин и выщерблин.

В любом случае они возникают в результате взаимодействия с тормозными колодками. Хотя были прецеденты, когда выщерблины образовывались на вагонах с дисковыми тормозами, т.е. там, где отсутствует взаимодействие колодок с колесами: в этих местах выщерблины имеют немножко другой вид, но они есть.

В депо «Днепр» специалисты произвели измерение длин тяг тормозной рычажной передачи на вагоне, где неоднократно образовывались выщерблины, и выявили несоответствие их длин конструкторской документации. Установить причины их образования в данном вагоне не удалось, поэтому, исходя из имеющейся информации и результатов замеров, нами сделано предположение, что при ремонте «стоковую» тягу по каким-то причинам забраковали, а вместо нее поставили другую, которая отличалась всего на несколько сантиметров. Это и привело к увеличению плеча и, соответственно, силе нажатия на колесо.

Таким образом, на сегодня остается не решенной до конца проблема установления причин неисправностей колесных пар, что не позволяет достаточно оперативно и результативно их устранять. Указанное приводит к росту затрат на ремонты и содержание пассажирских вагонов, к ухудшению показателей транспортного обеспечения и обслуживания пассажиров железнодорожного транспорта.

УДК 656.062:656.2

## **МЕСТО ЛОГИСТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*О. А. ХОДОСКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В условиях рыночных отношений для предприятий различных сфер важным является верно определять свой логистический потенциал, что позволит им в будущем не только поддерживать свою стабильную работу, но и повышать ее эффективность. Не отличаются задачи и для предприятий транспортной сферы, где определение и последующее использование оптимального ресурсного потенциала носит основополагающий характер. Содержание понятия логистических ресурсов, имея общий смысл, в различных отраслях экономики включает отличные составляющие. В обобщенном виде логистические ресурсы представляют собой совокупность материальных, трудовых, финансовых и иных ресурсов, необходимых для реализации процессов логистической поддержки.

Любой субъект хозяйствования имеет логистические ресурсы, которые состоят из нематериальных, материальных, информационных, природных, ресурсов производственных отношений, финансовых, трудовых и технико-технологических ресурсов. При этом в транспортных организациях эти логистические ресурсы не всегда имеют интегрированное значение, применяемое для обозначения логистических процессов как по грузовым, так и по пассажирским перевозкам. Обычно не рассматривают их наличие, объем, структуру с точки зрения достижения конечной цели организации при условии эффективного использования имеющихся ресурсов. Но при этом следует отметить, что если есть возможности для наращивания ресурсов, то эти ресурсы должны наращиваться, если в совокупности это приведет к количественному и качественному улучшению конечных финансово-экономических результатов деятельности транспортного предприятия. Современный подход к рассмотрению логистических ресурсов предусматривает, что для максимально эффективного достижения поставленной цели необходимо использовать определенное количество определенных ресурсов.

Под логистическим потенциалом транспортных организаций понимается совокупность внутренних и внешних ресурсов, а также логистических возможностей, которые способствуют созданию условий для их развития и обеспечивают реализацию стратегических целей в сфере экономической деятельности. Учитывая, что такая интеграция функциональных возможностей транспортной организации и наличия у неё ресурсов для выполнения транспортной деятельности является сформированной, то её оптимальный логистический потенциал должен содержать взаимосвязанное соотношение ресурсов и возможностей. Не стоит формировать такой объем ресурсов, для эффективного использования которого у транспортной организации не существует возможностей, и наоборот, не следует формировать возможности, не подкрепленные ресурсами. То есть любые ресурсы в логистическом потенциале должны быть подкреплены возможностями и любые возможности должны создавать условия для максимального использования ресурсов.

Таким образом, организованную совокупность ресурсов и возможностей составляет такая их совокупность, которая учитывает взаимовлияние ресурсов и возможностей, позволяет влиять на ресурсы и возможности с целью обеспечения их эффективного использования. При этом под эффективным использованием ресурсов и возможностей транспортной организации понимается такое соотношение, при котором возможности позволяют максимально использовать их ресурсы, а объемы и качество ресурсов позволяют достичь стратегической цели предприятия при минимальных расходах на выполнение перевозочного процесса.

Зачастую при формировании и использовании логистических ресурсов транспортных предприятий (как и предприятий других сфер экономики) не учитывают их логистические возможности, которые соответствуют каждому виду ресурсов в логистике. При этом на логистические возможности

влияет широкий спектр факторов, ограничивающих эти возможности, так как каждая возможность транспортной логистики ограничена. К указанным факторам можно отнести следующие элементы внешней среды транспортных предприятий:

- технологические, связанные с развитием научно-технического прогресса, процессом развития науки и техники, по результатам которых должна совершенствоваться деятельность транспортной организации;

- экономические – цены на энергоносители, уровень занятости населения, производительность персонала, эффективность использования транспортных средств и инфраструктуры, инфляционные процессы в стране и др. Цикличность развития экономики страны или региона, уровень ВВП имеют значительное влияние на объемы железнодорожных перевозок – от них напрямую зависят объемы и финансовое обеспечение перевозочного процесса. Экономические элементы также влияют на инвестиционную привлекательность предприятий железнодорожного транспорта, что важно в условиях присутствующей неопределенности перевозок грузов и пассажиров;

- природные – при разработке стратегии любого транспортного предприятия необходимо учитывать концепцию энергосбережения при использовании технологий бережливого производства при выполнении перевозок грузов и пассажиров;

- политические – являются одним из важных факторов влияния на транспортную деятельность предприятий железнодорожного транспорта в любой стране (наличие запретов и ограничений на перемещение граждан, стимулирование перевозок путём введения безвизового режима посещения страны и т. д.);

- потребители транспортных услуг. Они могут влиять на микросреду из-за уменьшения или увеличения спроса на выполняемые перевозки. Исследование рынка потребителей железнодорожных пассажирских перевозок может позволить организации прогнозировать, какие услуги будут восприниматься потребителями положительно, насколько можно расширить круг потенциальных потребителей и оценить свои логистические возможности. В случае неудовлетворения потребителей последние могут предпочесть конкурентов, в результате чего будут потеряны определенные секторы рынка пассажирских перевозок и доходы;

- поставщики, осуществляющие техническое и технологическое обеспечение транспортных услуг (владельцы транспортных средств, инфраструктуры, топливно-энергетических ресурсов). В организациях железнодорожного транспорта к ним отнесены субъекты хозяйствования, которые обеспечивают топливно-смазочными материалами, энергоресурсами, ремонт и техническую эксплуатацию транспортных средств, запасными частями к ним, материалами для верхнего строения пути и др.;

- посредники – операторские компании, которые оказывают услуги на стадии организации грузовой или пассажирской перевозки. К ним относятся услуги рекламы, информационного обеспечения и т.д.;

- конкуренты, которые могут вести конкурентную борьбу за ресурсы, услуги, материалы и право пользоваться определенными новейшими технологиями и высокотехнологичной транспортной инфраструктурой. Основным конкурентом Белорусской железной дороги в части массовой перевозки пассажиров является автомобильный и авиационный виды транспорта. Непосредственное влияние на микросреду железнодорожных предприятий конкуренты имеют через уровень цен и тарифов на свои услуги, качество их предоставления;

- контактные аудитории, которые представляют собой субъекты, проявляющие реальную или потенциальную заинтересованность в перевозках, выполняемых транспортной организацией, и влияют на её способность достигать поставленной цели. Белорусская железная дорога функционирует в окружении контактных аудиторий, к которым можно отнести заинтересованных инвесторов, средства массовой информации, профсоюзы, финансовые учреждения и др.

Таким образом, эффективное использование тех или иных логистических ресурсов зависит от того, какие у транспортной организации для этого есть возможности и ограничения в макро- и микросреде. Оптимизация ресурсного обеспечения должна базироваться в первую очередь на принципе возможности освоения этих ресурсов, т.е. необходимости выполнения железнодорожных перевозок в том объеме, в котором может предложить железная дорога, востребованности их у потенциального потребителя. Важно использовать имеющийся логистический потенциал ориентированно на конкретного потребителя, а не абстрактно, создавая, совершенствуя транспортную услугу (делая ее

более комплексной, включающей широкий перечень составляющих, например, заполнение документов для грузоотправителя, пользование инфраструктурой вокзальных помещений повышенной комфортности) адресно, проведя соответствующие маркетинговые исследования, убедившись в ее необходимости, значимости для потребителя.

УДК 656.2.003

## СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К УЧЕТУ ЗАТРАТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*О. А. ХОДОСКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Практически во всех отраслях экономики существует своя специфика ведения финансовой и бухгалтерской отчетности. В особенности ярко это выражено при учете затрат. Транспортная сфера, являясь особенной отраслью, где, в отличие от промышленности, процесс оказания транспортной услуги совпадает с ее потреблением, имеет и свои особенности при формировании и учете затрат. В первую очередь это касается применяемых методов. Так, в современных условиях при организации пассажирских перевозок железнодорожным транспортом в Республике Беларусь применяется несколько методов учета затрат и калькуляции их себестоимости: метод учета затрат и калькуляции себестоимости (при осуществлении неосновных видов деятельности); попроцессный (позволяет управлять издержками, выявить резервы экономии на конкретных элементах производства); нормативный метод (обязательным является наличие норм затрат на единицу выполняемых работ или оказываемых услуг); метод непосредственного расчета по статьям номенклатуры расходов (рассчитываются расходы всех хозяйств, участвующих в осуществлении данной перевозки). На практике же Белорусской железной дорогой используется метод непосредственного расчета. Это связано с тем, что при наличии качественной статистической информации о выполнении показателей эксплуатационной работы в полном объеме и постатейного учета расходов на выполнение каждого показателя организациями отраслевых хозяйств можно достаточно точно отнести долю расходов, приходящуюся на выполнение перевозок пассажиров.

При принятии организационных управленческих решений в области финансирования железнодорожных пассажирских перевозок и проведения тарифной политики на дороге возникает потребность определения себестоимости перевозки в конкретных технологических условиях. Имеющаяся в отчетности железной дороги (форма 69-ЖЕЛ) информация о величине себестоимости перевозок не может быть использована, так как характеризует усредненные расходы для общих условий перевозок. В связи с этим данный метод, несмотря на его точность, является весьма объемным и трудоемким – требует большого объема счетной работы. Конечно, при современном уровне использования информационных технологий этот метод является наиболее точным. Но имеется и ряд ограничений при использовании в современных условиях, когда изменены виды сообщений и расширены виды тяги. При этом статьи расходов, отнесенные на вокзальную и плацкартную составляющие, не входят в распределение их на тяговую и инфраструктурную составляющие себестоимости, а выделяются в самостоятельные её элементы.

В действующей методике расчета себестоимости перевозок пассажиров не выделяются расходы по каждой статье, отсутствует функционально-технологическое разделение расходов в соответствии с требованиями ЕАЭС на вокзальную, плацкартную, тяговую и инфраструктурную составляющие. Это не позволяет применять современный логистический подход в управлении расходами, так как часть статей расходов выделяется по признаку элементов номенклатуры статей (зарботная плата, электроэнергия, топливо, прочие).

Нельзя не отметить, что на индивидуальный подход к формированию затрат и расчету себестоимости на железнодорожном транспорте влияют и уникальные условия, существующие в экономике, политике конкретного государства, естественные условия и исторические предпосылки. Наряду с прочими, можно выделить форму собственности на железнодорожную инфраструктуру, тяговый подвижной состав, присутствие на внутригосударственном рынке независимых транспортных опе-



раторов. В большинстве государств эффективность работы железнодорожного транспорта в значительной степени зависит от естественных и дополнительно создаваемых экономических предпосылок, чем от вида собственности. Однако на сегодняшний день при рассмотрении организации перевозок железнодорожным транспортом все же важно отметить форму собственности инфраструктуры железнодорожного транспорта и подвижного состава. Эта характеристика оказывает влияние на формирование некоторых особенностей в организации железнодорожных перевозок.

В европейских странах, например, железнодорожная инфраструктура и тяговый подвижной состав в основном находятся в государственной собственности. Это связано с тем, что пассажирские перевозки относятся к социально-значимой прерогативе государства, и оно проявляет социальное партнерство с железнодорожными администрациями. В то же время следует отметить одновременное наличие многих независимых операторов по перевозкам. Для координации их работы в интересах пассажира требуется эффективная логистическая система, которая в настоящее время не функционирует в требуемом объеме в странах постсоветского пространства.

При рассмотрении опыта организации перевозок в зарубежных государствах следует отметить, что пассажирские перевозки железнодорожным транспортом занимают там особое место. При этом популярностью пользуются перевозки пассажиров железнодорожным транспортом на средние и ближние расстояния (что зачастую связано с местами работы населения). Для абсолютного большинства железных дорог Европейских государств является характерным высокий уровень логистического обслуживания и логистического сервиса, в основу которого положено тесное взаимодействие различных видов транспорта при организации пассажирских перевозок. Так, например: поездка из Варшавы в Рим выполняется пассажиром в обычном поезде (со скоростью до 140 км/ч) по территории Польши, в скоростном (со скоростью 270–300 км/ч) по территории Германии и в специализированном для горной местности (со скоростью 180 км/ч) либо автотранспортом по Италии. Это делает систему железнодорожного транспорта в странах Европы более значимой по сравнению с США, где для поездок на дальние расстояния лидером является авиационный транспорт (пересекая маршрутами между крупными городами всю страну), а железнодорожный используется в основном для поездок к месту работы и обратно.

При детальном рассмотрении вопроса об эффективности функционирования железнодорожных пассажирских перевозок в иностранных государствах становится видно, что в части пассажирских перевозок для большинства государств комплекс пассажирского железнодорожного транспорта функционирует неэффективно (так же, как и в странах постсоветского пространства), то есть пассажирские перевозки являются убыточными (США, Франция, Германия и др.) и требуют дотаций от государства. Однако в таких странах, как Япония и Швейцария, такие перевозки рентабельны. Наиболее ярким примером может служить Япония, где ежегодно перевозится более 25 млрд пассажиров (при населении порядка 125 млн чел.), в то время как в Беларуси – около 90 млн пассажиров. Этому способствуют инновационный подход в развитии железнодорожных пассажирских перевозок, постоянное внедрение новейших систем и технологий, современных научных достижений, цифровых технологий, а также хорошо развитая логистика управления расходами на пассажирские перевозки – современная матрица расходов с интегрированными управляемыми переменными на их изменение по соответствующим измерителям по каждому отраслевому хозяйству.

#### Список литературы

- 1 Апанасович, В. В. Современные концепции развития транспорта и логистики в Республике Беларусь : сб. ст. / В. В. Апанасович, А. Д. Молокович. – Минск : Центр «БАМЭ-Экспедитор», 2014. – 320 с.
- 2 Аррак, А. О. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок : практическое пособие / А. О. Аррак. – Таллинн : Ээсти раамат, 2011. – 200 с.
- 3 Бухгалтерский учет на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 511 с.
- 4 Ходоскина, О. А. Организационно-методические подходы к процессу управления расходами на железнодорожные пассажирские перевозки / Р. Б. Ивуть, О. А. Ходоскина // Новости науки и технологий. – Минск, 2017. – № 2(41). – С. 43–50.
- 5 Ходоскина, О. А. Планирование ресурсов пассажирского хозяйства железных дорог Украины с использованием ставок удельных расходов / Т. В. Горяинова, А. А. Михальченко, О. А. Ходоскина // Рынок транспортных услуг : междунар. сб. науч. тр. / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под ред. В. Г. Гизатуллиной. – Гомель, 2011. – Вып. 4. – С. 181–190.

6 Ходоскина, О. А. Фрагментарное распределение логистики железнодорожных пассажирских перевозок / О. А. Ходоскина // Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика : матеріали Тринадцятої міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 8–10 черв. 2017 р. : тез. доп. / Укр. держ. ун-т заліз. трансп. ; под ред. В. Л. Диканя. – Харків, 2017. – С. 188–189 (Вісн. економіки трансп. і промисловості № 58).

УДК 656.224.003

## **КОНТРОЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК**

*С. Л. ШАТРОВ, Н. С. ЦУПЛЯКОВА, Н. С. КУЗНЕЦОВА*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. Я. КРАВЕЦ*  
*Белорусская железная дорога, г. Гомель*

Современные условия развития Республики Беларусь характеризуются высокой степенью независимости экономических субъектов как в принятии экономических решений, так и в контроле их исполнения, что напрямую сопряжено с обеспечением экономической безопасности субъекта хозяйствования.

Объективной необходимостью существования различных форм контроля в контексте Указа Президента Республики Беларусь «О мерах по совершенствованию контрольной (надзорной) деятельности» № 510 от 16.10.2009 г. (далее Указ) является специфический набор целей, групп потребителей информации и, как следствие, наличие собственных методик, приемов и способов достижения поставленных задач. При этом изменения нормативного документа, вступившие в силу с 2018 года потребовали от субъектов хозяйствования государственного сектора управления трансформировать существующие подходы к организации системы контроля, что связано как с изменением форм государственного контроля (выборочные, внеплановые проверки, мероприятия технического (технологического, поверочного) характера и меры профилактического и предупредительного характера), так и полномочий контролирующих органов (отдельные из них упразднены – часть ведомственного ревизионного аппарата).

Традиционно среди институтов контроля финансовой (экономической) информации на железнодорожном транспорте особое место занимают органы внутреннего контроля, которые представлены контрольно-ревизионным аппаратом, имеющим четкое функциональное разделение по укрупненным объектам контроля: расходы, доходы. Однако становление и развитие нового подхода к организации государственного контроля привело к трансформации существующей системы внутрихозяйственного контроля железной дороги, что выражается не только в необходимости структурных преобразований, но, что более важно, постановке новых концептуальных задач, отвечающих современным требованиям управления. Поэтому в качестве цели функционирования системы внутрихозяйственного контроля железнодорожного транспорта определено проведение контрольно-аналитических мероприятий, что вызывает необходимость разработки методик контроля не по функциональному признаку – доходы и расходы, а по процессному – эффективность осуществления бизнес-процессов и подпроцессов, их обеспечивающих.

В качестве основных бизнес-процессов, подлежащих контролю в пассажирском хозяйстве, можно рассматривать перевозку пассажиров в различных типах подвижного состава, а под процессами, их обеспечивающими – ремонт, техническое обслуживание, экипировка и т.д.

Особый интерес для проведения контрольно-аналитических мероприятий последних лет вызывает проверка целесообразности и эффективности использования нового моторвагонного подвижного состава железнодорожного транспорта. И, если методика контроля включает стандартный набор процедур: от инвентаризации материальных ресурсов (в части контроля расходов) до полноты и правильности взимания и исчисления выручки (в части контроля доходов), то в части проведения аналитических процедур необходимо разработать систему показателей, опираясь на которую проверяющий сможет сделать вывод как о целесообразности осуществления ремонтов и ТО, так и

осуществления бизнес-процесса в целом. При этом в связи с социальным характером пассажирских перевозок опираться в определении эффективности на прибыльность процесса не получится, поэтому необходим симбиоз из показателей эффективности эксплуатации моторвагонного подвижного состава и экономических параметров осуществления данного бизнес-процесса.

Показатели, формируемые на основе технической составляющей, позволяют осуществить оценку эффективности использования моторвагонного подвижного состава только с точки зрения эксплуатационной работы, т. е. по существу отсутствует прямая оценка экономической эффективности:

- средняя населенность вагона в составе моторвагонного подвижного состава;
- оборот состава;
- среднесуточный пробег состава;
- производительность пассажирского вагона в составе моторвагонного подвижного состава;
- коэффициент использования вместимости пассажирских вагонов в составе моторвагонного подвижного состава;
- коэффициент коммерческого использования моторвагонного подвижного состава.

В связи с этим в систему показателей следует включить показатели, расчет которых основан на доходах и прибыли (убытке) от использования моторвагонного подвижного состава (как величин экономического эффекта):

- среднесуточная фондоотдача моторвагонного подвижного состава;
- доходность вагоно-часа;
- доходность тонно-километра брутто и др.

Кроме того, существует ряд косвенных показателей эффективности использования показателей, которые позволяют проверяющим удостовериться в полученных результатах контроля за целесообразностью и эффективностью осуществления бизнес-процесса:

- коэффициент соотношения темпов роста доходов от пассажирских перевозок и величины амортизационных отчислений по моторвагонному подвижному составу. Так, если темп роста доходов от пассажирских перевозок опережает темп роста величины амортизационных отчислений по моторвагонному подвижному составу, можно сказать, что он используется эффективно;
- коэффициент соотношения темпов роста доходов от пассажирских перевозок и величины затрат по содержанию и текущему ремонту моторвагонного подвижного состава.

Опережающий темп роста доходов от пассажирских перевозок над темпом роста затрат по содержанию и ремонту моторвагонного подвижного состава свидетельствует об эффективном их использовании.

Следует отметить, что трансформация методологии экономического контроля на железнодорожном транспорте последних лет существенно приближает его к целям системы управления, что не только формирует действенный механизм по поиску и использованию резервов повышения эффективности деятельности пассажирского хозяйства, но и позволяет в полной мере обеспечить экономическую безопасность железной дороги, как субъекта хозяйствования с повышенными рисками функционирования.

#### Список литературы

1 Липатова, О. В. Обоснование системы показателей оценки эффективности использования моторвагонного подвижного состава / О. В. Липатова // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2018. – № 11. – С. 271–277.

2 Липатова, О. В. Развитие методики оценки экономической эффективности использования подвижного состава железнодорожного транспорта / О. В. Липатова, С. Л. Шатров // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2016. – Вып. 9. – С. 334–343.

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.

4 Шатров, С. Л. Методические основы организации контроля на железнодорожном транспорте / С. Л. Шатров // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2011. – № 4. – С. 103–113.

5 Шатров, С. Л. Процессный контроль в организациях железнодорожного транспорта / С. Л. Шатров // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D: Экономические и юридические науки. – 2018. – № 13. – С. 123–126.

7 Шатров, С. Л. Процессный подход в аналитической оценке эффективности функционирования транспортных систем / С. Л. Шатров // Бухгалтерский учет и анализ. – Минск : БГЭУ, 2018. – № 9 (261). – С. 14–22.

8 Шатров С. Л. Процессный подход в системе управления железнодорожного транспорта: учетно-контрольные аспекты / С. Л. Шатров, Е. О. Фроленкова // Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты : сб. статей II Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого университета [Электронный ресурс]. – 2018. – С. 471–475.

## МЕТОД АНАЛИЗА ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

С. В. ШИЛЬКО, Ю. Г. КУЗЬМИНСКИЙ

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель*

М. В. БОРИСЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

К. К. БОНДАРЕНКО

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель*

При оценке трудоспособности и адаптационных возможностей работников транспорта представляет интерес изменение гемодинамических параметров в реальном масштабе времени по данным стандартного нагрузочного теста «покой – нагрузка – восстановление». Существующие средства измерения позволяют достаточно просто определить частоту пульса и параметры оксигенации (насыщения кислородом) крови. Для расширения возможностей указанной диагностики предлагается использовать программное обеспечение, в основе которого использована биомеханическая модель артериальной части сердечно-сосудистой системы [1]. К настоящему времени при участии авторов разработаны экспериментальные образцы приборов, реализующих три метода получения первичной диагностической информации – электрокардиографию, фотоплетизмографию и окклюзионную тонометрию [2].

Исходя из частоты пульса и времени прихода отраженной волны, с использованием имеющихся экспериментальных статистических зависимостей вычисляются давление, скорость пульсовой волны, вязкость крови и содержание гемоглобина. Далее в модели методом перебора значений с управляемым шагом изменения определяются систолический объем, параметр кислотного равновесия, артеровенозный градиент по кислороду, уровень кислородообеспечения выполняемой тестовой нагрузки, коэффициент исходного сжатия/расширения артериальных сосудов. Оптимизационным принципом является минимизация суммы отклонений искомым параметров от норм с учетом весовых коэффициентов. Все остальные параметры вычисляются по известным функциональным зависимостям. Поскольку вариативность частоты пульса в тесте очень высока (параметр  $p_{nn} 50 > 60 \%$ ), определение времени прихода отраженной пульсовой волны и частоты пульса требует линейной многоточечной фильтрации.

Результатами диагностики являются показанные на рисунке 1 значения и мгновенный профиль отклонения гемодинамических параметров от норм.

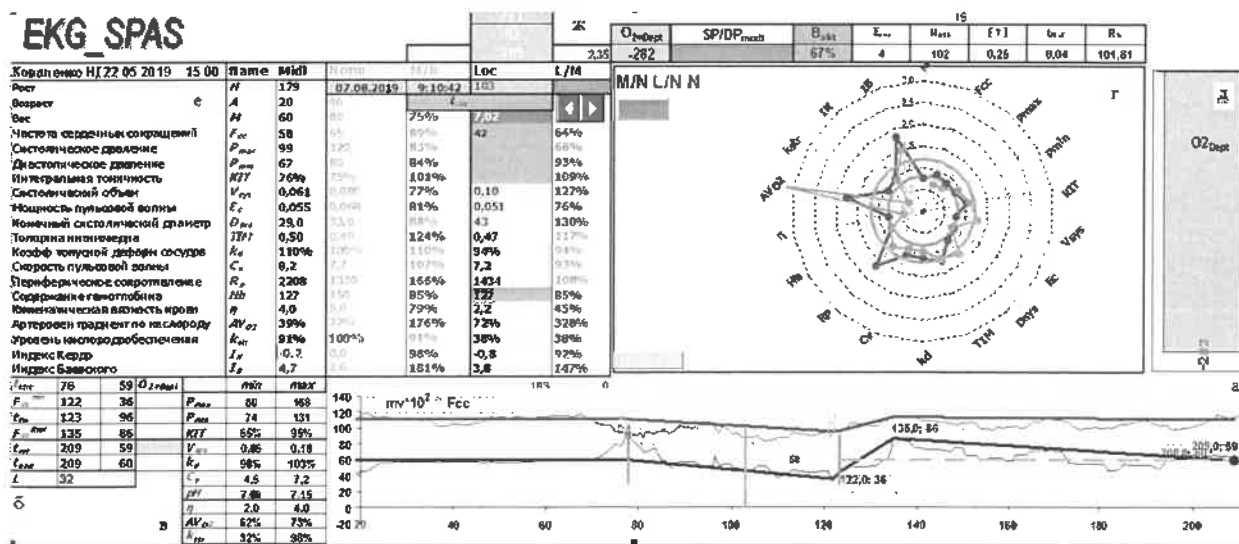


Рисунок 1 – Результаты расчета параметров гемодинамики

Также на рисунке 1 представлены такие результаты, как величина кислородного долга в контрольных временных точках теста (начало нагрузки, минимум частоты пульса, максимум частоты пульса, восстановление частоты пульса до значения в состоянии покоя, момент окончания теста), границы изменения всех гемодинамических параметров при тестировании. Осредненные профили пульсовой волны и ЭКГ сопоставляются с профилями, характерными для патологических состояний.

Проведенное первоначальное тестирование модели на группе студентов БелГУТа показало возможность автоматизированного выявления ряда функциональных гемодинамических отклонений, что подтверждает применимость предлагаемой методики как инструмента оценки функционального состояния спортсмена, а также используемого инвентаря.

#### Список литературы

1 Кузьминский, Ю. Г. Метод диагностики сердечно-сосудистой системы на основе одномерной модели гемодинамики / Ю. Г. Кузьминский, С. В. Шилько // Информатика. – 2014. – № 4. – С. 25–34.

2 Шилько, С. В. Аппаратная реализация и апробация неинвазивной диагностики гемодинамики на основе тензометрии и расширенной тонометрии / С. В. Шилько, М. В. Борисенко, Ю. Г. Кузьминский // Приборы и методы измерения. – 2015. – № 1. – С. 39–46.

УДК 656.224.003

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОРСАЙТ-ТЕХНОЛОГИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПАССАЖИРСКИМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Т. В. ШОРЕЦ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Пассажирские перевозки железнодорожным транспортом на сегодня составляют около 33 % всего пассажирооборота в республике. При этом ежегодно конкуренция на рынке перевозок растет. Вследствие этого возникает необходимость использования на Белорусской железной дороге современных методов управления, отвечающим требованиям, предъявляемым современными экономическими условиями.

Одним из таких методов является «форсайт». В исследованиях ученых-экономистов форсайт рассматривается как обсуждение различных вариантов направлений осуществления финансово-хозяйственной деятельности и разработка на его основе долгосрочных планов развития в различных сферах социально-экономической жизни. При этом созданная совокупность инструментов позволяет предугадать возможные отклонения от выбранных направлений развития. Таким образом, форсайт – это метод экспертного прогнозирования, включающий не только планирование, но и процесс реализации разработанного плана.

В целом можно отметить, что форсайт представляет собой инструмент управления, объединяющий ряд основных функций управления: планирование, анализ, контроль и принятие решений. Оценивая существующий порядок планирования и прогнозирования, можно отметить, что сегодня применяемые методы используются без взаимосвязи друг с другом. Фактически происходит следующее: на основании отчетной информации прошлых отчетных периодов предсказывается с определенной долей вероятности появление тех или иных событий в будущем. При этом экономисты-плановики используют данную информацию как основу и закладывают ее в план развития отрасли.

В отличие от традиционного планирования, при использовании технологий форсайта:

– предполагается участие ряда заинтересованных слоев общества, в том числе учет точки зрения экспертов;

– технологии носят междисциплинарный характер и объединяют статистические, микро- и макроэкономические, маркетинговые, эвристические и социологические методы;

– форсайт мотивирует участников к активным действиям и позволяет сделать шаг от прогнозирования будущего к его формированию.

При использовании форсайт-технологий в качестве экспертов, помимо сотрудников плановых и инженерных служб предприятий, должны привлекаться ученые, бизнесмены, государственные

служащие, а также непосредственные потребители транспортных услуг – пассажиры. Исследования показывают, что именно на основе такого подхода формируется наиболее объективный план, в выполнении которого заинтересованы все участники. Все это позволит выделить наиболее перспективные направления развития пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте, и сравнительно быстро их реализовать, поскольку в такой реализации будут участвовать представители науки, образования, производства и рынка, которые являются авторами реализуемого плана.

Так как форсайт является одним из методов управления, то одной из его функций является активное влияние на развитие процесса (в нашем случае процесса пассажирских перевозок), т.е. на будущее. В процессе управления разрабатывается план развития пассажирских перевозок, при этом обязательно должны быть увязаны интересы всех слоев населения, которые являются потребителями данной категории транспортных услуг.

В качестве недостатка следует отметить, что план, разработанный по методу «форсайт», включает в себя субъективные точки зрения экспертов, которые представляют широкие слои населения. Их мнения зачастую основываются на повседневном опыте работы, но при этом полученный опыт не всегда связан с новациями. Поэтому в разработанных таким образом планах могут отсутствовать базисные инновации, для выявления которых используются другие подходы.

Первоначально метод форсайт использовался как инструмент согласования позиций лиц, принимающих какие-либо решения. При этом эксперты обменивались своими мнениями о перспективах развития тех или иных процессов. В ходе обсуждений рассматривались различные мнения об определенных процессах, а также проводился подробный анализ всех мнений. В конечном итоге у экспертов складывалось общее представление о перспективах развития рассматриваемых процессов, что помогало принимать правильные решения.

На сегодняшний день форсайт стал одним из самых распространенных в мире методов прогнозирования. Его используют не только в экономике стран, но и во многих других видах деятельности, например, в политике, здравоохранении, образовании и т.д. Помимо этого метод стал использоваться и на микроуровне, то есть в деятельности организаций. Фактически, использование метода форсайт стало попыткой учесть при планировании требования, предъявляемые инновационным путем развития мировой экономики и необходимостью интеграции науки, образования, производства и рынка в единое целое. Опыт развитых стран показывает, что форсайт предопределяет наиболее действенную структуру управления инновационным процессом в комплексном виде.

Для проведения прогнозирования по методу форсайт используется определенная последовательность работ:

- создание руководящего комитета и аналитической группы;
- определение состава экспертных групп;
- определение основных целей деятельности;
- выделение основных направлений для стратегического развития;
- разработка и выбор инновационных проектов;
- прогноз результатов прикладных научных исследований;
- прогноз результатов фундаментальных научных исследований;
- прогноз развития новых товаров, услуг и технологий;
- прогноз перспектив развития выделенных направлений;
- выбор и разработка рынков;
- прогноз выхода на рынок новых товаров, услуг и технологий;
- сопоставление результатов прогноза с общемировыми тенденциями;
- разработка долгосрочной программы (плана);
- реализация программы.

Используемые в современных условиях форсайт-технологии представляют собой спланированные и организованные систематические процессы. Так как форсайт в первую очередь ориентирован на определение возможных вариантов развития в будущем, и основой для оценки таких вариантов являются экспертные оценки, то методология форсайта включает в себя не только традиционные подходы к планированию и прогнозированию, но и новые экспертные методы.

Сущность форсайта состоит в том, что при его использовании проводится целенаправленный выбор из ряда возможных вариантов будущего, используя при этом различные критерии:

- при выборе производственных технологий – критерий достижения максимального экономического эффекта от использования;

– при построении плана развития отрасли – выявление потенциальных рыночных ниш и выбор технологий, позволяющих максимально быстро разработать конкурентоспособные продукты для новых рынков сбыта.

Суть форсайта состоит в том, что наступление наиболее оптимального варианта развития процесса в будущем во многом зависит от действий, предпринимаемых именно сегодня. Вследствие этого выбор вариантов развития сопровождается разработкой мер, обеспечивающих оптимальный путь инновационного развития.

Результаты форсайта представляются в форме выступлений, отчетов, наборов сценариев, рекомендаций. Небольшой сложностью выступает лишь необходимость создания площадки, в рамках которых сотрудники предприятий, образовательных, научно-исследовательских учреждений, служащие, специалисты смежных областей знаний могут периодически обсуждать возникающие проблемы. При этом развитие цифровых технологий позволяет значительно упростить решение данной задачи.

В целом следует отметить, что современные тенденции социально-экономического развития транспортной системы, а также необходимость поиска новых резервов роста предъявляют новые требования к управлению организацией пассажирских перевозок. Использование в практике управления форсайт-технологий будет способствовать повышению качества управления не только пассажирскими перевозками, но и в целом железнодорожным транспортом в Республике Беларусь.

УДК 656.224.072.4(510)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ЦЗЯНМЭНЬ – МАОМИН**

### **PASSENGER FLOW CHARACTERISTICS ANALYSIS AND TRAIN OPERATING ORGANIZATION OPTIMIZATION FOR JIANGMEN – MAOMING HIGH SPEED RAILWAY**

*ЛИ КОНГНИ*

*Гуанчжоуский профессионально-технический колледж железнодорожного транспорта,  
Китайская Народная Республика*

I have an idea is about the passenger flow analysis for Jiangmen-Maoming High speed Railway. You know with the rapid development of China's economy, the number of high-speed railways in operation and the number of total passengers delivered by high-speed railways are increasing. How to optimize train operation organization to meet the travel needs of passengers is the important problem that high-speed railways operators need to face. Of course, the same is true of Jiangmen-Maoming high speed Railway.

Jiangmen-Maoming high speed Railway is a high-speed railway from Jiangmen to Maoming in Guangdong Province. It is an important part of Shen-Mao High-speed Railway. Its total length is 265.539 kilometers and its designed speed is 200 km/h.

Therefore, I intend to analyzes the passenger flow characteristics based on passenger ticket data of Jiangmen-Maoming high-speed railway, from spatial distribution and time distribution. and puts forward corresponding suggestions.

Then analyses the matching of passenger flow space-time characteristics of high-speed railway station with current train operation organization, and puts forward the optimization method of train operation organization based on the passenger flow characteristics of the station and its application scope.

I will do some analyses the passenger flow, such as, Node passenger flow, origin destination (OD) passenger flow and Passenger flow direction from spatial distribution.

Holiday Passenger Flow, Weekly Passenger Flow and Time interval Passenger Flow from time distribution.

Then research some laws about the passenger flow, and does the Train Operation Plan Operation Match with the Passenger Flow Law? If there are unreasonable factors, how to optimize them?

That's the problem we need to solve.

However, there are some problems and difficulties. Such as getting the current real date about the high-speed railway, the optimal algorithm for train operation. All these need more detail research and discuss.

**ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТОВ СЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРОВ  
НА ВОКЗАЛАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ  
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**A STUDY ON PASSENGER ACCESS ROUTE SELECTION  
AND OPTIMIZATION BASED ON LAYOUT  
OF FACILITIES THROUGHOUT HIGH-SPEED RAILWAY STATION**

*ХЭ ХОНГ*

*Гуанчжоуский профессионально-технический колледж железнодорожного транспорта,  
Китайская Народная Республика*

As it turns out, the layout of the facilities throughout the high-speed railway station, can largely affect the time for passengers to enter railway station. Take Guangzhou South railway station as an example, there are so many customer service facilities including ticket office, real-name certification, ticket vending machine, exit, entrance, galleries, passenger waiting room, escalators, ticket gates (check-in office/ticket entrance/wicket), security check as it is one of the largest junction station. The location of these facilities will influence passengers' route selection, and it will cause an imbalance usage of facilities under the circumstance of passengers' unfamiliar with the layout of facilities, as a result, it will take much more time for passengers to enter railway station. Therefore it is significant to guide and optimize passengers' access route selection to reduce the time of queuing.

This paper will start with real-name certification and security check since they serve as two important and time-consuming steps for passengers to enter railway station. Adopting mathematical statistical principle, the paper analyzes the characteristics of queuing by adopting Queuing Theory Basis, establishes M/M/1/∞/∞/ FCFS (First come first served) queuing system model and calculates the queuing time and the quantity of waiting passengers. Then, this paper establishes a model to calculate the minimum time for passengers to enter the station based on the current layout of facilities. Finally, it gives out some advice for passengers to choose the access route.

**To improve the efficiency of passengers' access.**

Passengers' entrance process The ordinary entrance process includes 5 steps: ticket booking – real – name certification – security check – waiting hall – boarding. From the facility perspective, it contains entrance – ticket booking office or ticket vending machine – real – name certification machine – escalators – security check – waiting hall – check in.



## 8 ФИЗИКА, МЕХАНИКА И МАТЕМАТИКА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 629.002.3:004

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДИК ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА ТРАНСПОРТЕ

*А. И. АНДРЕЕВ, С. М. КОКИН, В. А. НИКИТЕНКО, А. В. ПАУТКИНА*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Чтобы гарантировать надёжную работу техники, избежать её выхода из строя и возникающих при этом негативных последствий для персонала и окружающей среды, на транспорте должны использоваться качественные конструкционные и вспомогательные технологические материалы. К ним относятся горюче-смазочные материалы (ГСМ), электроизоляционные и трансформаторные масла, тормозные жидкости, смазки и другие вещества, широко применяемые в транспортной технике. Так, например, в смазке постепенно накапливаются частицы трущихся узлов, продукты её деструкции и старения. Известно, что наличие посторонних включений и некондиционных добавок в 2–5 раз ускоряет износ трущихся пар, повышает загрязнённость рабочих полостей машин и механизмов, что может привести к возникновению аварийной ситуации, к выходу из строя транспортного устройства в целом. Именно поэтому необходим контроль качества смазки, который рекомендуется проводить на различных стадиях: при приемке на склад, хранении, заправке, в процессе эксплуатации, при сборе после отработки, при очистке, решении вопроса о её замене. Важно также, что применение даже «свежего», но некачественного материала способно привести к снижению ресурса как отдельного агрегата, так и всего устройства в целом.

Ситуация с качеством вспомогательных материалов усложняется ещё и тем, что в настоящее время помимо крупных товаропроизводителей, большую активность на товарном рынке развили средние и мелкие производители, качество предлагаемой продукции которых из-за ограничения технологических возможностей порой оставляет желать лучшего. Добросовестные производители тратят огромные средства на разработку оригинальной тары и этикеток, штрих-кодов, акцизных марок и тому подобных средств, призванных защитить продукцию и торговую марку. Однако упомянутые меры являются исключительно внешними атрибутами, никак не гарантирующими их однозначное и доказательное соответствие с защищаемой маркой продукции и поэтому не являются надёжным средством защиты от контрафакта.

С достаточно высокой достоверностью оценить фактическое состояние смазки, а также ряда других материалов, применяемых в транспортной технике, можно, используя методы оптической спектроскопии. Подобные измерения проводятся в РУТ (МИИТ) на базе Научно-образовательного центра «Цифровая информационно-аналитическая оптика» (НОЦ ЦИАО); в их основе лежит анализ спектров поглощения, комбинационного рассеяния, возбуждения излучения и самой люминесценции заданных веществ в различных диапазонах длин волн (от 190 до 20000 нм). Связь интенсивности сигнала на разных длинах волн с длиной волны возбуждающего света обусловлена как качественным, так и количественным составом исследуемого объекта, характером его наномасштабной самоорганизации. Свой вклад в вид спектров вносят практически все микропримеси, содержащиеся даже в ничтожных количествах ( $10^{-5}$ – $10^{-9}$  г/л) исследуемого вещества: изменения состава немедленно отражаются в наблюдаемой спектрометрической картине. Сказанное поясняется рисунком 1, который иллюстрирует возможности оптической спектроскопии по идентификации образцов на примере трёх партий смазки ЖТ–79Л для автотормозных приборов. Образцы были предоставлены ОАО ВРК-2 (станции Ожерелье, Ярославль и Узловая). Обозначения на рисунке:

- $D$  – коэффициент пропускания (в относительных единицах);
- $\lambda$  – длина волны света, падающего на образец, см;
- смазка ЖТ–79Л\_Ож; паспорт качества № 2153 от 14.07.11, потребитель – станция Ожерелье;

- смазка ЖТ-79Л\_Яр; паспорт качества № 381 от 12.03.10, потребитель – станция Ярославль;
- смазка ЖТ-79Л\_Уз; паспорт качества № 610 от 15.03.12, потребитель – станция Узловая.

Как следует из рисунка 1, спектры пропускания образцов смазки разных партий (измерения проведены на Фурье ИК-спектрометре ФТ 801) имеют заметные отличия. Это говорит о том, что, действительно, сравнительный анализ спектров может служить основой для проведения входного контроля состава материала, в частности, для идентификации используемой партии смазки.

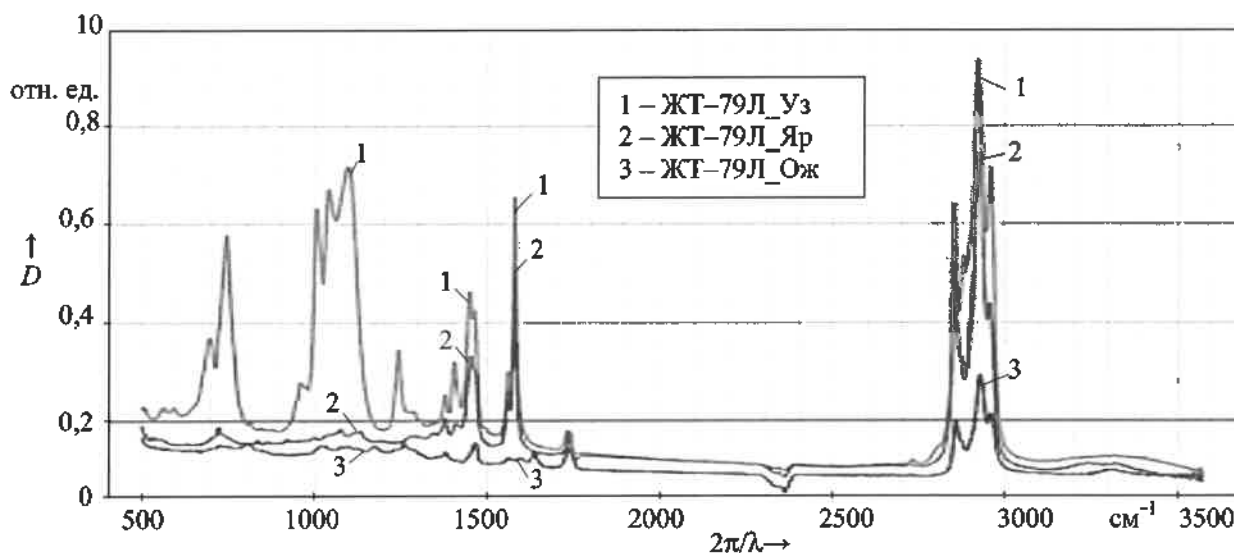
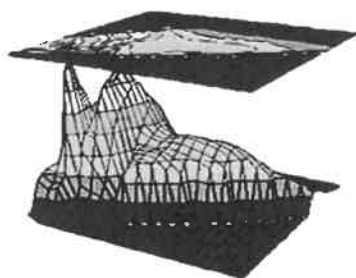


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента пропускания  $D$  образцов смазки разных партий от волнового числа  $2\pi/\lambda$ .

В НОЦ ЦИАО разрабатывается оригинальная информационно-аналитическая методика исследований [1], в ходе которых используется современная высокочувствительная аппаратура фирм «AVANTES», «AGILENT TECHNOLOGIES» (США), НПФ «SIMEX» (Россия), ЗАО «Спектроскопия, оптика и лазеры» (Беларусь). Результаты измерений обрабатываются специальной программой, позволяющей получить так называемый «факсимильный» образ объекта: «трёхмерную» картину, отражающую его состав. Существенно, что эта картина уникальна для каждого продукта; более того, даже малые вариации состава анализируемого вещества приводят к её заметным изменениям. В рамках данной ин-



Построение факсимильного образа



Рисунок 2 – Факсимильные образы образцов воды

формационно-аналитической методики свойства исследуемого вещества (по сути, являющегося многокомпонентной системой) контролируются не дифференциально, по наличию или отсутствию отдельных компонент, а интегральным, обобщённым образом, как единое целое. Получаемый при этом образ сравнивается с эталонным (построенным для оригинального образца), после чего делается вывод о качестве исследуемого продукта. Методика часто имеет экспресс-характер (занимает минуты), для исследований требуется минимальное количество вещества (граммы). На рисунке 2 приведён пример факсимильных образов, полученных при исследовании воды из разных источников.

Таким образом, опыт работы НОЦ ЦИАО РУТ (МИИТ) говорит о том, что использование цифровых оптических методов исследований

является перспективным направлением для создания методик оперативного контроля качества различных материалов и продуктов, в том числе используемых на транспорте.

#### Список литературы

- 1 Возможности и исследования НОЦ ЦИАО Российского университета транспорта в области экологической и техно-сферной безопасности / А. И. Андреев [и др.] // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность: сб. – Севастополь : СевГУ, 2019. – С. 147–151.

## МЕТОД ПРИБЛИЖЕННОЙ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОЛСТОСТЕННОЙ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ КОМПОЗИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ

*А. В. БАБАЙЦЕВ, Ю. О. СОЛЯЕВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ*  
*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Рассматривалась составная толстосекционная осесимметричная конструкция, состоящая из металлического сердечника (армирующего компонента) и внешней толстосекционной оболочки, выполняемой из композиционного материала. Конструкция нагружается распределенной вдоль части ее длины погонной нагрузкой, связанной с действующим внешним давлением, и инерционными силами, связанными с возникающим ускорением. Методика основана на одномерной модели составного стержня переменного сечения, приближенно учитывающей поперечные деформации, что необходимо при анализе толстосекционной конструкции, работающей под давлением. В предложенном подходе геометрия изделия разбивается на участки и аппроксимируется фрагментами в форме усеченных конусов и цилиндров. Вводятся эффективные характеристики. Строится одномерное решение в усилиях в направлении длины изделия и решение в рамках обобщенного плоского деформированного состояния для случая осесимметричной задачи (уточняется распределение напряжений в направлении радиальной координаты). Действующие напряжения: нормальные радиальные и окружные. Деформации в направлении оси изделия находятся из решения.

Напряжения в стержне и оболочки находятся на основе обобщенного закона Гука из условия, что найденное продольное усилие  $N(z)$  является результирующей для этих напряжений (что справедливо по принципу Сен-Венана вдали от краев и зон изменения геометрии) и с учетом радиальных и окружных напряжений, а определенные продольные деформации суммируются с решением в продольных деформациях.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-01-00837.

## РЕЗОНАНСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ДИНАМИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧАХ ДЛЯ УПРУГИХ ТЕЛ С НАЧАЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

*С. Ю. БАБИЧ*  
*Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев*

Динамическая контактная задача для абсолютно жесткого штампа, который движется с постоянной скоростью вдоль границы упругой полуплоскости в рамках классической линейной теории упругости (материалы без начальных напряжений), исследована впервые Л. А. Галиным, и получено её точное решение. Этот результат является одним из немногих точных решений, которые получены до настоящего времени применительно к динамическим контактным задачам классической линейной теории упругости. В работах автора получено точное решение динамической контактной задачи для абсолютно жесткого штампа, который движется с постоянной скоростью вдоль границы упругой полуплоскости с начальными напряжениями. Точное решение получено в весьма простой форме для общего случая неравных корней основного (характеристического) уравнения с привлечением варианта линеаризированной теории упругости. Применяются представления напряжений и перемещений плоской динамической задачи линеаризированной теории упругости через аналитические функции комплексных переменных в общем случае для сжимаемых и несжимаемых материалов с произвольной структурой упругого потенциала. Заметим, что впервые комплексные потенциалы для плоской динамической задачи в случае полуплоскости с начальными напряжениями введены в работах академика НАН Украины Гузя А. Н. и автора данной работы. Введенные комплексные представления содержат в себе ряд ранее известных результатов, которые являются следствием предельных переходов. Так, например, когда скорость движения штампа равна нулю ( $v = 0$ ), получаем основные соотношения для комплексных представлений в случае статических плоских задач

для сжимаемых упругих тел с начальными напряжениями (при равных корнях характеристического уравнения). Если дополнительно принять  $s_{11}^0 \equiv s_{22}^0 = 0$ , т. е. предположить, что начальные напряжения отсутствуют, то будем иметь представления через комплексные потенциалы в форме Колосова – Мусхелишвили. Для неравных корней в случае отсутствия начальных напряжений, т. е. положив  $s_{11}^0 \equiv s_{22}^0 = 0$ , получим результаты в форме Л. А. Галина, а приняв дополнительно к  $\nu = 0$  это же условие и введя составляющие тензора  $\tilde{\omega}$  для линейного упругого ортотропного тела, получим комплексные потенциалы С.Г. Лехницкого. Здесь используется метод сведения рассматриваемых задач к задаче Римана – Гильберта с привлечением формулы Келдыша – Седова.

В настоящей работе рассматриваются вопросы, относящиеся к поверхностным явлениям применительно к динамической контактной задаче для полуплоскости с начальными напряжениями. Из известных выражений следует, что комплексные потенциалы, являющиеся точными решениями первой задачи для полуплоскости с начальными напряжениями, обращаются в бесконечность (а следовательно, обращаются в бесконечность компоненты напряженно-деформированного состояния, вычисленные по комплексным потенциалам) при выполнении условий

$$\gamma_{21}^{(1)}\mu_1 - \gamma_{21}^{(2)}\mu_2 = 0 \quad (\text{неравные корни}); \quad (1)$$

$$\gamma_{21}^{(2)} - \mu_1\gamma_{21}^{(1)}\gamma_{22}^{(2)} = 0 \quad (\text{равные корни}). \quad (2)$$

В качестве примера рассмотрим тело неогуковского типа (потенциал Трелоара). В этом случае имеем неравные корни (определяющего уравнения). Следовательно, уравнение для определения скорости волн Рэлея имеет вид (1). Таким образом, получим

$$\gamma_{21}^{(1)}\mu_1 - \gamma_{21}^{(2)}\mu_2 = -\frac{i(x^3 + x^2 + 3x - 1)}{2x(1 + x^2)}; \quad (3)$$

$$x = \frac{\lambda_1}{\lambda_3} \sqrt{1 - \frac{\epsilon^2}{\lambda_1^2}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \sqrt{1 - \frac{\nu^2}{c_{sy_2}^2}}, \quad (4)$$

где  $c_{sy_2}$  – скорость волны сдвига, поляризованной в плоскости  $y_1 0 y_2$  и распространяющейся вдоль оси  $0 y_1 (0 \eta_1)$ .

Из (1) и (2) получим одно уравнение

$$x^3 + x^2 + 3x - 1 = 0. \quad (5)$$

Если начальное состояние определяется также в рамках плоской деформации, т. е.  $\lambda_3 = 1$ , то с учетом  $\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 = 1$  находим положительный действительный корень  $\nu$  в виде  $\nu^2 = c_R^2 = c_{sy_2}^2 (1 - x^2 \lambda_1^{-4})$ , что совпадает с известными результатами.

Уравнения (1) и (2) являются уравнениями для определения скоростей распространения поверхностных волн Рэлея вдоль границы полуплоскости с начальными напряжениями. Таким образом, при приближении скорости движения штампа к скорости поверхностных волн Рэлея вдоль плоской границы в телах с начальными напряжениями возникают своеобразные явления «резонансного характера», связанные с безграничным возрастанием напряжений в упругом теле. Аналогичные явления возникают и в классической линейной теории упругости, когда скорость движения штампа приближается к скорости волн Рэлея в материале без начальных напряжений. Следует заметить, что в последнем случае скорость волн Рэлея – величина постоянная для данного материала, т.е. имеем только одну критическую скорость движения. В случае же наличия начальных напряжений скорость поверхностных волн непрерывно зависит от начальных напряжений, и для каждого случая предварительного нагружения необходимо вычислить скорость поверхностных волн, т.е. в результате получаем непрерывный спектр критических скоростей движения. Как предельный случай в эффекте типа резонансного получаем, что при значениях начальных напряжений, близких к поверхностной неустойчивости, компоненты напряженно-деформированного состояния стремятся к бесконечности. Полученный результат не должен вызывать сомнений, так как при достижении начальным состоянием значений, соответствующих поверхностной неустойчивости, тело находится в состоянии «нейтрального равновесия». Поэтому с инженерной точки зрения является весьма нежелательным совпадение (или приближение) скорости движения штампа со скоростью распространения поверхностных волн Рэлея в телах с начальными напряжениями.

В данной работе для конкретных упругих потенциалов простейшей структуры исследованы значения критических параметров нагружения, при которых появляется поверхностная неустойчивость. В частности, для несжимаемых тел в случае потенциала Трелоара (тело неогукковского типа)  $\lambda_1^{кр} \approx 0,54$ . А для этих же тел в рамках потенциала Бартенева – Хазановича  $\lambda_1^{кр} \approx 3^{-0,5}$ .

Следует отметить, что потенциал Трелоара соответствует неравным корням характеристического (определяющего) уравнения и потенциал Бартенева – Хазановича соответствует равным корням этого же уравнения. Таким образом, все полученные в данной работе результаты имеют смысл только при  $\lambda_1 > 0,54$  и  $\lambda_1 > 3^{-0,5}$  соответственно.

И в заключение отметим, что все приведенные в данной работе результаты получены в рамках второго подхода, т.е. для произвольной структуры упругого потенциала, который, на взгляд автора, имеет ряд преимуществ по сравнению с первым подходом (для конкретной формы упругого потенциала). Это связано с тем, что лишь на заключительном этапе исследований при получении численных результатов в рамках второго подхода использовались конкретные упругие потенциалы. В частности, потенциал гармонического типа для сжимаемых тел и потенциалы Трелоара и Бартенева – Хазановича в случае несжимаемых тел. И, наконец, отметим, что порядок особенности в углах штампа совпадает с аналогичным результатом классической линейной теории упругости (для материалов без начальных напряжений), то есть получаем «корневую» особенность. Отмеченная закономерность следует из той ситуации, что точные для упругой полуплоскости с начальными напряжениями определяются одинаковыми выражениями, которые имеют в углах штампов особенность, совпадающую с аналогичным результатом классической линейной теории упругости.

УДК 539.319

## ВЛИЯНИЕ СЖИМАЕМОСТИ ЖИДКОСТИ НА НОРМАЛЬНЫЕ ВОЛНЫ В СИСТЕМЕ СЛОЙ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ НА УПРУГОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

А. М. БАГНО, Г. И. ЦУРУК

*Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, Киев*

Проблема описания полного спектра распространяющихся акустических волн в упруго-жидкостных волноводах, анализа их дисперсионных характеристик, а также поведения их как в длинноволновом, так и в коротковолновом диапазонах частотного спектра относится к классическим задачам механики. Закономерности распространения этих волн широко используются в строительстве, сейсмологии, при расшифровке данных сейсморазведки, конструировании приборов в акустозлектронике, разработке ультразвуковых неразрушающих методов выявления дефектов и определения напряжений в материалах и элементах конструкций, а также в других областях науки и техники.

В данной работе для исследования распространения волн в системе, состоящей из жидкого слоя и упругого полупространства, привлекаются модели, основанные на использовании трехмерных линеаризованных уравнений Эйлера для жидкости и линейных уравнений классической теории упругости для твердого тела. В качестве подхода выбраны постановки задач и метод, основанные на применении представлений общих решений уравнений движения идеальной сжимаемой жидкости и упругого тела, предложенные в работах А. Н. Гузя.

Для упругого полупространства, взаимодействующего со слоем жидкости, задача сводится к решению системы уравнений движения упругого тела и жидкости при следующих динамических и кинематических граничных условиях:

$$\tilde{Q}_1|_{z_2=0} = 0; \tilde{Q}_2|_{z_2=0} = \bar{P}_2|_{z_2=0}; \bar{P}_2|_{z_2=h} = 0; v_2|_{z_2=0} = \frac{\partial u_2}{\partial t}|_{z_2=0}. \quad (1)$$

В рамках принятых моделей для плоского случая, который рассматривается дальше, общие решения имеют вид:

1) для упругого тела –

$$u_1 = -\frac{\partial^2 \chi_1}{\partial z_1 \partial z_2}; u_2 = \left( \frac{\lambda + 2\mu}{\lambda + \mu} \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} + \frac{\mu}{\lambda + \mu} \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} - \frac{\rho}{\lambda + \mu} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \chi_1;$$

2) для идеальной сжимаемой жидкости –

$$v_1 = \frac{\partial^2 \chi_2}{\partial z_1 \partial t}; \quad v_2 = \frac{\partial^2 \chi_2}{\partial z_2 \partial t},$$

где введенные функции  $\chi_i$  являются решениями следующих уравнений:

1) для упругого тела из сжимаемого материала –

$$\left[ \left( \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} + \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} - \frac{\rho}{\lambda + 2\mu} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) \left( \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} + \frac{\lambda + 2\mu}{\mu} \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} - \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) - \frac{(\lambda + \mu)^2}{\mu(\lambda + 2\mu)} \frac{\partial^4}{\partial z_1^2 \partial z_2^2} \right] \chi_1 = 0;$$

2) для идеальной сжимаемой жидкости –

$$\left[ \left( \frac{\partial^2}{\partial z_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial z_2^2} \right) - \frac{1}{a_0^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right] \chi_2 = 0.$$

Здесь и выше введены следующие обозначения:  $u_i$  – компоненты вектора смещений упругого тела  $\mathbf{u}$ ;  $\rho$  – плотность материала упругого полупространства;  $\lambda$  и  $\mu$  – константы Ламе материала упругого тела;  $v_i$  – составляющие вектора возмущений скорости жидкости  $\mathbf{v}$  относительно состояния покоя;  $\rho_0$  и  $a_0$  – плотность и скорость звука в жидкости в состоянии покоя;  $\tilde{P}_i$  и  $\tilde{Q}_i$  – составляющие напряжений, соответственно, в жидкости и упругом теле.

Для анализа распространения возмущений, гармонически изменяющихся во времени, решения системы уравнений определяем в классе бегущих волн

$$\chi_j = X_j(z_j) \exp[i(kz_j - \omega t)] \quad (j = \overline{1, 2}),$$

где  $k$  – волновое число;  $\omega$  – круговая частота;  $i$  – мнимая единица ( $i = \sqrt{-1}$ ).

Заметим, что выбранный в данной работе класс гармонических волн, являясь наиболее простым и удобным в теоретических исследованиях, не ограничивает общности полученных результатов, поскольку линейная волна произвольной формы, как известно, может быть представлена набором гармонических составляющих.

Далее, применяя метод Фурье, приходим к двум задачам о собственных значениях для уравнений движения упругого тела и жидкости. Решая их, определяем соответствующие собственные функции. После подстановки полученных общих решений в граничные условия (1) получаем однородную систему линейных алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных. Исходя из условия существования нетривиального решения этой системы, получаем дисперсионное уравнение. Для упруго-жидкостной системы, состоящей из упругого полупространства и слоя жидкости, дисперсионное соотношение имеет вид:

$$\det \| e_{lm}(c, \lambda, \mu, \rho, \rho_0, a_0, \omega h/c, ) \| = 0 \quad (l, m = \overline{1, 4}), \quad (2)$$

где  $c$  – фазовая скорость нормальных волн в гидроупругой системе;  $c_s$  ( $c_s^2 = \mu / \rho$ ) – скорость волны сдвига в материале упругого тела;  $\mu$  – модуль сдвига материала упругого полупространства;  $h$  – толщина слоя жидкости.

В дальнейшем дисперсионное уравнение (2) решалось численно быстросходящимся итерационным методом. При этом расчеты проводились для двух гидроупругих систем, отличающихся только жидкостями. Для первого волновода жидкость выбиралась такой, когда между механическими параметрами гидроупругой системы выполняется условие  $a_0 > c_s$ , при котором скорость распространения звуковой волны в жидкости  $a_0$  превышает скорость волны сдвига в материале упругого тела  $c_s$ . Для второй пары жидкий слой – упругое полупространство жидкость выбиралась такой, скорость распространения волны звука в которой  $a_0$  (при таком же, как в первом случае упругом теле) была меньше скорости сдвиговой волны  $c_s$ , т.е. имело место соотношение  $a_0 < c_s$ .

Анализ влияния сжимаемости жидкости на нормальные волны в системе «упругое полупространство – слой идеальной жидкости». Как известно, фазовая скорость и структура волн при взаимодействии упругого тела и жидкости зависят от механических параметров гидроупругой системы и определяются соотношениями между ними. В системе, компонентами которой является

упругое полупространство и слой жидкости таким соотношением может служить соотношение между скоростью волны звука в жидком слое  $a_0$  и скоростью волны сдвига в материале упругого тела  $c_s$ . В работе установлено, что при  $a_0 > c_s$ , как следует из полученных числовых результатов, в гидроупругой системе распространяется лишь одна поверхностная волна, скорость которой изменяется от скорости волны Рэлея  $c_R$  (при  $h \rightarrow 0$ ) до скорости волны Стоунли – Шольте  $c_{St}$  (при  $h \rightarrow \infty$ ). В случае выполнения условия  $a_0 < c_s$  в гидроупругом волноводе распространяется множество квазилэмбовских мод высокого порядка. При этом, как следует из числовых результатов, полученных в работе, скорость первой моды изменяется от скорости волны Рэлея  $c_R$  (при  $h \rightarrow 0$ ) до скорости волны Стоунли – Шольте  $c_{St}$  (при  $h \rightarrow \infty$ ). Скорости мод высокого порядка изменяются от скорости волны сдвига в материале упругого полупространства  $c_s$  (при частотах их зарождения  $h_{zp}$ ) до скорости волны звука в жидкости  $a_0$  (при  $h \rightarrow \infty$ ).

Таким образом, показано, что сжимаемость жидкости, характеризуемая величиной  $a_0$ , является одним из параметров, существенно влияющим на волноводные свойства гидроупругой системы слой жидкости на упругом полупространстве. Отметим, что одним из важных результатов работы является получение соотношения, позволяющего, не выполняя значительных вычислений, а лишь на основании механических параметров упруго-жидкостной системы, определить априори, будет ли система одномодовым или многомодовым волноводом.

УДК 539.3

## **МЕТОДИКА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ТЕНЕВЫХ СНИМКОВ СВЕРХЗВУКОВОГО ОБТЕКАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ ПО ПАРАМЕТРУ ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

*В. В. БОДРЫШЕВ, О. С. ТАРАСЕНКО*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

В данной работе объектами исследования являются сверхзвуковые газодинамические тракты камер сгорания. Выбор этих объектов обусловлен актуальностью создания камер сгорания для высокоскоростных летательных аппаратов. Рассматриваются струи газового потока, в которых образуется система сверхзвуковых скачков уплотнения как на конусной части, так и за уступом. В камере сгорания происходит сложное взаимодействие газодинамических потоков, и обоснованную физическую картину такого процесса очень сложно получить.

Теневой и шлирен-метод визуализации течения газового потока обтекаемого объекта дают двумерное изображение, по которому можно качественно отследить физическую картину процесса. В данной работе предлагается методика цифровой обработки теневых снимков по параметру интенсивность (яркости) изображения.

Задача состоит из нескольких этапов:

1 Обработка фотографий изображения газового потока, с выявлением заданного качества и размеров изображения, а также способов ее кадрирования. Выявление погрешности обработки изображения на конечное значение интенсивности в заданных дискретных точках (ячейках). При этом координаты  $x, y$  точек изображения, а также интенсивность  $I$  изображения становятся дискретными.

Анализ матрицы интенсивности изображения применяется к различным вариантам течения газового потока и условий обтекания тел различной формы.

2 Определение корреляционной взаимосвязи между интенсивностью изображения и экспериментальными данными по замеру статического давления в «дискретных» точках, что позволяет получать интерполяционную кривую между давлением и интенсивностью изображения, и в конечном варианте дает возможность построения поля статического давления в исследуемом рабочем пространстве.

Практическое решение данной задачи значений позволяет выявить оптимальный вариант конструкции тракта камер сгорания с учетом их прочностных характеристик.

**МЕТОД РАСЧЕТА КОНТАКТНОЙ НАГРУЗКИ В СОЕДИНЕНИИ ТРУБОПРОВОДОВ С С-ОБРАЗНЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРУЕМЫМ УПЛОТНЕНИЕМ***А. А. БОЙКОВ, Е. В. СЕРПИЧЕВА, С. В. ШИШКИН**Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Совершенствование конструкций авиационно-космической техники связано с жёстким ограничением их материалоёмкости, минимизацией запасов прочности элементов агрегатов при одновременном улучшении технико-энергетических характеристик гидропневмотопливных агрегатов, которое обуславливается повышением давлений и расхода рабочих сред, расширением температурного диапазона и в значительной мере ограничивается надёжностью изоляции сред, степенью герметичности оборудования. Изоляция сред достигается герметизируемыми соединениями (ГС) различного вида, которые относятся к числу основных элементов и агрегатов гидравлических, пневматических, топливных и других систем, определяющих общий уровень надёжности летательного аппарата (ЛА).

Работоспособность и эксплуатационная безопасность целого ряда изделий определяется герметичностью их узлов, агрегатов, соединений. До настоящего времени проблема обеспечения надёжности герметизируемых узлов решалась проведением многочисленных испытаний на герметичность на всех этапах создания и доводки нового изделия, как стендовых – на имитаторах и образцах, так и натурных – при возможно более полном моделировании всех эксплуатационных нагрузок. Естественно, что такой подход связан с огромной трудоёмкостью исследований и большими капитальными затратами и совершенно неприемлем на современном этапе.

Проведено исследование применимости метода расчёта контактной нагрузки на уплотняемом стыке с С-образным уплотнением методом дискретного решения системы интегральных уравнений Фредгольма. Получены характерные зависимости и доказана правомерность выбранных допущений при расчёте контактной нагрузки в случае наличия областей пластической деформации во фланце. Расчёт контактной нагрузки на уплотняемом стыке рассмотрен как основная часть расчёта соединения на герметичность.

В данной работе проведено исследование применимости метода расчёта контактной нагрузки на уплотняемом стыке с С-образным уплотнением с применением системы интегральных уравнений Фредгольма. Получены характерные зависимости и доказана правомерность выбранных допущений при расчёте контактной нагрузки в случае наличия областей пластической деформации во фланце. Расчёт контактной нагрузки на уплотняемом стыке рассмотрен как основная часть расчёта соединения на герметичность.

Разработка методов расчёта на герметичность позволяет заменить все промежуточные и ряд узловых испытаний изучением поведения виртуальной модели уплотняемого стыка при воздействии конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

UDC 62.752, 621:534;833; 888.6, 629.4.015;02

**FEATURES ESTIMATION OF FORCE PARAMETERS IN DYNAMIC INTERACTIONS OF ELEMENTS OF MECHANICAL OSCILLATION SYSTEMS***R. S. BOLSHAKOV, A. V. DIMOV, S. V. ELISEEV, A. V. ELISEEV**Irkutsk State Transport University, Russian Federation*

In solving the problems of the dynamics of machines and equipment under the influence of vibratory external influences, in particular, in problems of vibration protection, the coordinates of objects whose frequency dependences are revealed in the frequency characteristics of the system are usually used as parameters of the dynamic state [1–3]. At the same time, the notion of dynamic reactions of constraints arising at the points of connection of the elementary links of the system with each other, as well as at points of contact with supporting surfaces and the object of protection, are of great importance [4, 5].



To a lesser extent, the properties of the reactions of constraints arising at points of contact or connections of elements of a mechanical system with each other are studied. Of particular importance, in this respect, is the estimation of the values of dynamic reactions at characteristic points of the system that determine the reliability and safety of the system as a whole. In this sense, the value of constraint reactions can be considered as parameters of the dynamic state, as well as coordinates, velocities and accelerations of the movement of the protection object.

In the present article, the features of the formation of constraint reactions in linear mechanical oscillatory systems with two degrees of freedom under the action of harmonic external perturbations in the concepts of use of reactions as parameters of the dynamic state of the system are considered.

### I. General provisions. Peculiarities of the research problem formulation.

The generalized computational scheme for solving the problems of the dynamics of objects in systems with two degrees of freedom is presented in figure 1, a. In addition to the concentrated masses  $m_1$  and  $m_2$ , the system contains elastic elements with stiffness coefficients  $k_1, k_2, k_3$ . The system has two support surfaces I and II, which can perform harmonic motions  $z_1, z_2$ . The motion of the system is considered in the fixed basis using the coordinates  $y_1$  and  $y_2$ . At the contact points (pp. A-B), restraining (or bilateral) constraints are assumed [6]. The equation of motion of the system under the kinematic perturbation ( $Q_1 = 0, Q_2 = 0$ ) has the form of

$$m_1 \ddot{y}_1 + y_1(k_1 + k_2) - k_2 y_2 = k_1 z_1(t) + Q_1(t), \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{y}_2 + y_2(k_2 + k_3) - k_2 y_1 = k_3 z_2(t) + Q_2(t). \quad (2)$$

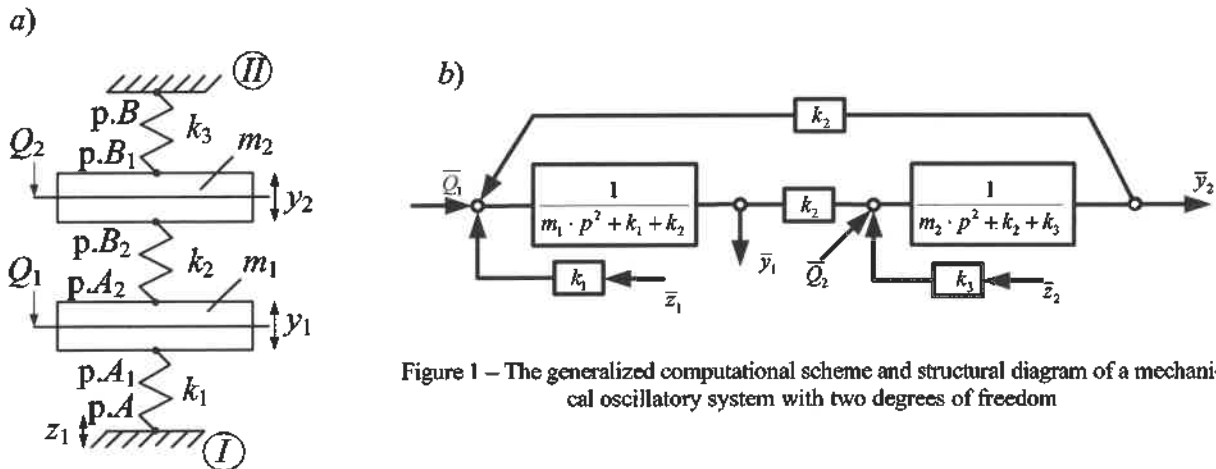


Figure 1 – The generalized computational scheme and structural diagram of a mechanical oscillatory system with two degrees of freedom

Construction of the structural diagram (figure 1, b) requires getting of equations (1), (2) in Laplace transformation [4, 5] what is needed to determine dynamic reactions.

### II. Determining dynamic reactions of constraints at characteristic points (pp. A-B).

The calculation scheme in figure 1, b is considered; these schemes are equivalent. All the relations are written in the operator form ( $\bar{y}_1, \bar{y}_2$ ).

After transformations of the original expressions the dynamic reaction at the protection object, that is, in the mass-and-inertia element  $m_1$ , is determined by summing the reactions at points  $A_1$  and  $A_2$ .

Thus,

$$\bar{R}_m(p) = \bar{R}_{A_1} + \bar{R}_{A_2} = \frac{k_1 \bar{z}_1 [k_1(m_2 p^2 + k_2 + k_3) + k_2(m_2 p^2 + k_3)]}{A_0}$$

or

$$\bar{R}_m(p) = \frac{k_1(k_1 + k_2)m_2 p^2 + k_1^2(k_2 + k_3) + k_1 k_2 k_3}{A_0} \bar{z}_1. \quad (3)$$

The total dynamic reaction  $\bar{R}_{m_2}(p)$  formed on the mass-and-inertia element  $m_2$  is determined as the sum of two dynamic reactions  $\bar{R}_{B_1}$  and  $\bar{R}_{B_2}$ .

## Conclusion

1 Dynamic constraint reactions can serve as parameters of the state of a mechanical oscillatory system as well as known forms of estimation based on the use of kinematic parameters.

2 The dynamic reaction of the constraints at the selected point of the system is defined in the operator form as the product of the displacement by the unit dynamic stiffness and carries information about the features of the resonance modes and the dynamic damping of the oscillations.

3 Methods of structural transformations are proposed for obtaining dynamic reactions, which are based on the use of the parameters of the feedback chains formed with respect to the selected mass-and-inertia elements.

4 The effect of the maximum of the constraint reaction is discovered, which is physically treated as an increase in the unit dynamic stiffness at the frequency corresponding to the mode of dynamic damping of oscillations.

## Список литературы

1 Eliseev, S. V. Applied system analysis and structural mathematical modeling (dynamics of transport and technological machines: connectivity of movements, vibration interactions, lever connections) / S. V. Eliseev. – Irkutsk : Irkutsk State University, 2018. – P. 692.

2 Kuznetsov, N. K. Reduction of dynamic loads in mine lifting installations / N. K. Kuznetsov, A. Y. Pereyagina, S. V. Eliseev // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – Vol. 944(1)012070.

3 Eliseev, A. V. Not-holding connections as a characteristic feature of dynamic interactions of elements of technical systems / A. V. Eliseev, A. I. Orlenko and S. V. Eliseev // Conference of Open Innovation Association, FRUCT. – 2018. – Vol. 21. – P. 100–107.

4 Kashuba, V. B. Dynamical responses in elements connecting's of mechanical oscillation systems / V. B. Kashuba, S. V. Eliseev, R. S. Bolshakov // Systems. Methods. Technologies. – Novosibirsk: Nauka. – 2018. – No. 1(37). – P. 331.

5 Eliseev, A. V. Specific modes of vibratory technological machines: mathematical models, peculiarities of interaction of system elements // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. 2018. – Vol. 11. International Conference on Mechanical Engineering / A. V. Eliseev, S. V. Eliseev and I. S. Sitov // Automation and Control Systems 2017 – Simulation and Automation of Production Engineering. – 2018. – Vol. 327.

6 Lapshin, V. L. Studies on the dynamics of impact interaction of the mechanoreological model under elastic plastic transformation of its mechanical system / V. L. Lapshin, A. V. Eliseev // Journal of Physics: Conference Series Mechanical Science and Technology Update MSTU. – 2018.

УДК 539.3

## МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ФУНКЦИЙ ГРИНА В ЗАДАЧЕ О НЕСТАЦИОНАРНЫХ УПРУГОДИФФУЗИОННЫХ КОЛЕБАНИЯХ БАЛКИ ТИМОШЕНКО

У. С. ГАФУРОВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

А. В. ЗЕМСКОВ, Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Рассматривается задача о нестационарных колебаниях балки Тимошенко под действием пары изгибающих моментов. Схема приложенных усилий, а также ориентация осей прямоугольной декартовой системы координат представлена на рисунке 1.

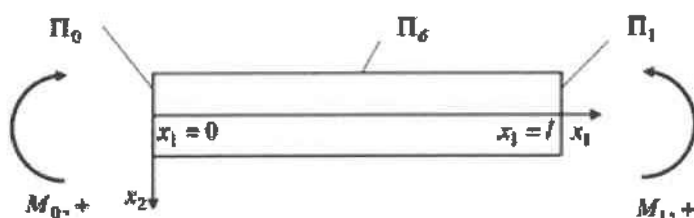


Рисунок 1 – Иллюстрация к постановке задачи

Математическая постановка задачи включает в себя уравнения изгиба балки Тимошенко и уравнение массопереноса [1–3]:

$$\begin{aligned} \ddot{v}(x_1, \tau) - \mu k^2 [v''(x_1, \tau) - \chi'(x_1, \tau)] - \frac{q(x_1, \tau)}{F} &= 0; \\ \ddot{\chi}(x_1, \tau) - \chi''(x_1, \tau) - \frac{F}{J_3} \mu k^2 [v'(x_1, \tau) - \chi(x_1, \tau)] + \sum_{q=1}^N \alpha_q H'_q(x_1, \tau) - \frac{m(x_1, \tau)}{J_3} &= 0; \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \dot{H}_q(x_1, \tau) - D_q H''_q(x_1, \tau) - \Lambda_q \chi'''(x_1, \tau) - \frac{z^{(q)}(x_1, \tau)}{J_3} &= 0; \\ \left[ \chi'(x_1, \tau) + \sum_{q=1}^N \alpha_q H_q(x_1, \tau) \right]_{x_1=0} &= -\frac{M_0(\tau)}{J_3}, \quad \left[ \chi'(x_1, \tau) + \sum_{q=1}^N \alpha_q H_q(x_1, \tau) \right]_{x_1=1} = -\frac{M_1(\tau)}{J_3}; \\ \chi(x_1, \tau)|_{x_1=0} = 0, \quad \chi(x_1, \tau)|_{x_1=1} = 0, \quad H_q(x_1, \tau)|_{x_1=0} = 0, \quad H_q(x_1, \tau)|_{x_1=1} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь точки обозначают производную по времени. Все величины в (1) и (2) являются безразмерными. Для них приняты следующие обозначения:

$$\begin{aligned} x_i = \frac{x_i^*}{l}; v = \frac{v^*}{l}; \chi = \frac{\chi^*}{l}; \tau = \frac{Ct}{l}; \mu = \frac{\mu^*}{\lambda^* + 2\mu^*}, \lambda = \frac{\lambda^*}{\lambda^* + 2\mu^*}; C^2 = \frac{\lambda^* + 2\mu^*}{\rho}; \alpha_q = \frac{\alpha_{11}^{(q)}}{\lambda^* + 2\mu^*}; D_q = \frac{D_{11}^{(q)}}{Cl}; \\ \Lambda_q = \frac{m^{(q)} D_{11}^{(q)} \alpha_{11}^{(q)} n_0^{(q)}}{\rho R T_0 C l}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $t$  – время;  $x_i^*$  – прямоугольные декартовы координаты;  $v^*$  – прогиб балки;  $\chi^*$  – угол поворота поперечного сечения относительно оси  $Ox_1$ ;  $l$  – длина балки;  $H_q$  – приращение концентрации  $q$ -й компоненты вещества в составе  $N$ -компонентной среды;  $n_0^{(q)}$  – начальная концентрация  $q$ -го вещества;  $\lambda^*$  и  $\mu^*$  – упругие постоянные Ламе;  $\rho$  – плотность;  $\alpha_y^{(q)}$  – коэффициенты, характеризующие объёмное изменение среды за счёт диффузии;  $D_y^{(q)}$  – коэффициенты самодиффузии;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T_0$  – температура среды;  $m^{(q)}$  – молярная масса  $q$ -го вещества;  $F$  – площадь сечения;  $J_3$  – момент инерции сечения балки относительно оси  $Ox_3$ ;  $m$  – распределённый погонный момент;  $q$  – распределённая погонная поперечная нагрузка.

Решение задачи представляется в виде ( $k = \overline{1, N+1}$ ) [2, 3]

$$\begin{aligned} v(x, \tau) &= \sum_{k=1}^{N+2} \int_0^\tau \left[ G_{1k}(x, \tau-t) f_{k1}(t) + G_{1k}(1-x, \tau-t) f_{k2}(t) \right] dt + \sum_{k=1}^{N+2} \int_0^1 \int_0^\tau \tilde{G}_{1k}(x, \xi, \tau-t) F_k(\xi, t) d\xi dt; \\ \chi(x, \tau) &= \sum_{k=1}^{N+2} \int_0^\tau \left[ G_{2k}(x, \tau-t) f_{k1}(t) - G_{2k}(1-x, \tau-t) f_{k2}(t) \right] dt + \sum_{k=1}^{N+2} \int_0^1 \int_0^\tau \tilde{G}_{2k}(x, \xi, \tau-t) F_k(\xi, t) d\xi dt; \\ \eta_q(x, \tau) &= \sum_{k=1}^{N+2} \int_0^\tau \left[ G_{q+2,k}(x, \tau-t) f_{k1}(t) + G_{q+2,k}(1-x, \tau-t) f_{k2}(t) \right] dt + \sum_{k=1}^{N+2} \int_0^1 \int_0^\tau \tilde{G}_{q+2,k}(x, \xi, \tau-t) F_k(\xi, t) d\xi dt. \end{aligned}$$

Здесь  $x = x_i$ ;  $F_k(x, \tau)$  – объёмные силовые факторы, входящие в уравнения (1);  $f_k(t)$  – поверхностные возмущения, входящие в граничные условия (2);  $G_{mk}$  – поверхностные функции Грина, удовлетворяющие уравнениям

$$\begin{aligned} \ddot{G}_{1k} - \mu k^2 (G''_{1k} - G'_{2k}) = 0, \quad \dot{G}_{q+2,k} - D_q G''_{q+2,k} + \Lambda_q G'''_{2k} = 0; \\ \ddot{G}_{2k} - G''_{2k} - \frac{F}{J_3} \mu k^2 (G'_{1k} - G_{2k}) + \sum_{q=1}^N \alpha_q G'_{q+2,k} = 0 \end{aligned}$$

и граничным условиям ( $\delta(\tau)$  – дельта функция Дирака):

$$\begin{aligned} G_{1k}|_{x=0} = \delta_{1k} \delta(\tau), \quad G_{1k}|_{x=1} = 0, \quad G_{q+1,k}|_{x=0} = \delta_{q+1,k} \delta(\tau), \quad G_{q+1,k}|_{x=1} = 0; \\ \left( G'_{2k} - \sum_{j=1}^N \alpha_j G_{j+1,k} \right) \Big|_{x=0} = \delta_{2k} \delta(\tau), \quad \left( G'_{2k} - \sum_{j=1}^N \alpha_j G_{j+1,k} \right) \Big|_{x=1} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

$\tilde{G}_{mk}$  – объёмные функции Грина, удовлетворяющие уравнениям

$$\begin{aligned}\ddot{\tilde{G}}_{1k} - \mu k^2 (\tilde{G}_{1k}'' - \tilde{G}_{2k}') + \delta_{1k} \delta(x - \xi) \delta(\tau) &= 0; \\ \ddot{\tilde{G}}_{2k} - \tilde{G}_{2k}'' - \frac{F}{J_3} \mu k^2 (\tilde{G}_{1k}' - \tilde{G}_{2k}) + \sum_{q=1}^N \alpha_q \tilde{G}_{q+2,k}' + \delta_{2k} \delta(x - \xi) \delta(\tau) &= 0; \\ \dot{\tilde{G}}_{q+2,k} - D_q \tilde{G}_{q+2,k}'' + \Lambda_q \tilde{G}_{2k}''' + \delta_{q+2,k} \delta(x - \xi) \delta(\tau) &= 0\end{aligned}$$

и однородным граничным условиям, соответствующим (4).

Для нахождения функций Грина применяется интегральное преобразование Лапласа по времени и разложение в ряды Фурье.

#### Список литературы

1 Afanasieva, O. A. Unsteady elastic diffusion oscillations of a Timoshenko beam with considering the diffusion relaxation effects / O. A. Afanasieva, U. S. Gafurov, A. V. Zemskov // Proceedings of the second International Conference on Theoretical, Applied and Experimental Mechanics. Springer Nature. – Switzerland: AG, 2019. – P. 193–199.

2 Гафуров, У. С. Модель нестационарных упругодиффузионных колебаний балки Тимошенко / У. С. Гафуров, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 2. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 134–146.

3 Гафуров, У. С. Алгоритм построения поверхностных функций Грина в задаче о нестационарных колебаниях балки Тимошенко с учетом диффузии / У. С. Гафуров, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXV Международного симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 2. – М. : ООО «ТРП», 2019. – С. 55–57.

УДК 621.762.8:539.4.014

## ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

А. Г. ГЕТМАНОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В работе представлены результаты исследования механических свойств защитных порошковых покрытий на эпоксидно-полиэфирной основе, нанесенных на стальные подложки. Исследованы как свойства самих покрытий, так и их влияние на поведение образцов при механическом нагружении.

Показано влияние остаточного напряжения на образцах, образованных при нанесении покрытий. Крайне важно иметь экспериментальное подтверждение теоретических результатов. Также в зависимости от толщины подложки и толщины покрытия, материала подложки и покрытия остаточные напряжения могут влиять как незначительно и экспериментально неопределимо, так и значительно, вплоть до визуального эффекта. При нанесении на прямоугольный образец покрытия только с одной стороны образец изгибается. Следует также отметить, что после нанесения покрытия прогиб сразу после нанесения и прогиб спустя несколько дней могут отличаться; данный момент обязательно следует учесть при эксперименте. Прогиб, вызванный нанесенным покрытием, определяется с помощью специальной установки для определения прогиба либо с помощью испытания на трех точечный изгиб. Для определения прогиба изогнутый образец с покрытием устанавливают на жесткую пластину таким образом, что ход образца на графике перемещение – нагрузка до момента касания изогнутого образца с жесткой пластиной останавливал испытание.

Показано, что модуль упругости тонких покрытий оказывается выше, по сравнению с модулем упругости аналогичных объемных материалов. Для обработки результатов испытаний образцов с покрытиями проведены численные и аналитические расчеты. Дана оценка влияния остаточных напряжений на результаты идентификации модуля Юнга покрытий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-01-00837.

Список литературы

- 1 Nonlinear deforming of laminated composite shells of revolution under finite deflections and normals rotation angles / V. G. Dmitriev [et al.] // Russian Aeronautics. – 2017. – Vol. 60. – No. 2. – P. 169–176.
- 2 Плоская задача дифракции акустической волны давления на криволинейном препятствии / А. Г. Горшков [и др.] // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2003. – № 3. – С. 148–155.
- 3 Formalev, V. F. Localization of thermal disturbances in nonlinear anisotropic media with absorption / V. F. Formalev, E. L. Kuznetsova, L. N. Rabinskiy // High temperature. – 2015. – Vol. 53. – No. 4. – P. 548–553.
- 4 Нестационарная задача дифракции цилиндрической акустической волны давления на тонкой оболочке в форме эллиптического цилиндра / А. Г. Горшков [и др.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2007. – Т. 3. – № 2. – С. 82–93.

УДК 539.319

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ  
О РЕАКЦИИ МНОГОСЛОЙНОГО СЖИМАЕМОГО ОСНОВАНИЯ  
С НАЧАЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ НА ПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ**

Ю. П. ГЛУХОВ

*Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, Киев*

В данной работе в рамках линеаризированной теории упругости для тел с начальными напряжениями [1] исследовано влияние начальных напряжений и скорости движения поверхностной нагрузки на значения корней характеристических уравнений для слоистого сжимаемого полупространства.

При решении пространственных задач об установившемся движении многослойного предварительно напряженного полупространства при воздействии подвижной нагрузки с использованием интегрального преобразования Фурье представление решений зависит от корней характеристических уравнений трансформированных дифференциальных уравнений в частных производных шестого порядка, описывающих движение элементов многослойной среды. В случае однородного начального напряженного состояния

$$\lambda_1^{(s)} \neq \lambda_2^{(s)} \neq \lambda_3^{(s)}; \quad S_0^{(s)11} \neq S_0^{(s)22} \neq S_0^{(s)33} \quad (1)$$

эти уравнения имеют вид

$$a_0^{(s)} \eta^{(s)6} - a_1^{(s)} \eta^{(s)4} + a_2^{(s)} \eta^{(s)2} - a_3^{(s)} = 0; \quad s = \overline{1, N+1}. \quad (2)$$

Здесь  $s$  – номер слоя. Подстилающее полупространство имеет номер  $N+1$ . В случае, если материал слоя – сжимаемый, то коэффициенты уравнения (2) можно представить в виде

$$\begin{aligned} a_0^{(s)} &= c_{31}^{(s)2} c_{32}^{(s)2} c_{33}^{(s)2}; \quad a_1^{(s)} = -k_1^2 \left[ c_{33}^{(s)2} (c_{11}^{(s)2} c_{32}^{(s)2} + c_{12}^{(s)2} c_{31}^{(s)2}) + c_{31}^{(s)2} c_{32}^{(s)2} c_{13}^{(s)2} - c_{32}^{(s)2} d_{13}^{(s)2} - v^2 \cos^2 \varphi \times \right. \\ &\quad \left. \times (c_{31}^{(s)2} c_{32}^{(s)2} + c_{31}^{(s)2} c_{33}^{(s)2} + c_{32}^{(s)2} c_{33}^{(s)2}) \right] - k_2^2 \left[ c_{31}^{(s)2} c_{32}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} + c_{33}^{(s)2} (c_{21}^{(s)2} c_{32}^{(s)2} + c_{22}^{(s)2} c_{31}^{(s)2}) - c_{31}^{(s)2} d_{23}^{(s)2} \right]; \\ a_2^{(s)} &= k_1^4 \left\{ c_{11}^{(s)2} (c_{12}^{(s)2} c_{33}^{(s)2} + c_{32}^{(s)2} c_{13}^{(s)2}) + c_{12}^{(s)2} c_{31}^{(s)2} c_{13}^{(s)2} - c_{12}^{(s)2} d_{13}^{(s)2} - v^2 \cos^2 \varphi \left[ c_{11}^{(s)2} (c_{32}^{(s)2} + c_{33}^{(s)2}) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + c_{12}^{(s)2} (c_{31}^{(s)2} + c_{33}^{(s)2}) + c_{13}^{(s)2} (c_{31}^{(s)2} + c_{32}^{(s)2}) - d_{13}^{(s)2} \right] \right\} + k_2^4 \left\{ c_{22}^{(s)2} (c_{21}^{(s)2} c_{33}^{(s)2} + c_{31}^{(s)2} c_{23}^{(s)2}) + c_{21}^{(s)2} c_{32}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} - \right. \\ &\quad \left. - c_{21}^{(s)2} d_{23}^{(s)2} - v^2 \sin^2 \varphi \left[ c_{32}^{(s)2} (c_{21}^{(s)2} + c_{23}^{(s)2}) + c_{31}^{(s)2} (c_{22}^{(s)2} + c_{23}^{(s)2}) + c_{33}^{(s)2} (c_{21}^{(s)2} + c_{22}^{(s)2}) - d_{23}^{(s)2} \right] \right\} + k_1^2 k_2^2 \times \\ &\quad \times \left[ c_{11}^{(s)2} (c_{22}^{(s)2} c_{33}^{(s)2} + c_{32}^{(s)2} c_{23}^{(s)2}) + c_{21}^{(s)2} (c_{12}^{(s)2} c_{33}^{(s)2} + c_{32}^{(s)2} c_{13}^{(s)2}) + c_{31}^{(s)2} (c_{12}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} + c_{22}^{(s)2} c_{13}^{(s)2}) - c_{11}^{(s)2} d_{23}^{(s)2} - \right. \\ &\quad \left. - c_{22}^{(s)2} d_{13}^{(s)2} - c_{33}^{(s)2} d_{12}^{(s)2} + 2d_{12}^{(s)2} d_{13}^{(s)2} + v^4 \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi (c_{31}^{(s)2} + c_{32}^{(s)2} + c_{33}^{(s)2}) \right]; \quad a_3^{(s)} = -k_1^6 \left[ c_{11}^{(s)2} c_{12}^{(s)2} \times \right. \\ &\quad \times c_{13}^{(s)2} - v^2 \cos^2 \varphi (c_{11}^{(s)2} c_{12}^{(s)2} + c_{11}^{(s)2} c_{13}^{(s)2} + c_{12}^{(s)2} c_{13}^{(s)2}) + v^4 \cos^4 \varphi (c_{11}^{(s)2} + c_{12}^{(s)2} + c_{13}^{(s)2}) \left. \right] - k_2^6 \left[ v^4 \sin^4 \varphi \times \right. \\ &\quad \times (c_{21}^{(s)2} + c_{22}^{(s)2} + c_{23}^{(s)2}) - v^2 \sin^2 \varphi (c_{21}^{(s)2} c_{22}^{(s)2} + c_{21}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} + c_{22}^{(s)2} c_{23}^{(s)2}) + c_{21}^{(s)2} c_{22}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} \left. \right] - k_1^4 k_2^2 \left\{ c_{11}^{(s)2} \times \right. \\ &\quad \times (c_{12}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} + c_{22}^{(s)2} c_{13}^{(s)2}) + c_{21}^{(s)2} c_{12}^{(s)2} c_{13}^{(s)2} - c_{13}^{(s)2} d_{12}^{(s)2} - v^2 \cos^2 \varphi \left[ c_{11}^{(s)2} (c_{22}^{(s)2} + c_{23}^{(s)2}) + c_{12}^{(s)2} (c_{21}^{(s)2} + \right. \\ &\quad \left. + c_{23}^{(s)2}) + c_{13}^{(s)2} (c_{21}^{(s)2} + c_{22}^{(s)2}) - d_{12}^{(s)2} \right] \left. \right\} - k_1^2 k_2^4 \left[ c_{22}^{(s)2} (c_{11}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} + c_{21}^{(s)2} c_{13}^{(s)2}) + c_{21}^{(s)2} c_{12}^{(s)2} c_{23}^{(s)2} - c_{23}^{(s)2} d_{12}^{(s)2} - \right. \\ &\quad \left. - v^6 \cos^2 \varphi \sin^4 \varphi \right]; \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$\tilde{\rho}^{(s)} \chi_{\varphi}^{(s)2} = \tilde{\omega}_{\varphi\varphi}^{(s)}; \quad \tilde{\rho}^{(s)} \delta_{\varphi}^{(s)} = \tilde{\omega}_{\varphi\varphi}^{(s)} + \tilde{\omega}_{\varphi\varphi}^{(s)};$$

$k_1, k_2$  – параметры двойного преобразования Фурье;  $v$  – скорость движения поверхностной нагрузки;  $\varphi$  – угол, который образует траектория движения нагрузки с положительным направлением оси абсцисс (нагрузка движется прямолинейно с постоянной скоростью);  $\tilde{\rho}^{(s)}$  – плотность соответствующего элемента многослойной среды в естественном состоянии. Формулы для вычисления компонентов тензора  $\tilde{\omega}$  для различных вариантов теорий конечных и малых начальных деформаций приведены в [1].

Так как уравнения (2) – бикубические алгебраические уравнения, то их решение можно получить классическим способом. Приведем уравнения (2) заменой

$$\eta^{(s)2} = \mu^{(s)2} - a_1^{(s)} / (3a_0^{(s)}) \quad (4)$$

к виду

$$\mu^{(s)6} + p^{(s)} \mu^{(s)2} + q^{(s)} = 0, \quad (5)$$

где

$$p^{(s)} = -a_1^{(s)2} / (3a_0^{(s)2}) + a_2^{(s)} / a_0^{(s)}; \quad q^{(s)} = 2a_1^{(s)3} / (27a_0^{(s)3}) - a_1^{(s)} a_2^{(s)} / (3a_0^{(s)2}) + a_3^{(s)} / a_0^{(s)}.$$

В случае, если дискриминант  $\Delta^{(s)} = q^{(s)2} / 4 + p^{(s)3} / 27 = 0$ , уравнения (5) при  $p^{(s)} \neq 0, q^{(s)} \neq 0$  имеют один простой и один двукратный корень:

$$\mu_1^{(s)2} = 3q^{(s)} / p^{(s)}; \quad \mu_{2,3}^{(s)2} = -3q^{(s)} / (2p^{(s)}). \quad (6)$$

Если  $\Delta^{(s)} \neq 0$ , то уравнение (5) имеет три различных корня. При  $\Delta^{(s)} > 0$  уравнения (6) имеют один действительный корень и два комплексных:

$$\mu_1^{(s)2} = u_0^{(s)} + v_0^{(s)}; \quad \mu_{2,3}^{(s)2} = -\frac{u_0^{(s)} + v_0^{(s)}}{2} \pm i \frac{(u_0^{(s)} - v_0^{(s)})\sqrt{3}}{2}. \quad (7)$$

Здесь

$$u_0^{(s)} = \sqrt[3]{-q^{(s)} / 2 + \sqrt{\Delta^{(s)}}}; \quad v_0^{(s)} = -p^{(s)} / (3u_0^{(s)}).$$

При  $\Delta^{(s)} < 0$  все три корня уравнения (5) будут действительными и различными:

$$\mu_1^{(s)2} = 2\sqrt[3]{r^{(s)}} \cos(\varphi^{(s)} / 3); \quad \mu_2^{(s)2} = 2\sqrt[3]{r^{(s)}} \cos[(\varphi^{(s)} + 2\pi) / 3]; \quad \mu_3^{(s)2} = 2\sqrt[3]{r^{(s)}} \cos[(\varphi^{(s)} + 4\pi) / 3]. \quad (8)$$

Здесь  $\sqrt[3]{r^{(s)}} = \sqrt{-p^{(s)} / 3}; \quad \cos \varphi^{(s)} = -q^{(s)} / (2r^{(s)})$ .

Таким образом, при  $\Delta^{(s)} = 0$  в случае, если  $p^{(s)} \neq 0$  и  $q^{(s)} \neq 0$  и имеют разные знаки, уравнение (2) имеет два действительных двукратных корня и два чисто мнимых. Если  $p^{(s)} \neq 0$  и  $q^{(s)} \neq 0$  и имеют одинаковые знаки, уравнение (2) имеет два действительных корня и два двукратных чисто мнимых. При  $\Delta^{(s)} > 0$ , если  $\mu_1^{(s)2} > 0$ , уравнение (2) имеет два действительных корня и четыре комплексных, если  $\mu_1^{(s)2} < 0$  – шесть комплексных. При  $\Delta^{(s)} < 0$  уравнение (2) имеет шесть различных корней. Действительные корни будут соответствовать положительным значениям корней уравнения (5) и определяться знаком тригонометрической функции в выражениях (8).

Так как выражения (3) для коэффициентов уравнений (2) – довольно громоздкие выражения, аналитическое исследование корней характеристического уравнения представляется сложным. Численные исследования были проведены для сжимаемого материала с гармоническим потенциалом. Расчеты проводились для значения коэффициента Пуассона, равного 0,3. Начальные удлинения менялись в диапазоне от 0,8 до 1,2. Целью исследования была оценка возможных значений корней уравнения (2) и влияния начальных деформаций и скорости движения поверхностной нагрузки на значения корней характеристического уравнения (2) и соответственно на выбор решения исследуемой задачи.

Поверхность, соответствующая функции  $\Delta^{(s)}$ , при фиксированных значениях параметров  $\lambda_i^{(s)} (i = 1, 2, 3), v$  и  $\varphi$  имеет вид параболоида. Причем форма поверхности не изменяется в диапазонах  $0,8 \leq \lambda_i^{(s)} \leq 1,2, 0 \leq v^2 \leq c_{11}^{(s)2}, 0 \leq \varphi \leq 2\pi$ . Анализ численных значений  $\Delta^{(s)}$  позволяет утвер-

ждать, что дискриминант уравнения (2) принимает в указанной области исследуемых параметров неотрицательные значения ( $\Delta^{(s)} \geq 0$ ). Скорость движения нагрузки и направление ее движения существенно влияют на значение функции  $\Delta^{(s)}$ . При определенной скорости нагрузки влияние начальных напряжений уменьшается. От направления движения нагрузки зависит расположение области наименьшего влияния начальных напряжений.

#### Список литературы

1 Гузь, А. Н. Механика хрупкого разрушения материалов с начальными напряжениями / А. Н. Гузь. – Киев : Наукова думка, 1983. – 296 с.

УДК 519.6:528:528.06

### ОБЗОР ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ MATHEMATICA ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЕОДАнных

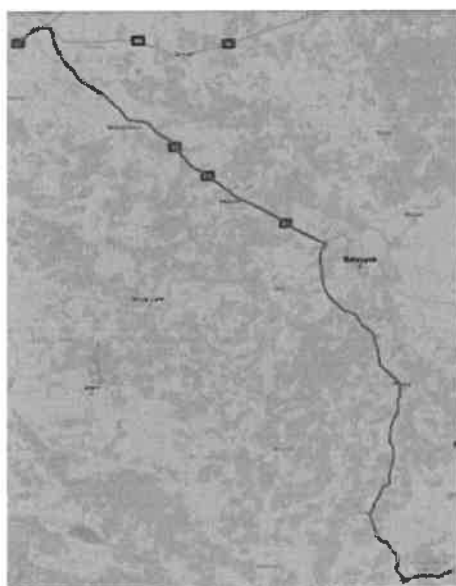
М. А. ГУНДИНА, П. И. ШИРВЕЛЬ

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Как известно, в системе Mathematica внедрен класс функций, позволяющих работать с данными, полученными со спутника, с картами и другими подобными объектами [1, 2]. В этой системе существует возможность автоматического определения маршрута, оценка времени в пути и т.д.

Например, функция `TravelDirection` генерирует направления для перемещения от одного пункта назначения к другому. Результат действия функции `GeoGraphics` на построенное направление пути представлен на рисунке 1, а. Время в пути можно определить с помощью встроенной функции `TravelTime`, которая обладает опцией «`TravelMethod`». Придав этой опции значения «`Biking`», «`Walking`», «`Driving`», можно узнать, что время, затраченное на дорогу, на легковом автомобиле составляет 3 часа 33 минуты (учитываются ограничения скорости, действующие на дорогах), время велосипедной прогулки – 16 часов 3 минуты, время пешего пути – 2 дня 6 часов и 54 минуты. Эти три варианта поездки представлены на рисунке 1, б.

а)



б)

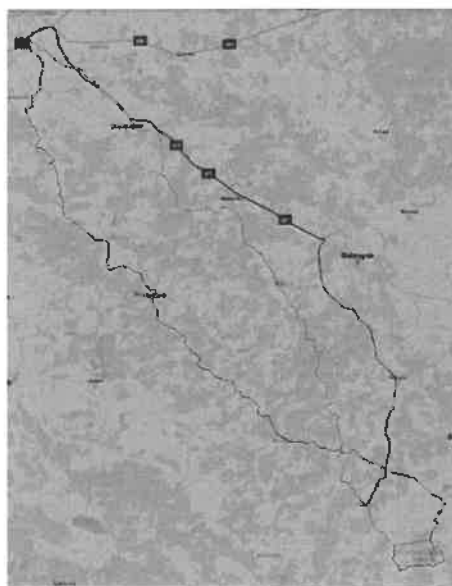


Рисунок 1 – Маршрут Минск – Гомель:

а – результат действия функции `GeoGraphics`; б – варианты пешего, велосипедного и автомобильного маршрутов

Также в системе Mathematica существует возможность работы с обширными встроенными базами данных. С помощью функции `CityData` можно получить доступ к количественной информации о городах страны. Применяя функцию `GeoPosition`, можно определить геодезическую позицию с широтой и долготой объекта. Взаимодействие с этой базой данных дает возможность найти геогра-

фический центр страны с помощью следующей команды: `cities[[CentralFeature[location->Automatic]]]`.

Кроме этого, можно определить город, наибольший по населению. Для этого используется команда `CityData[#, "Population"]&/@cities`. Также города могут быть отсортированы по координатам, по высоте, широте, долготе, часовому поясу.

Для представления этих центров на карте используем следующую легенду: `legend=PointLegend[{Red,Black},{\"unweighted central feature\", \"central feature weightd by population\"}, LegendMarkerSize->Large]`.

Затем эта легенда и соответствующие точки добавляются на карту:

`Legended[GeoGraphics[{EdgeForm[Black],FaceForm[Orange],Polygon[Belarus],GrayLevel[.4],PointSize[0.0075],Point[locations],PointSize[0.04],Red,Point[unweighted],Black,Point[weightd]}, ImageSize->350],Placed[legend,\"Bottom\"]]`. Результат

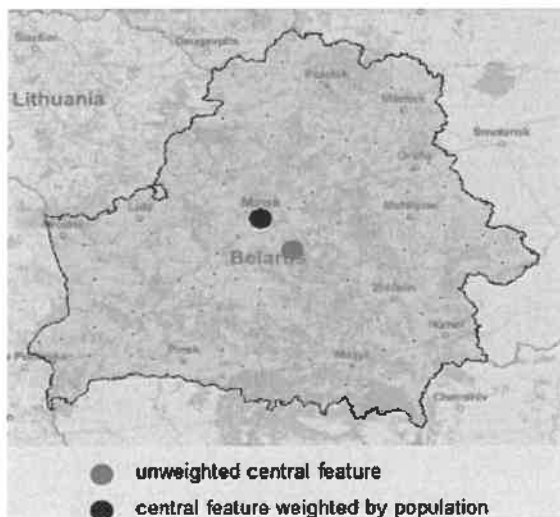


Рисунок 2 – Результат действия функции `Legended`

определения географического центра (в 6 км от Марьиной Горки) и центра, наибольшего по численности населения (Минск), для Республики Беларусь представлены на рисунке 2.

Среди баз данных, которые динамически обновляются в системе, можно выделить базу ракет. В этой базе содержится информация о стране-производителе, дате первого полета, массе, количестве удачных запусков, общем количестве запусков и др.

Выделим класс ракет, имеющих наименьшее значение опции `\"Diameter\"`: `EntityClass[\"Rocket\", \"Diameter\"->TakeSmallest[10]]//EntityList`.

Может быть осуществлен поиск по базе данных по имени объекта: `n1=EntityClass[\"Rocket\", \"Name\"->\"Soyuz-2\"]//EntityList`.

Результат-вывод подробной информации о ракете представлен на рисунке 3.

Таким образом, система Mathematica позволяет осуществлять различные географические вычисления: организовывать географическую визуализацию, работать со свойствами, связанными с геоположением, проводить георасчеты с использованием логических объектов и многое другое. Все вышеперечисленное подчеркивает необходимость более широкого применения системы Mathematica в учебном процессе, в том числе и для подготовки отечественного образовательного комплекса для студентов колледжей и высших технических учреждений, где будет отражена совокупность основных методов обработки географических данных и исследования их на оптимальные значения.

n1[[1]] [\"Dataset\"]	
country of origin	{Russia}
diameter	2.95 m
failed launches	2
first flight	8 Nov 2004
function	{launch vehicle}
height	46.1 m
image	
final flight	
launch coordinates	{{{45.943, 63.653}, {62.9167, 40.5167}}
launch sites	{Baikonur Cosmodrome, Plesetsk Cosmodrome}
mass	305. t
name	Soyuz-2
successful launches	18
total launches	20

Рисунок 3 – Информация о ракете в системе Mathematica

#### Список литературы

1 Taranchuk, V. B. Examples of the use of artificial neural networks in the analysis of geodata / V. B. Taranchuk // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. – Vol. 3. – P. 225–230.  
 2 Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model / B. C. Pijanowski [et al.] // Computers, Environment and Urban Systems. – V. 26, I.6. – November. – 2002. – P. 553–575.



## ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ ТЕРМОРЕАКТОПЛАСТА ДЛЯ ШЛИЦЕВОЙ ВТУЛКИ КАРДАННОГО ВАЛА С ПОВЫШЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ И АДГЕЗИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

*А. В. ГУШТЫН, В. Г. СОРОКИН, А. В. МЕДВЕДЬ, Т. Н. ПЫЖИК*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь*

**Введение.** Карданный вал – деталь трансмиссии всех заднеприводных и полноприводных автомобилей. Это вал, который передает крутящий момент от коробки передач или раздаточной коробки к редуктору переднего или заднего моста [1].

Важный элемент карданного вала – раздвижное шлицевое соединение кардана. Коробка передач или раздаточная коробка, к которой присоединен один конец карданного вала, жестко зафиксирована внутри кузова, а редуктор моста (вторая точка крепления кардана) сопряжен с подвеской. В результате, при переезде препятствия расстояние между коробкой и редуктором моста изменяется. Карданный вал в этом случае должен "растянуться", и раздвижное шлицевое соединение помогает ему это сделать.

Актуальным является продление эксплуатационного ресурса тяжело нагруженного узла трения (шлицевого соединения) путём нанесения на шлицевую втулку полимерного покрытия. Шлицевое соединение является одним из самых функциональных механизмов карданной передачи. Если не считать систему рулевого управления, то все остальные карданные валы в автомобиле отвечают за передачу крутящего момента на ведущий мост [2, 5].

Цель настоящей работы – разработать импортозаменяющее покрытие на основе терморезистивного порошкового материала для шлицевой втулки карданного вала.

**Материалы, методика и техника эксперимента.** Подвижные шлицевые соединения карданного вала на ОАО «Белкард» изготавливают с противоизносным полимерным покрытием типа RILSAN (полиамид 11), нанесённым с целью повышения долговечности и снижения осевых усилий, возникающих в соединении в процессе работы.

На ОАО «Белкард» модельно с использованием среды Solid Works были определены факторы изнашивания трибосистемы «карданная передача».

Для решения вышеуказанных проблем в работе было предложено использовать импортозаменяющее покрытие для шлицевой втулки карданного вала на основе терморезистивного порошкового материала. На шлицевую втулку карданного вала наносили порошковый материал.

Состав порошкового материала:

- улучшенная синтетическая полиэфирная смола (пленкообразователь) – 93 мас.%;
- отвердитель – 3 мас.%;
- светостойкие пигменты – 0,8 мас.%;
- наполнитель – 3 мас.%;
- функциональные добавки – 0,2 мас.%.

Свойства порошкового материала представлены в таблице 1.

*Таблица 1 – Свойства порошкового материала*

Показатель	Значение
Толщина покрытия	80–100 мкм
Блеск – под углом 60°	Не нормируется (визуальное сравнение)
Внешний вид	IV класс
Цвет покрытия, отклонение	Синий, ≤ 1
Прочность при изгибе	≤ 10 кг/см <sup>2</sup>
Прочность при ударе (20 дюймов·фунт)	Нет трещин
Адгезия (решетчатый надрез)	2 балла
Способность к псевдооживлению (флоидизации)	Хорошая

Покрyтия для исследований получали двумя способами:

1 Формирование покрyтия в псевдооживленном слое. Режимы формирования покрyтия были следующими: температура нагрева печи 380–400 °С, время выдержки в печи – 8–10 мин, время выдержки в кипящем слое порошка – 3–5 с. Толщина покрyтия – 80–100 мкм.

2 Путём нанесения терморективного порошка электростатическим методом. Толщина покрyтия – 80–100 мкм.

Для проведения триботехнических испытаний разработанного покрyтия и испытаний его на адгезионную прочность были изготовлены образцы стали марки 40Х. Габаритные размеры и шероховатость образцов после фрезерной обработки на станке Fadal 3016: длина – 60 мм; ширина – 40 мм; толщина – 10 мм, шероховатость торцов –  $Ra = 6,3$  мкм. Образцы были обработаны на плоскошлифовальном станке по плоскостям до шероховатости  $Ra = 0,8$  мкм.

Триботехнические характеристики определяли по схеме «три индентора – по неподвижному диску» на микротрибометре FT-2 при скорости скольжения  $v = 0,016$  м/с и нагрузке  $N = 20$  Н. Диаметр шариков – 3 мм (сталь ШХ15). Радиус трассы трения – 16 мм. Покрyтия наносили на поверхность металлического диска из стали 45 диаметром 50 мм и толщиной 4 мм.

Определение показателя адгезии сформированных полимерных покрyтий производили при помощи специального устройства для нанесения решетчатых надрезов. При этом трещин или отслоений на поверхности образцов не наблюдалось, что указывает на прочность покрyтия. Степень адгезии определяли по наличию отслаивания в области решетчатых надрезов на участках, которые подвергались деформированию.

**Результаты.** Анализируя модельные исследования, проведенные на ОАО «Белкард» в среде Solid Works Simulation, можно сделать вывод, что шлицевое соединение подвержено осевым перемещениям, воздействию инерционных сил, ударных нагрузок и резонансных колебаний. Все эти факторы увеличивают коррозионно-механический износ элементов пары трения «втулка шлицевая – шлицевой вал».

Триботехнические и адгезионные испытания предлагаемого импортозамещающего покрyтия покрyтий, сформированных различными способами, показали, что наиболее целесообразно использовать электростатический метод нанесения. Кроме того, на кафедре материаловедения и ресурсосберегающих технологий УО «ГрГУ имени Янки Купалы» имеется участок по такому нанесению и формированию покрyтий из порошковых красок и полимеров.

Разработан технологический процесс для нанесения импортозамещающего покрyтия на основе терморективного порошкового материала на шлицевую втулку карданного вала.

**Заключение.** Разработан состав импортозамещающего покрyтия на основе терморективного порошкового материала для шлицевой втулки карданного вала, оптимизирующий параметры эксплуатационных характеристик шлицевого соединения. Разработана технология нанесения порошкового покрyтия. Модельно определены факторы изнашивания трибосистемы «карданная передача» в среде Solid Works. Проведены триботехнические испытания разработанного покрyтия и испытания его на адгезионную прочность. Разработан технологический процесс для нанесения импортозамещающего покрyтия на основе терморективного порошкового материала на шлицевую втулку карданного вала.

#### Список литературы

1 Шлицевое соединение карданного вала [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://kardan-remont-tyumen.ru/shlicevoe-soedinenie-kardannogo-vala/>. – Дата доступа : 16.09.2019.

2 Карданные валы [Электронный ресурс].– Режим доступа : <https://blamper.ru/auto/wiki/transmissiya/kardanny-val-3657/>. – Дата доступа : 25.08.2019.

3 Грокард – шлицевое соединение карданного вала [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.grokard.grodno.by/shlicevoe-soedinenie.html>. – Дата доступа : 25.08.2019.

4 Запчасти для карданов (Украина) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://cardansystems.com.ua/zapchasti-dlya-kardanov/shlitsevaaya-vtulka-i-shlitsevoj-val/>. – Дата доступа : 02.09.2019.

5 Википедия: Разработка технологического процесса восстановления втулки шлицевого карданного вала [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [revolution.allbest.ru/manufacture/00753932\\_0.html](http://revolution.allbest.ru/manufacture/00753932_0.html). – Дата доступа : 05.09.2019.

**ТЕРМОУПРУГОДИФФУЗИОННЫЙ СЛОЙ  
ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

С. А. ДАВЫДОВ, А. В. ЗЕМСКОВ

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В работе представлено математическое моделирование распространения динамических термоупругодиффузионных возмущений в  $N$ -компонентном слое с учётом релаксации [1–3]. Также учитываются перекрёстные диффузионные эффекты [4]. Одномерные физико-механические процессы, протекающие в условии нестационарных поверхностных механических, тепловых и диффузионных воздействий, описываются с помощью локально-равновесной модели связанной термоупругой диффузии (штрихи обозначают производную по безразмерной пространственной переменной  $x$ , а точки – производные по безразмерному времени  $\tau$ ), включающей:

– уравнения движения упругой среды, теплопереноса и массопереноса [5, 6]:

$$\begin{aligned} \ddot{u} &= u'' - b_u \vartheta' - \sum_{q=1}^N \alpha_q \eta'_q, \\ \dot{\vartheta} + \tau_\vartheta \ddot{\vartheta} &= \kappa \vartheta'' - b_\vartheta (\dot{u}' + \tau_\vartheta \ddot{u}') - \sum_{q=1}^N \beta_q (\dot{\eta}_q + \tau_\vartheta \ddot{\eta}_q), \\ \dot{\eta}_q + \tau_{\eta q} \ddot{\eta}_q &= \sum_{p=1}^N D_{qp} \eta''_p - \Lambda_q u'' - M_q \vartheta'' \quad (q = \overline{1, N}); \end{aligned}$$

– граничные условия:

$$\begin{aligned} \left( u' - b_u \vartheta - \sum_{q=1}^N \alpha_q \eta_q \right) \Big|_{x=0} &= f_{11}(\tau), \quad \vartheta|_{x=0} = f_{21}(\tau), \quad \eta_q|_{x=0} = f_{31}(\tau), \\ \left( u' - b_u \vartheta - \sum_{q=1}^N \alpha_q \eta_q \right) \Big|_{x=1} &= f_{12}(\tau), \quad \vartheta|_{x=1} = f_{22}(\tau), \quad \eta_q|_{x=1} = f_{32}(\tau); \end{aligned}$$

– начальные условия:

$$u|_{\tau=0} = \dot{u}|_{\tau=0} = \vartheta|_{\tau=0} = \dot{\vartheta}|_{\tau=0} = \eta_q|_{\tau=0} = \dot{\eta}_q|_{\tau=0} = 0.$$

В постановке и далее используются следующие безразмерные величины (при одинаковом начертании размерные величины обозначены звёздочкой):

$$\begin{aligned} x &= \frac{x_1}{L}, \quad u = \frac{u_1}{L}, \quad \tau = \frac{Ct}{L}, \quad C^2 = \frac{C_{1111}}{\rho}, \quad \alpha_q = \frac{\alpha_{11}^{(q)} n_0^{(q)}}{C_{1111}}, \quad D_{qp} = \frac{D_{11}^{(qp)}}{CL}, \quad b_u = \frac{b_{11} T_0}{C_{1111}}, \\ \tau_\tau &= \frac{Ct_\tau}{L}, \quad \tau_{\eta q} = \frac{Ct_{\eta q}^{(q)}}{L}, \quad \vartheta = \frac{T - T_0}{T_0}, \quad \Lambda_q = \frac{m^{(q)} D_{11}^{(qq)} \alpha_{11}^{(q)}}{\rho R T_0 C L}, \quad b_\tau = \frac{b_{11}}{\rho c_0}, \\ M_q &= \frac{D_{11}^{(qq)} \ln(n_0^{(q)} \gamma^{(q)})}{CL}, \quad \kappa = \frac{\kappa_{11}}{\rho c_0 L C}, \quad \beta_q = \frac{n_0^{(q)} R \ln(n_0^{(q)} \gamma^{(q)})}{m^{(q)} c_0}, \\ f_{1l}(\tau) &= \frac{f_{1l}^*(t)}{L}, \quad f_{2l}(\tau) = \frac{L f_{2l}^*(t)}{T_0}, \quad f_{q+2,l}(\tau) = \frac{f_{q+2,l}^*(t)}{n_{0q} C} \quad (l = \overline{1, 2}). \end{aligned}$$

где  $t$  – время;  $x_1$  – декартова координата;  $u_1$  – компонента вектора перемещений;  $L$  – толщина слоя;  $q$  – номер компоненты вещества в составе  $N$ -компонентной среды;  $\eta^{(q)} = n^{(q)} - n_0^{(q)}$  – приращение концентрации (массовые доли);  $n_0^{(q)}$  и  $n^{(q)}$  – начальная и актуальная концентрации (массовые доли);

$t_0$  – время тепловой релаксации;  $t_n^{(g)}$  – время диффузионной релаксации;  $C_{1111}$  – упругая постоянная;  $\rho$  – плотность среды;  $b_{11}$  – температурная постоянная, характеризующая тепловые деформации;  $\alpha_{11}^{(g)}$  – коэффициенты, характеризующие объемное изменение среды за счёт диффузии;  $D_{11}^{(gp)}$  – коэффициент диффузии;  $m^{(g)}$  – молярная масса;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  и  $T_0$  – актуальная и начальная температуры;  $\kappa_{11}$  – коэффициент теплопроводности;  $\gamma^{(g)}$  – коэффициент активации;  $c_0$  – удельная теплоёмкость при постоянных концентрации и деформации.

Решение задачи ищется в виде свёрток [7, 8]:

$$u(x, \tau) = \sum_{l=1}^2 \sum_{k=1}^{N+2} (G_{1kl} * f_{kl}), \quad \vartheta(x, \tau) = \sum_{l=1}^2 \sum_{k=1}^{N+2} (G_{2kl} * f_{kl}), \quad \eta_g(x, \tau) = \sum_{l=1}^2 \sum_{k=1}^{N+2} (G_{3kl} * f_{kl}),$$

где  $G_{ik} = G_{ik}(x, \tau)$  – поверхностные функции Грина. Свёртки имеют вид

$$G_{ik} * f_{kl} = \int_0^{\tau} G_{ik}(x, \tau-t) f_{kl}(t) dt.$$

Для нахождения функций Грина используются преобразование Лапласа по времени и разложение искомых функций в тригонометрические ряды Фурье. Первое уравнение раскладывается по косинусам, а остальные уравнения – по синусам. При использовании такого подхода трансформанты искомых функций представляются рациональными относительно параметра преобразования Лапласа, что, в свою очередь, позволяет находить их оригиналы с помощью известных теорем операционного исчисления [3–7]. Выполнен тестовый расчёт.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-31-00437).

#### Список литературы

- 1 Sherief, H. H. The theory of generalized thermoelastic diffusion / H. H. Sherief, F. A. Hamza, H. Saleh // International Journal of Engineering Science. – 2004. – Vol. 42. – P. 591–608.
- 2 Князева, А. Г. Введение в термодинамику необратимых процессов. Лекции о моделях. – Томск : Изд-во Иван Федоров, 2014. – 172 с.
- 3 Davydov, S. A. Propagation of one-dimensional thermoelastodiffusive perturbations in a multicomponent layer / S. A. Davydov, A. V. Vestyak, A. V. Zemskov // J. Phys.: Conf. Ser. – 2019. – 1158. – 022034.
- 4 Davydov, S. A. Unsteady one-dimensional perturbations in multicomponent thermoelastic layer with cross-diffusion effect / S. A. Davydov, A. V. Zemskov // J. Phys.: Conf. Ser. – 2018. – 1129. 012009.
- 5 Davydov, S. A. An Elastic Half-Space under the Action of One-Dimensional Time-Dependent Diffusion Perturbations / S. A. Davydov, A. V. Zemskov, D. V. Tarlakovskii // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2015. – Vol. 36, No. 4. – P. 503–509.
- 6 Давыдов, С. А. Поверхностные функции Грина в нестационарных задачах термомехано-диффузии / С. А. Давыдов, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Проблемы прочности и пластичности. – 2017. – Т. 79, № 1. – С. 38–47.
- 7 Unsteady one-dimensional problem of thermoelastic diffusion for homogeneous multicomponent medium with plane boundaries / A. V. Vestyak [et al.] // Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki. – 2018. – Vol. 160, No. 1. – P. 183–195 (In Russian).
- 8 Davydov, S. A. Thermoelastic Diffusion Multicomponent Half-Space under the Effect of Surface and Bulk Unsteady Perturbations / S. A. Davydov, A. V. Zemskov, E. R. Akhmetova // Math. Comput. Appl. – 2019. – No. 24(1). – P. 26.

УДК 519.87:539.37

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СУЩЕСТВЕННО НЕЛИНЕЙНЫХ НАЧАЛЬНО-КРАЕВЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НЕОДНОРОДНЫХ И МНОГОСВЯЗНЫХ СРЕД И СИСТЕМ

В. Г. ДМИТРИЕВ, О. В. ЕГОРОВА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

На основе вычислительного эксперимента и оптимальных вычислительных алгоритмов получены определяющие параметры для исследования прочности и надежности сложных, неоднородных машиностроительных и строительных конструкций и систем с учетом нелинейных особенностей их деформирования при нестационарных воздействиях различной физической природы. При этом

предполагается разработать и развить универсальные методы построения адекватных математических моделей, реализуемых в различных областях механики деформируемого твердого тела и строительной механики конструкций и систем, с учетом геометрической и физической нелинейности различного вида и уровня, в том числе с учетом существенной перестройки начальной геометрии конструкции в процессе деформирования. Для разрабатываемого универсального подхода дискретизация исходной континуальной задачи может быть осуществлена как методом конечных разностей, так и методом конечных элементов.

Для описания напряженно-деформированного состояния арок и панелей при больших перемещениях точек координатной поверхности и неограниченных углах поворота нормали к ней в качестве неизвестных принимаются изменения декартовых координат в процессе деформирования. Рассматриваются как однослойные, так и многослойные тонкостенные конструкции из композитов в общем случае – переменной толщины.

На основе моделей Кирхгоффа – Лява и Тимошенко разработаны физико-математические модели на основе универсальных подходов в интегро-дифференциальной форме с учетом геометрической и физической нелинейностей как с использованием соотношений деформационной теории пластичности, так и теории течения. Разработаны оригинальные вычислительные технологии на основе адаптированной формы метода установления для решения нелинейных задач механики деформируемого твердого тела.

Работа выполнена в Московском авиационном институте при финансовой поддержке РФФИ, проект №19-01-00675.

УДК 539.371

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ УПРУГИХ НЕОДНОРОДНЫХ АРОК И ПАНЕЛЕЙ ПРИ БОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ И УГЛАХ ПОВОРОТА НОРМАЛИ**

*В. Г. ДМИТРИЕВ, О. В. ЕГОРОВА, Л. Н. РАБИНСКИЙ  
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Рассматривается упругое деформирование произвольных плоских арок и панелей, работающих в условиях плоской деформации, под действием произвольной системы краевых и поверхностных статических нагрузок общего или локального характера. Для описания напряженно-деформированного состояния арок и панелей при больших перемещениях точек координатной поверхности и неограниченных углах поворота нормали к ней в качестве неизвестных принимаются изменения декартовых координат  $x, y$  в процессе деформирования. Рассматриваются как однослойные, так и многослойные тонкостенные конструкции из композитов в общем случае – переменной толщины  $h$ . При построении дискретной модели дискретизация по пространственным переменным осуществляется методом конечных разностей (МКР). Для численного решения системы дискретных уравнений относительно сеточных функций неизвестных  $x_i, y_i$  ( $i$  – индекс узловой точки) используется квазидинамическая форма метода установления с заменой уравнений равновесия на уравнения, совпадающие по форме с уравнениями движения в вязкой среде. Разностная аппроксимация нестационарных уравнений на временной сетке с постоянным шагом позволяет построить итерационный процесс нахождения решения исходной стационарной задачи. Рассмотрены особенности построения вычислительных алгоритмов как для случая консервативных, так и «следающих» нагрузок.

Результаты проведенного вычислительного эксперимента показали, что разработанные математические модели и вычислительные алгоритмы позволяют исследовать особенности существенно нелинейного деформирования тонкостенных конструкций как в докритической, так и закритической области при максимальных тангенциальных  $u$  и нормальных  $w$  перемещениях порядка  $(u, w)_{\max} \approx 100h$  и углах поворота нормали  $\theta \approx 0,4\pi$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 19-01-00675).

## ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

А. В. ЕЛИСЕЕВ, А. В. НИКОЛАЕВ, С. В. ЕЛИСЕЕВ

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Динамика механических объектов во многом определяет возможности безопасной работы в условиях динамических нагрузжений на элементы, узлы и агрегаты машин. Внимание уделяется оценке динамических состояний, создаваемых вибрациями различной природы. Вместе с тем, широкий класс технологических машин проектируется и создаётся для создания вибрационных полей, обеспечивающих технологические процессы вибрационного транспортирования рабочих сыпучих смесей, вибрационного упрочнения и др. [1, 2]. Обеспечение надежности эксплуатации технологических вибрационных машин в общем случае является достаточно сложной задачей, поскольку рабочие органы таких технологических объектов, как правило, являются твердыми телами, совершающими сложные колебательные движения. Предварительная оценка возможностей вибрационных машин в плане формирования необходимых вибрационных полей, проявления специфических динамических эффектов, связанных с совместным движением по нескольким координатам, может быть проведена на основе использования расчетных схем в виде механических колебательных систем с сосредоточенными параметрами с несколькими степенями свободы. Сравнительный анализ полученных результатов [3, 4] позволяет выделить ряд специфических эффектов и проявлений динамических свойств, которые связаны с рассмотрением некоторых структурных образований из типовых элементов, характерных для методов структурного математического моделирования [5]. Такие структурные образования могут рассматриваться, в свою очередь, как некоторые формы проявления фундаментальных свойств механических колебательных систем в целом. Плоские варианты таких структурных образований, получивших названия диады, рассмотрены в работах [6, 7].

В предлагаемом докладе рассматривается ряд вопросов, относящихся к созданию нового методологического базиса, позволяющего раскрыть возможности диад как автономных структурных образований на соответствие спектру динамических свойств для механических колебательных систем общего вида. Рассматривается структурное образование в форме диады, представляющей собой механическую колебательную систему с двумя степенями свободы (рисунок 1).

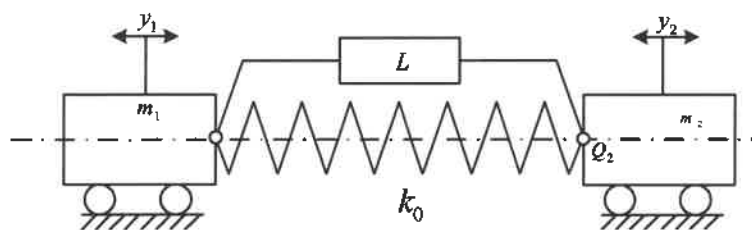


Рисунок 1 – Диада, образованная массоинерционными элементами  $m_1$  и  $m_2$ , упругим элементом  $k_0$  и устройством преобразования движения  $L$

Массоинерционные элементы  $m_1$  и  $m_2$ , образующие диаду, совершают малые свободные поступательные колебания вдоль общей прямой. Рассматриваемая диада, массы которой соединены упругим элементом с жесткостью  $k$  и длиной  $l$ , содержит в своей структуре дополнительную связь, реализованную устройством преобразования движения с массоинерционной характеристикой  $L$ . Внешние воздействия отсутствуют. Возмущающим колебания фактором служат начальные смещения; начальные скорости равны нулю. Массоинерционные элементы диады совершают колебания относительно статических положений. В процессе свободных колебаний диады в структуре механической колебательной системы возможно возникновение характерных точек, обладающих специальными свойствами. К таким точкам можно отнести неподвижные точки и точки, отражающие динамические особенности, связанные с формированием реакций со стороны упругих элементов системы. Наравне с формированием в структуре диады характерных точек, по сути, являющимися частичными признаками механической колебательной системы, интерес представляют структурные особенности диады отражающие её метрические свойства как фактор реализации динамических режимов. Так, с одной стороны, начальные условия определяют амплитуды свободных колебаний элементов диады. С другой стороны, в силу конечности упругого элемента диады возникают соударения при условии превышения амплитудами критических значений, что оказывает воздействие на форму свободных колеба-

ний. В дополнение к особенностям формирования структурных и динамических свойств диады интерес представляет роль дополнительных связей, представленных в структуре диады устройством преобразования движения. Задача исследования заключается в разработке подхода к определению характерных особенностей диады в зависимости от дополнительных связей, формирующих взаимодействие элементов структурного образования в процессе свободных колебаний.

Применяется формализм Лагранжа; используется аналитический аппарат интегральных преобразований Лапласа, в рамках которого системе дифференциальных уравнений с начальными условиями сопоставляется система линейных алгебраических уравнений.

Предложена формализованная концепция обоснования существования характерных точек и характерных режимов диады. Под характерным режимом авторами понимается режим свободных колебаний диады, который совершается относительно характерной точки. Эта точка обладает следующими свойствами: характерная точка неподвижна в заданной системе координат, при условии, что начальные скорости равны нулю; характерная точка совпадает с центром масс; характерная точка обладает тем свойством, что определяет границы физической реализации диады. Параметр устройства преобразования движения для рассматриваемого семейства диад служит фактором, определяющим положение приведенного центра масс, для фиксированных в пространстве диад либо фактором, определяющим положение диады в пространстве при условии фиксации приведенного центра масс диады в некоторой точке пространства.

Работа выполнена в рамках НИОКТР «Разработка методов для оценки динамических свойств движений элементов механических колебательных систем с учетом связности движений и проявления их форм самоорганизации при действии вибрационных возмущений» № АААА-А16-116112350118-4.

#### Список литературы

1 Clarence, W. de Silva. Vibration. Fundamentals and Practice / W. de Silva Clarence. – Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.: CRC Press, 2000. – 957 p.

2 Елисеев, А. В. Динамика вибрационных взаимодействий элементов технологических систем с учетом неустойчивых связей: [монография] / А. В. Елисеев, В. В. Сельвинский, С. В. Елисеев. – Новосибирск: Наука, 2015. – 332 с.

3 Елисеев, А. В. Диады в механических колебательных системах: модель формирования динамических взаимодействий / А. В. Елисеев, А. В. Николаев, С. В. Миронов // Проблемы механики современных машин: материалы VII Международ. науч. конф. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2018. – Т. 1. – С. 33–40.

4 Николаев, А. В. Математическое моделирование: особенности динамических свойств структурных образований в составе механических колебательных систем / А. В. Николаев, А. В. Елисеев // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2018. – № 6. – С. 63–65.

5 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; отв. ред. А. И. Артюнин. – Иркутск: ИрГУПС, 2018. – 692 с.

6 Елисеев, А. В. Динамические свойства диады с разнородными парциальными системами. / А. В. Елисеев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 5 (124). – С. 32–53. 10.21285/1814-3520-2017-5-32-53.

7 Хоменко, А. П. Структурные образования в механических колебательных системах: диада как форма взаимодействия элементов / А. П. Хоменко, С. В. Елисеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 2 (54). – С. 8–14.

УДК 539.377

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ СПЕКАНИИ

*С. И. ЖАВОРОНОК, А. С. КУРБАТОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ, И. В. ВАСИЛЬЕВ*  
*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В процессе лазерного синтеза возникают зоны неустойчивости, не допускающие применение метода лазерного спекания. Проведенные исследования позволяют определить допустимое время воздействия лазерного пучка на одну зону с учетом мощности подводимого потока и геометрических размеров изделия при разработке аддитивного технологического процесса для тонкостенных элементов конструкций на базе селективного лазерного спекания. Результаты расчетов согласуются с экспериментальными данными. Показана возможность достоверного прогноза влияния парамет-

ров технологического процесса на исследованные эффекты искажения геометрии синтезируемых изделий, связанные с потерей устойчивости тонкостенными элементами.

Проведено исследование особенностей потери устойчивости тонкостенными элементами конструкций в виде балок, пластин и сегментов цилиндрических оболочек, реализующееся в процессе их послойного лазерного синтеза. Для различных конструктивных элементов получены численные решения задач о потере устойчивости при высокоинтенсивном краевом нагреве движущимся источником тепла. Задачи решены методом конечных элементов в трехмерной постановке, при этом источник моделировался, как поле вектора теплового потока, нормальное к боковой поверхности оболочки, с амплитудой, изотропно затухающей по экспоненциальному закону. Приводятся результаты расчетов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №17-01-00837.

УДК 539.371

## О РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ УРАВНЕНИЙ СОВМЕЩНОСТИ В ТЕОРИИ ОБОЛОЧЕК $N$ -ГО ПОРЯДКА

*С. И. ЖАВОРОНОК*

*Институт прикладной механики РАН, г. Москва, Российская Федерация*

Рассмотрена постановка статической задачи теории  $N$ -го порядка анизотропных оболочек [1–3] в обобщенных усилиях. Модель оболочки задана на двумерном многообразии множеством обобщенных усилий – тензоров поверхности [4]. В основу решения проблемы приведения трехмерной задачи теории упругости к двумерной задаче теории оболочек высшего порядка положен функционал Кастильяно в напряжениях, являющийся следствием преобразования Фридрихса функционала Лагранжа [5] и порождающий уравнения совместности деформаций трехмерного тела. Тензоры обобщенных сил являются коэффициентами разложения по биортогональной системе функций нормальной координаты тензора напряжения, определенного в сопутствующем базисе системы координат на реперной поверхности оболочки [4], не зависящем от нормальной координаты. Пространственная плотность функционала Кастильяно, редуцирована к поверхностной плотности путем вычисления соответствующих интегралов по нормальной координате. В качестве ограничений введены статические условия на лицевых поверхностях оболочки, перенесенные на реперную поверхность и записанные относительно обобщенных сил. Обобщенные уравнения совместности теории оболочек являются условиями стационарности функционала, определенного на касательном расслоении двумерного многообразия. Тожественное удовлетворение краевых условий на лицевых поверхностях оболочки в рамках теории  $N$ -го порядка обеспечивается учетом связей методом множителей Лагранжа. Рассмотрены примеры уравнений совместности и показано соответствие уравнений теории первого порядка уравнениям совместности классической теории оболочек, аналогичное [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 19-01-00695-а и 17-08-01461-а).

### Список литературы

- 1 Amosov, A. A. An Approximate High-order Theory of thick anisotropic shells / A. A. Amosov, S. I. Zhavoronok // *Int. J. Comput. Civil & Struct. Engin.* – 2003. – Vol. 1. – No. 5. – P. 28–38.
- 2 Амосов, А. А. О решении некоторых задач о напряженно-деформированном состоянии анизотропных толстостенных оболочек вращения в трехмерной постановке / А. А. Амосов, С. И. Жаворонок, К. А. Леонтьев // *Механика композиционных материалов и конструкций.* – 2004. – Т. 10. – № 3. – С. 301–310.
- 3 Жаворонок, С. И. Анализ сходимости решения при расчете толстостенных оболочек вращения произвольной формы / С. И. Жаворонок, А. Н. Леонтьев, К. А. Леонтьев // *Int. J. Comput. Civil & Struct. Engin.* – 2010. – Vol. 6. – No. 1&2. – P. 105–111.
- 4 Векуа, И. Н. Некоторые общие методы построения различных вариантов теории оболочек / И. Н. Векуа. – М.: Наука, 1982. – 282 с.
- 5 Абовский, Н. П. Вариационные принципы теории упругости и теории оболочек / Н. П. Абовский, Н. П. Андреев, А. П. Деруга. – М.: Наука, 1978. – 288 с.
- 6 Tarlakovskii, D. V. On the compatibility equations in shell theories considering transverse shear and normal strains / D. V. Tarlakovskii, S. I. Zhavoronok // *Shell Structures : Theory and Applications.* – CRC Press, Leiden. – Vol. 4. – 2017. – P. 173–176.



## ОБ ОБОБЩЕННЫХ УРАВНЕНИЯХ ВОРОНЦА В ТЕОРИИ ОБОЛОЧЕК $N$ -ГО ПОРЯДКА И ИХ ПРИЛОЖЕНИЮ К ЗАДАЧАМ О ДИСПЕРСИИ ВОЛН В НЕОДНОРОДНЫХ ТОНКИХ ТЕЛАХ

С. И. ЖАВОРОНОК

*Институт прикладной механики РАН, г. Москва, Российская Федерация*

Предложена вариационная формулировка модели оболочки  $N$ -го порядка [1, 2] как континуальной двумерной системы со связями. Модель оболочки задана на двумерном многообразии, соответствующем реперной поверхности оболочки, множеством переменных поля первого рода, плотностью функционала Лагранжа и уравнениями связей. Переменные поля определены коэффициентами биортонormalного разложения вектора перемещения, заданного компонентами в сопутствующем базисе системы координат на реперной поверхности, не зависящем от нормальной координаты [3]. Применение биортонormalных базисных функций нормальной координаты обеспечивает построение моделей оболочки различного типа как традиционных двумерных с учетом высших степеней свободы [3], так и трехмерных конечно-элементных в рамках единого формализма. Краевые условия, перенесенные с лицевых на реперную поверхность оболочки, образуют уравнения связей. При разрешимости связей относительно линейных операторов над переменными поля, входящих в формулировку плотности функционала Лагранжа, получены уравнения движения, в отличие от [1, 2] не содержащие множителей связей, которые могут быть интерпретированы как обобщенные уравнения Воронца двумерной континуальной системы. На основе предложенной формулировки построены решения задач о дисперсии волн в плоском функционально-градиентном слое при степенном и экспоненциальном распределении объемной доли структурных составляющих по толщине.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-01-00695-а).

### Список литературы

1 Zhavoronok, S. I. On the variational formulation of the extended thick anisotropic shells theory of I. N. Vekua type / S. I. Zhavoronok // *Procedia Engineering*. – 2015. – Vol. 111. – P. 888–895.

2 Жаворонок, С. И. Обобщенные уравнения Лагранжа второго рода расширенной трехмерной теории  $N$ -го порядка анизотропных оболочек / С. И. Жаворонок // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2015. – Т. 21. – № 3. – С. 370–381.

3 Веква, И. Н. Некоторые общие методы построения различных вариантов теории оболочек / И. Н. Веква. – М. : Наука, 1982. – 282 с.

4 Zhavoronok, S. I. On the use of extended plate theories of Vekua – Amosov type for Wave dispersion problems / S. I. Zhavoronok // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. – 2018. – Vol. 14. – No. 1. – P. 36–48.

5 Modelling of the Plane Waveguide Dynamics based on the Quasi-3D Plate Theory of I.N. Vekua Type / O. V. Egorova [et al.] // *Mech. Adv. Mater. Struct.* – 2019. – Doi: 10.1080/15376494.2019.1578008.

6 Жаворонок, С. И. Применение расширенной теории пластин  $N$ -го порядка к решению дисперсионной задачи для градиентно-неоднородного слоя / С. И. Жаворонок // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2019. – Т. 24. – № 2. – С. 240–258.

## ВЛИЯНИЕ СЖИМАЕМОСТИ ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ

Ю. В. ЗАХАРЧУК

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Вопросам расчета напряженно-деформированного состояния слоистых, в том числе трехслойных, элементов конструкций уделяется большое внимание ввиду их широкого применения в различных отраслях промышленности. Зачастую такие элементы являются составляющими сложных и

ответственных сооружений. При оценке работы несущих слоистых элементов конструкций под воздействием силовых нагрузок возникают специфические проблемы, которые в первую очередь связаны с определением соответствующих напряжений и деформаций. В процессе деформирования материалы слоев могут проявлять физически нелинейные свойства, что приводит к нелинейным дифференциальным уравнениям равновесия, которые не имеют точного аналитического решения. Возникает проблема выбора метода их приближенного решения.

Многочисленные опубликованные работы, посвященные деформированию круговых трехслойных пластин, как правило, используют модель с несжимаемым наполнителем, что менее адекватно описывают деформирование и значительно упрощает математическую сторону проблемы. Здесь рассматривается круговая трехслойная пластина, несущие слои которой выполнены из упругопластического материала, а сжимаемый по толщине наполнитель может проявлять упругие и нелинейно-упругие свойства.

Постановка задачи и ее решение проведены в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ . Система координат связана со срединной плоскостью наполнителя. В тонких несущих слоях с толщинами  $h_1 \neq h_2$  справедливы гипотезы Кирхгофа. В легком наполнителе нормаль остается прямолинейной, поворачивается на некоторый дополнительный угол  $\psi(r)$ . Функция обжатия наполнителя  $\nu(r)$  по его толщине принимается линейной.

На внешний слой стержня действует осесимметричная распределенная нагрузка  $q = q(r)$ . На контуре пластинки предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев и обжатию наполнителя ( $\psi = 0, \nu = 0$  при  $r = r_0$ ). Через  $w(r)$  и  $u(r)$  обозначены прогиб и продольное перемещение срединной плоскости наполнителя,  $\nu(r)$  – функция, характеризующая сжимаемость наполнителя. Обозначим через  $h_k$  толщину  $k$ -го слоя ( $k = 1, 2, 3$  – номер слоя), при этом  $h_3 = 2c$ .

Продольные и поперечные перемещения в слоях  $u^{(k)}(r, z)$  и  $w^{(k)}(r, z)$  можно выразить через четыре искомые функции  $w(r), u(r), \psi(r)$  и  $\nu(r)$ . Для связи напряжений и деформаций в слоях пластины используются нелинейные физические уравнения состояния типа теории малых упругопластических деформаций Ильюшина:

$$s_{\alpha}^{(k)} = 2G_k(1 - \omega_k(\epsilon_u^{(k)}))\vartheta_{\alpha}^{(k)}, \quad \sigma^{(k)} = 3K_k\epsilon^{(k)} \quad (k = 1, 2, 3; \alpha = r, \varphi),$$

$$s_z^{(3)} = 2G_3(1 - \omega_3(\epsilon_u^{(3)}))\vartheta_z^{(3)}, \quad s_{rz}^{(3)} = 2G_3(1 - \omega_3(\epsilon_u^{(3)}))\vartheta_{rz}^{(3)}, \quad (1)$$

где  $k$  – номер слоя;  $s_{\alpha}^{(k)}, \vartheta_{\alpha}^{(k)}, \sigma^{(k)}, \epsilon^{(k)}$  – девиаторная и шаровая части тензоров напряжений и деформаций;  $G_k, K_k$  – модули сдвиговой и объемной деформации;  $\omega_k(\epsilon_u^{(k)})$  – функции пластичности Ильюшина материалов несущих слоев ( $k = 1, 2$ ), которые при  $\epsilon_u^{(k)} \leq \epsilon_y^{(k)}$  равны нулю;  $\epsilon_y^{(k)}$  – деформационные пределы текучести материалов;  $\omega_3(\epsilon_u^{(3)})$  – универсальная функция, описывающая физическую нелинейность сжимаемого наполнителя, причем  $\omega^{(3)} \equiv 0$  при  $\epsilon_u^{(k)} \leq \epsilon_s^{(k)}$ ,  $\epsilon_s^{(3)}$  – предел физической нелинейности материала;  $s_z^{(3)}, s_{rz}^{(3)}, \vartheta_z^{(3)}, \vartheta_{rz}^{(3)}$  – девиаторы тензоров в наполнителе;  $\epsilon_u^{(k)}$  – интенсивность деформаций,

$$\epsilon_u^{(k)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_{rr} - \epsilon_{\varphi\varphi})^2 + (\epsilon_{\varphi\varphi} - \epsilon_{zz})^2 + (\epsilon_{zz} - \epsilon_{rr})^2 + 6(\epsilon_{r\varphi}^2 + \epsilon_{\varphi z}^2 + \epsilon_{rz}^2)}.$$

С помощью соотношений (1) выделим в тензоре напряжений упругие (индекс «е») и неупругие (индекс «ω») слагаемые:

$$\sigma_{\alpha}^{(k)} = \sigma_{\alpha e}^{(k)} - \sigma_{\alpha\omega}^{(k)} \quad (\alpha = r, \varphi; k = 1, 2, 3), \quad \sigma_z^{(3)} = \sigma_{ze}^{(3)} - \sigma_{z\omega}^{(3)}, \quad \sigma_{rz}^{(3)} = \sigma_{rze}^{(3)} - \sigma_{rz\omega}^{(3)},$$

где

$$\sigma_{\alpha e}^{(k)} = 2G_k\vartheta_{\alpha}^{(k)} + K_k\theta^{(k)}, \quad \sigma_{\alpha\omega}^{(k)} = 2G_k\omega_k\vartheta_{\alpha}^{(k)}, \quad \sigma_{ze}^{(3)} = 2G_3\vartheta_z^{(3)} + K_3\theta^{(3)}, \quad \sigma_{z\omega}^{(3)} = 2G_3\omega_3\vartheta_z^{(3)},$$

$$\sigma_{rze}^{(3)} = 2G_3\vartheta_{rz}^{(3)}, \quad \sigma_{rz\omega}^{(3)} = 2G_3\omega_3\vartheta_{rz}^{(3)}.$$

Ранее, используя вариационный принцип Лагранжа без применения уравнений связи напряжений и деформаций, были получены уравнения равновесия в обобщенных усилиях упругой круговой

трехслойной пластины со сжимаемым заполнителем и граничные условия. Воспользовавшись ими в рассматриваемом случае, получим систему уравнений равновесия в перемещениях, которую можно записать в виде

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u + a_2 \Psi - a_3 w_{,r} - a_4 v_{,r}) + K_3^- v_{,r} &= P_\omega, \\ L_2(a_2 u + a_5 \Psi - a_6 w_{,r} - a_7 v_{,r}) &= h_\omega, \\ L_3(a_3 u + a_6 \Psi - a_8 w_{,r} - a_9 v_{,r}) &= -q + q_\omega, \\ L_3(a_4 u + a_7 \Psi - a_9 w_{,r} - a_{10} v_{,r}) + \frac{c}{6} K_3^- \left( v_{,rr} + \frac{v_{,r}}{r} \right) &= -q + g_\omega, \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} a_1 &= \sum_{k=1}^3 h_k K_k^+, \quad a_2 = c(h_1 K_1^+ - h_2 K_2^+), \quad a_3 = h_1 \left( c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ - h_2 \left( c + \frac{h_2}{2} \right) K_2^+, \quad a_4 = h_1 \left( c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ + \frac{c^2}{3} K_3^+, \\ a_5 &= c^2 (h_1 K_1^+ + h_2 K_2^+) + \frac{2}{3} c^3 K_3^+, \quad a_6 = c \left[ h_1 \left( c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ + h_2 \left( c + \frac{h_2}{2} \right) K_2^+ + \frac{2}{3} c^2 K_3^+ \right], \\ a_7 &= c \left[ h_1 \left( c + \frac{h_1}{2} \right) K_1^+ + \frac{c^2}{3} K_3^+ \right], \quad a_8 = h_1 \left( c^2 + c h_1 + \frac{h_1^2}{3} \right) K_1^+ + h_2 \left( c^2 + c h_2 + \frac{h_2^2}{3} \right) K_2^+ + \frac{2}{3} c^3 K_3^+, \\ a_9 &= h_1 \left( c^2 + c h_1 + \frac{h_1^2}{3} \right) K_1^+ + \frac{c^3}{3} K_3^+, \quad a_{10} = h_1 \left( c^2 + c h_1 + \frac{h_1^2}{3} \right) K_1^+ + \frac{4}{15} c^3 K_3^+, \end{aligned}$$

$$K_k^+ = K_k + \frac{4}{3} G_k, \quad K_k^- = K_k - \frac{2}{3} G_k;$$

$L_2, L_3$  – дифференциальные операторы,

$$L_2(g) \equiv \left( \frac{1}{r} (r g)_{,r} \right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2}, \quad L_3(g) \equiv \frac{1}{r} (r L_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,r}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3};$$

$P_\omega, h_\omega, q_\omega, g_\omega$  – нелинейные добавки, вычисляемые через нелинейные составляющие внутренних усилий.

Краевая задача замыкается добавлением к дифференциальным уравнениям (2) силовых или кинематических граничных условий на контуре.

Система уравнений равновесия (2) является существенно нелинейной. Для ее решения применен метод последовательных приближений, основанный на методе упругих решений Ильюшина. В результате система приводится к итерационному виду

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u^{(n)} + a_2 \Psi^{(n)} - a_3 w^{(n)}_{,r} - a_4 v^{(n)}_{,r}) + K_3^- v^{(n)}_{,r} &= P_\omega^{(n-1)}, \\ L_2(a_2 u^{(n)} + a_5 \Psi^{(n)} - a_6 w^{(n)}_{,r} - a_7 v^{(n)}_{,r}) &= h_\omega^{(n-1)}, \\ L_3(a_3 u^{(n)} + a_6 \Psi^{(n)} - a_8 w^{(n)}_{,r} - a_9 v^{(n)}_{,r}) &= -q + q_\omega^{(n-1)}, \\ L_3(a_4 u^{(n)} + a_7 \Psi^{(n)} - a_9 w^{(n)}_{,r} - a_{10} v^{(n)}_{,r}) + \frac{c}{6} K_3^- \left( v^{(n)}_{,rr} + \frac{v^{(n)}_{,r}}{r} \right) &= -q + g_\omega^{(n-1)}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $n$  – номер приближения.

Нелинейные добавки в (3) вычисляются по результатам предыдущего приближения с помощью соотношений ( $\alpha = r, \Psi$ )

$$\begin{aligned} P_\omega^{(n-1)} &= T_{r\omega}^{(n-1)}_{,r} + \frac{1}{r} (T_{r\omega}^{(n-1)} - T_{\varphi\omega}^{(n-1)}), \quad h_\omega^{(n-1)} = H_{r\omega}^{(n-1)}_{,r} + \frac{1}{r} (H_{r\omega}^{(n-1)} - H_{\varphi\omega}^{(n-1)}), \\ q_\omega^{(n-1)} &= M_{r\omega}^{(n-1)}_{,rr} + \frac{1}{r} (2M_{r\omega}^{(n-1)}_{,r} - M_{\varphi\omega}^{(n-1)}_{,r}), \quad g_\omega^{(n-1)} = D_{r\omega}^{(n-1)}_{,rr} + \frac{1}{r} (2D_{r\omega}^{(n-1)}_{,r} - D_{\varphi\omega}^{(n-1)}_{,r}). \end{aligned}$$

Решение системы уравнений равновесия получено в рекуррентном виде.

**ПОСТАНОВКА НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ УПРУГОЙ ДИФФУЗИИ  
ДЛЯ ИЗОТРОПНОГО СПЛОШНОГО ЦИЛИНДРА**

*Н. А. ЗВЕРЕВ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

*А. В. ЗЕМСКОВ*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация*

Рассматривается одномерная задача упругой диффузии для изотропного сплошного  $N$ -компонентного цилиндра радиуса  $R_0$ . Физико-механические процессы в среде описываются связанной системой уравнений упругой диффузии [1–5], которая в полярной системе координат имеет вид (искомые величины зависят только от радиальной координаты  $r$ , штрих означает производную по  $r$ , точка – производную по времени)

$$\ddot{u} = u'' + \frac{u'}{r} - \frac{u}{r^2} - \sum_{q=1}^N \alpha_q \eta'_q + F_1, \quad \dot{\eta}_q = -\Lambda_q \left( u''' + \frac{2u''}{r} - \frac{u'}{r^2} + \frac{u}{r^3} \right) + D_q \left( \eta''_q + \frac{\eta'_q}{r} \right) + F_{q+1}. \quad (1)$$

Начальные условия полагаются нулевыми. На поверхностях цилиндра заданы нормальные напряжения и приращения концентрации

$$\left( u' + \lambda \frac{u}{r} - \sum_{q=1}^N \alpha \eta'_q \right) \Big|_{r=R_0} = f_1(\tau), \quad \eta_q \Big|_{r=R_0} = f_{q+1}(\tau), \quad u, \eta_q = O(1) \quad (r \rightarrow \infty). \quad (2)$$

Все величины в (1) и (2) являются безразмерными. Для них приняты следующие обозначения:

$$r = \frac{r^*}{R_0}, \quad u = \frac{u^*}{R_0}, \quad \tau = \frac{Ct}{R_0}, \quad \mu = \frac{\mu^*}{\lambda^* + 2\mu^*}, \quad \lambda = \frac{\lambda^*}{\lambda^* + 2\mu^*}, \quad C^2 = \frac{\lambda^* + 2\mu^*}{\rho}, \quad \alpha_q = \frac{\alpha_{11}^{(q)}}{\lambda^* + 2\mu^*}, \quad D_q = \frac{D_{11}^{(q)}}{CR_0}, \quad \Lambda_q = \frac{m^{(q)} D_{11}^{(q)} \alpha_{11}^{(q)} n_0^{(q)}}{\rho RT_0 CR_0},$$

где  $t$  – время;  $r^*$  – радиальная координата;  $u^*$  – радиальная компонента вектора перемещений;  $\eta_q$  – приращение концентрации  $q$ -й компоненты вещества в составе  $N$ -компонентной среды;  $n_0^{(q)}$  – начальная концентрация  $q$ -го вещества;  $\lambda^*$  и  $\mu^*$  – упругие постоянные Ламе;  $\rho$  – плотность;  $\alpha_{ij}^{(q)}$  – коэффициенты, характеризующие объемное изменение среды за счёт диффузии;  $D_{ij}^{(q)}$  – коэффициенты самодиффузии;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T_0$  – температура среды;  $m^{(q)}$  – молярная масса  $q$ -го вещества,

Решение задачи (1), (2) ищется в интегральной форме (звездочки означают свертку по времени  $\tau$  и радиусу  $r$ ) ( $k = \overline{1, N+1}$ ) [1, 2]:

$$u = \sum_{m=1}^{N+1} G_{1m}(r, \tau) * f_m(\tau) + \sum_{m=1}^{N+1} \tilde{G}_{1m}(r, \xi, \tau) ** F_m(r, \tau), \quad \eta_q = \sum_{m=1}^{N+1} G_{q+1,m}(r, \tau) * f_m(\tau) + \sum_{m=1}^{N+1} \tilde{G}_{q+1,m}(r, \xi, \tau) ** F_m(r, \tau),$$

где свертка по радиусу понимается в смысле  $f * g = \int_0^\infty f(\xi) g(r, \xi) d\xi$ .

Здесь  $G_{km}(r, \tau)$  ( $k, m = \overline{0, N+1}$ ) – поверхностные функции Грина рассматриваемой задачи, т.е. решения следующих задач [ $\delta(\tau)$  – дельта функция Дирака,  $\delta_{ij}$  – символ Кронекера]:

$$\left( G_{1m}'' + \frac{1}{r} G_{1m}' - \frac{1}{r^2} G_{1m} \right) - \sum_{j=1}^N \alpha_j G_{j+1,m}' = \ddot{G}_{1m}, \quad -\Lambda_q \left( G_{1m}''' + \frac{2}{r} G_{1m}'' - \frac{1}{r^2} G_{1m}' + \frac{1}{r^3} G_{1m} \right) + D_q \left( G_{q+1,m}'' + \frac{1}{r} G_{q+1,m}' \right) = \dot{G}_{q+1,m},$$

$$\left( G_{1m}' + \frac{\lambda}{r} G_{1m} - \sum_{j=1}^N \alpha_j G_{j+1,m} \right) \Big|_{r=R_0} = \delta_{1m} \delta(\tau), \quad G_{q+1,m} \Big|_{r=R_0} = \delta_{q+1,m} \delta(\tau), \quad G_{1m} \Big|_{\tau=0} = \dot{G}_{1m} \Big|_{\tau=0} = G_{q+1,m} \Big|_{\tau=0} = 0.$$

Функции  $\tilde{G}_{km}(r, \xi, \tau)$  ( $k, m = 0, N+1$ ) – объемные функции Грина рассматриваемой задачи. Они являются решениями следующих задач:

$$\begin{aligned} & \left( \tilde{G}_{1m}'' + \frac{1}{r} \tilde{G}_{1m}' - \frac{1}{r^2} \tilde{G}_{1m} \right) - \sum_{j=1}^N \alpha_j \tilde{G}_{j+1,m}' + \delta_{1m} \delta(r-\xi) \delta(\tau) = \tilde{G}_{1m}^{\tilde{\tau}}, \\ & -\Lambda_q \left( \tilde{G}_{1m}'' + \frac{2}{r} \tilde{G}_{1m}' - \frac{\tilde{G}_{1m}'}{r^2} + \frac{\tilde{G}_{1m}}{r^3} \right) + D_q \left( \tilde{G}_{q+1,m}'' + \frac{\tilde{G}_{q+1,m}'}{r} \right) + \delta_{q+1,m} \delta(r-\xi) \delta(\tau) = \tilde{G}_{q+1,m}^{\tilde{\tau}}; \\ & \left( \tilde{G}_{1m}' + \frac{\lambda}{r} \tilde{G}_{1m} - \sum_{j=1}^N \alpha_j \tilde{G}_{j+1,m} \right) \Big|_{r=1} = 0, \quad \tilde{G}_{q+1,m} \Big|_{r=1} = 0, \quad \tilde{G}_{1m} \Big|_{\tau=0} = \tilde{G}_{1m} \Big|_{\tau=0} = \tilde{G}_{q+1,m} \Big|_{\tau=0} = 0. \end{aligned}$$

Для нахождения функций Грина применяется интегральное преобразование Лапласа по времени и разложение в ряды Фурье по функциям Бесселя. Оригиналы функций Грина находятся аналитически с помощью вычетов и таблиц операционного исчисления.

#### Список литературы

- 1 Zemskov, A. V. Polar-symmetric problem of elastic diffusion for isotropic multi-component plane / A. V. Zemskov, D. V. Tarlakovskii // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 158. – No. 1; 012101.
- 2 Земсков, А. В. Полярно-симметричная задача упругой диффузии для многокомпонентной среды / А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Проблемы прочности и пластичности. – 2018. – № 80 (1). – С. 5–14.
- 3 Зверев, Н. А. Полярно-симметричная стационарная задача механо-dиффузии для изотропного полого цилиндра / Н. А. Зверев, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXIII Международного симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 2. – М. : ТР-принт, 2017. – С. 128–132.
- 4 Зверев, Н. А. Сплошной ортотропный цилиндр под действием поверхностных полярно-симметричных стационарных возмущений / Н. А. Зверев, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXIII Международного симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 2. – М. : ТР-принт, 2017. – С. 132–137.
- 5 Земсков, А. В. Осесимметричная модель механо-dиффузии для изотропной плоскости // Современные проблемы механики сплошной среды : труды XVIII Международной конференции. В 2 т. Т. 1. – Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ. – 2016. – С. 224–229.

УДК 539.371

## ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ИЗГИБ УПРУГОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ СО СЖИМАЕМЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

А. С. ЗЕЛЕНАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Появление трехслойных конструкций в истории связано с необходимостью удешевления и ускорения строительства. Многочисленные наблюдения в современном строительстве показывают высокую эффективность использования трехслойных элементов конструкций.

Рассмотрим цилиндрический изгиб физически линейной прямоугольной трехслойной пластины. Полагая в системе уравнений равновесия, полученной ранее в [1], параметры с нижним индексом  $y$  и производные по  $y$  равными нулю. В результате получим уравнения равновесия в усилиях, описывающих цилиндрический изгиб рассматриваемой пластины:

$$H_{1x} - P_{1x, x} = p_x, \quad H_{1x} + P_{2x, x} = 0, \quad S_{1x, xx} + H_2 - T_{1x, x} = q + \frac{p_{x, x} h_1}{2}, \quad S_{2x, xx} - H_2 - T_{2x, x} = 0. \quad (1)$$

Краевая задача замыкается добавлением соответствующих граничных условий.

Аналогично, обнуляя производные по  $y$ , получим уравнения равновесия в перемещениях при цилиндрическом изгибе прямоугольной трехслойной пластины со сжимаемым наполнителем:

$$\begin{aligned}
& a_1 u_{1x} - a_4 u_{2x} - a_4 u_{1x,xx} - a_5 u_{2x,xx} + a_2 w_{1,x} + a_3 w_{2,x} - 2a_6 w_{1,xxx} + a_7 w_{2,xxx} = p_x, \\
& -a_1 u_{1x} + a_4 u_{2x} - a_5 u_{1x,xx} - a_9 u_{2x,xx} - a_{10} w_{1,x} - a_{17} w_{2,x} - a_6 w_{1,xxx} + 2a_7 w_{2,xxx} = 0, \\
& -a_2 u_{1x,xx} + a_{10} u_{2x,xx} + 2a_6 u_{1x,xxx} + a_6 u_{2x,xxx} + a_{11} w_{1,xx} - a_{12} w_{2,xx} + a_{15} w_{1,xxx} - a_{16} w_{2,xxx} + a_8 w_1 - a_8 w_2 = q + \frac{p_x h_1}{2}, \\
& -a_3 u_{1x,xx} + a_{17} u_{2x,xx} - a_7 u_{1x,xxx} - 2a_7 u_{2x,xxx} - a_{12} w_{1,xx} + a_{14} w_{2,xx} - a_{16} w_{1,xxx} + a_{13} w_{2,xxx} - a_8 w_1 + a_8 w_2 = 0. \quad (2)
\end{aligned}$$

В качестве граничных условий примем кинематические условия свободного опирания рассматриваемой пластины по торцам  $x=0, l_x$  на неподвижные в пространстве жесткие опоры. Соответствующие граничные условия в перемещениях при  $x=0, l_x$  имеют вид ( $k=1,2$ )

$$u_{kx} = w_k = w_{k,xx} = 0. \quad (3)$$

Решение системы дифференциальных уравнений будем искать в виде разложения в тригонометрические ряды, которые удовлетворяют граничным условиям. Граничные условия не меняем.

$$u_{1x} = \sum_{p=0}^{\infty} U_{1xp} \cos \frac{\pi p x}{l_x}, \quad u_{2x} = \sum_{p=0}^{\infty} U_{2xp} \cos \frac{\pi p x}{l_x}, \quad w_1 = \sum_{p=0}^{\infty} W_{1p} \sin \frac{\pi p x}{l_x}, \quad w_2 = \sum_{p=0}^{\infty} W_{2p} \sin \frac{\pi p x}{l_x}, \quad (4)$$

где  $U_{1xp}, U_{2xp}, W_{1p}, W_{2p}$  – неизвестные амплитуды перемещений на  $n$ -м шаге.

Поперечную нагрузку в слоях пластины также представим в виде разложения в тригонометрические ряды:

$$q = \sum_{p=0}^{\infty} q_p \sin \frac{\pi p x}{l_x}, \quad q_p = \frac{2}{l_x} \int_0^{l_x} q(x) \sin \frac{\pi p x}{l_x} dx. \quad (5)$$

Подставим перемещения (4) и нагрузки (5) в систему (2), получим следующую систему линейных алгебраических уравнений для нахождения искомым амплитуд перемещений  $U_{1xp}, U_{2xp}, W_{1p}, W_{2p}$ :

$$\begin{aligned}
& b_1 U_{1xp} + b_2 U_{2xp} + b_3 W_{1p} + b_4 W_{2p} = 0, \\
& b_2 U_{1xp} + b_5 U_{2xp} + b_6 W_{1p} + b_7 W_{2p} = 0, \\
& b_3 U_{1xp} + b_6 U_{2xp} + b_8 W_{1p} + b_9 W_{2p} = q_p, \\
& b_4 U_{1xp} + b_7 U_{2xp} + b_9 W_{1p} + b_{10} W_{2p} = 0.
\end{aligned}$$

Здесь коэффициенты  $b_i$  выражаются через величины  $a_i$  и зависят от температуры, параметра  $p$  и вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}
& b_1 = a_1 + a_4 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^2, \quad b_2 = -a_1 + a_5 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^2, \quad b_3 = a_2 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right) + 2a_6 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^3, \quad b_4 = a_3 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right) - a_7 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^3, \\
& b_5 = a_1 + a_9 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^2, \quad b_6 = -a_{10} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right) + a_6 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^3, \quad b_7 = -a_{17} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right) - 2a_7 \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^3, \\
& b_8 = a_8 - a_{11} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^2 + a_{15} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^4, \quad b_9 = -a_8 + a_{12} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^2 - a_{16} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^4, \quad b_{10} = a_8 - a_{14} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^2 + a_{13} \left( \frac{\pi p}{l_x} \right)^4.
\end{aligned}$$

#### Список литературы

1 Зеленая, А. С. Деформирование упругой трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем / А. С. Зеленая // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естественные науки. – 2017. – № 6 (105). – С. 89–95.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ О НЕСТАЦИОНАРНОМ ИЗГИБЕ  
КОНСОЛЬНО-ЗАКРЕПЛЕННОЙ БАЛКИ ЭЙЛЕРА – БЕРНУЛЛИ С УЧЕТОМ ДИФфуЗИИ**

*А. В. ЗЕМСКОВ, Г. М. ФАЙКИН*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

*Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Рассматривается нестационарная задача о плоском упругодиффузионном изгибе консольно-закрепленной однородной изотропной балки Эйлера-Бернулли (рисунок 1).

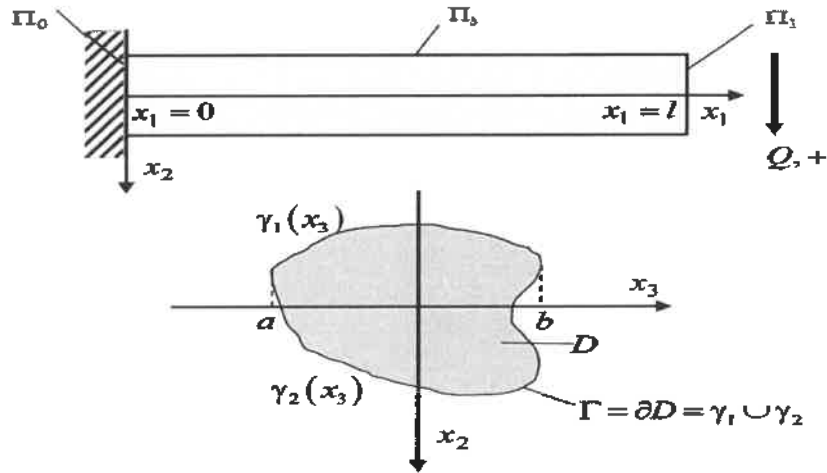


Рисунок 1 – Иллюстрация к постановке задачи

Уравнения поперечных колебаний балки имеют вид [1–3]

$$\frac{J_3}{F} \ddot{v}'' - \ddot{v} = \frac{J_3}{F} \left( v'''' + \sum_{j=1}^N \alpha_j H_j'' \right), \quad \dot{H}_q = D_q H_q'' + \Lambda_q v'''. \quad (1)$$

Здесь точки обозначают производную по времени, штрихи – производную по координате  $x_1$ . Все величины являются безразмерными. Для них приняты следующие обозначения:

$$x_i = \frac{x_i^*}{l}, v = \frac{v^*}{l}, \tau = \frac{Ct}{l}, C^2 = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho}, \alpha_q = \frac{\alpha^{(q)}}{\lambda + 2\mu}, D_q = \frac{D^{(q)}}{Cl}, \Lambda_q = \frac{m^{(q)} D^{(q)} \alpha^{(q)} n_0^{(q)}}{\rho R T_0 Cl},$$

где  $t$  – время;  $x_i^*$  – прямоугольные декартовы координаты;  $v^*$  – поперечный прогиб балки;  $l$  – длина балки;  $H_q$  – приращение концентрации  $q$ -й компоненты вещества в составе  $N$  – компонентной среды;  $n_0^{(q)}$  – начальная концентрация  $q$ -го вещества;  $\lambda$  и  $\mu$  – упругие постоянные Ламе;  $\rho$  – плотность;  $\alpha^{(q)}$  – коэффициент, характеризующий объемное изменение среды за счёт диффузии;  $D^{(q)}$  – коэффициенты самодиффузии;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T_0$  – температура среды;  $m^{(q)}$  – молярная масса  $q$ -го вещества;  $F$  – площадь сечения;  $J_3$  – момент инерции сечения балки относительно оси  $Ox_3$ .

Начальные условия полагаем нулевыми. Граничные условия в соответствии с моделью изгиба консоли имеют вид

$$v'|_{x=0} = 0, \quad v|_{x=0} = 0, \quad H_q|_{x=0} = 0, \quad v|_{x=l} = 0, \quad \left( v'''' + \sum_{j=1}^N \alpha_j^{(q)} H_j'' - \ddot{v}'' \right) \Big|_{x=l} = f_{22}(\tau), \quad \left( D_1^{(q)} H_q' + \Lambda_{11}^{(q)} v''' \right) \Big|_{x=l} = 0. \quad (2)$$

Решение задачи ищется с помощью метода эквивалентных граничных условий [4, 5]. Для этого рассматривается вспомогательная задача:

$$\begin{aligned} v|_{x=0} = 0, \quad \left( v''' + \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} H_j' - \ddot{v}' \right) \Big|_{x=0} = f_{12}^*(\tau), \quad \left( D_1^{(q)} H_q' + \Lambda_{11}^{(q)} v''' \right) \Big|_{x=0} = f_{1,q+2}^*(\tau), \\ v|_{x=1} = f_{21}^*(\tau), \quad \left( v''' + \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} H_j' - \ddot{v}' \right) \Big|_{x=1} = f_{22}(\tau), \quad \left( D_1^{(q)} H_q' + \Lambda_{11}^{(q)} v''' \right) \Big|_{x=1} = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где функции  $f_{12}^*(\tau)$ ,  $f_{1,q+2}^*(\tau)$ ,  $f_{21}^*(\tau)$  подлежат определению.

Решение задачи (1), (3) имеет вид

$$\begin{aligned} v(x, \tau) = \int_0^\tau [G_{12}(x, \tau-t) f_{21}^*(t) - G_{12}(1-x, \tau-t) f_{22}(t)] dt + \int_0^\tau G_{1,q+2}(x, \tau-t) f_{q+2,1}^*(t) dt + \int_0^\tau G_{12}(1-x, \tau-t) f_{11}^*(t) dt, \\ \eta_q(x, \tau) = \int_0^\tau [G_{q+2,2}(x, \tau-t) f_{21}^*(t) - G_{q+2,2}(1-x, \tau-t) f_{22}(t)] dt + \int_0^\tau G_{q+2,q+2}(x, \tau-t) f_{q+2,1}^*(t) dt + \\ + \int_0^\tau G_{q+2,2}(1-x, \tau-t) f_{11}^*(t) dt, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $G_{mk}$  – поверхностные функции Грина задачи (1), (3), которые являются известными.

Решения (4) будут удовлетворять задаче (1), (2) если функции  $f_{12}^*(\tau)$ ,  $f_{1,q+2}^*(\tau)$ ,  $f_{21}^*(\tau)$  будут удовлетворять следующей системе интегральных уравнений [4, 5]:

$$\begin{aligned} \int_0^\tau [G_{12}(0, \tau-t) f_{21}^*(t) - G_{12}(1, \tau-t) f_{22}(t)] dt + \int_0^\tau G_{1,q+2}(0, \tau-t) f_{q+2,1}^*(t) dt + \\ + \int_0^\tau G_{12}(1, \tau-t) f_{11}^*(t) dt = \int_0^\tau G_{12}(1, \tau-t) f_{22}(t) dt, \\ \int_0^\tau [G_{q+2,2}(0, \tau-t) f_{21}^*(t) - G_{q+2,2}(1, \tau-t) f_{22}(t)] dt + \int_0^\tau G_{q+2,q+2}(0, \tau-t) f_{q+2,1}^*(t) dt + \\ + \int_0^\tau G_{q+2,2}(1, \tau-t) f_{11}^*(t) dt = \int_0^\tau G_{q+2,2}(1, \tau-t) f_{22}(t) dt, \\ \int_0^\tau [G_{12}(1, \tau-t) f_{21}^*(t) - G_{12}(0, \tau-t) f_{22}(t)] dt + \int_0^\tau G_{1,q+2}(1, \tau-t) f_{q+2,1}^*(t) dt + \\ + \int_0^\tau G_{12}(0, \tau-t) f_{11}^*(t) dt = \int_0^\tau G_{12}(0, \tau-t) f_{22}(t) dt. \end{aligned} \quad (5)$$

Система (5) решается численно с помощью квадратурных формул.

#### Список литературы

- 1 Zemskov, A. V. Unsteady Vibration Model of the Euler-Bernoulli Beam Taking into Account Diffusion / A. V. Zemskov, D. V. Tarlakovskii // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1158. – 042043.
- 2 Tarlakovskii, D. V. An Elastodiffusive Orthotropic Euler-Bernoulli Beam with Considering Diffusion Flux Relaxation / D. V. Tarlakovskii, A. V. Zemskov // Math. Comput. Appl. – 2019. – 24(1), 23.
- 3 Файкин, Г. М. Постановка задачи о Консольном изгибе балки Эйлера-Бернулли с учетом диффузии / Г. М. Файкин, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXV Международного симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 2. – М. : ТРП, 2019. – С. 136–139.
- 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. – No. 1. – Vol. 23. – P. 36–41.
- 5 Земсков, А.В. Решение двумерных задач механо-диффузии с помощью интегральных уравнений Вольтерра 1-го рода / А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2016. – № 1. – С. 49–56.



## КОЛЕБАНИЯ И ВИБРОРАЗОГРЕВ ЖЕСТКО ЗАЩЕМЛЕННОЙ ВЯЗКОУПРУГОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ С ПЬЕЗО-АКТУАТОРАМИ ПРИ УЧЕТЕ ЕЕ ГИБКОСТИ И ДЕФОРМАЦИИ СДВИГА

И. Ф. КИРИЧОК

*Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев*

В конструкциях современной техники для снижения уровня амплитуд колебаний тонкостенных элементов типа балок, пластин и оболочек наряду с пассивными методами демпфирования находят применения активные методы, когда в структуру элемента вводятся пьезоэлектрические составляющие. Одним из наиболее распространенных методов активного гашения вынужденных колебаний является нанесение на внешние поверхности тонкостенного элемента пьезоэлектрических слоев, к электродам которых подводится разность электрических потенциалов соответствующей амплитуды и фазы для нейтрализации действия механического возбуждения. Во многих случаях тонкостенные элементы выполнены из неупругих податливых на сдвиг материалов и находятся под воздействием интенсивных циклических нагрузок, которые вызывают высокий уровень механических напряжений, прогибов и диссипативного разогрева. Эти обстоятельства требуют разработки уточненных теорий электротермомеханического поведения тонкостенных элементов конструкций, учитывающих деформации поперечного сдвига, инерцию поворота, геометрическую нелинейность и диссипативный разогрев.

В данном сообщении даны уточненная постановка и численное решение задачи о вынужденных осесимметричных колебаниях и диссипативном разогреве гибкой цилиндрической оболочки длины  $l$  и радиуса срединной поверхности  $R$ , состоящей из внутреннего пассивного (без пьезоэффекта) трансверсально-изотропного слоя толщины  $h_0$  и внешних пьезокерамических слоев толщины  $h_1$  с противоположной толщиной поляризации, выполняющих роль актуатора. Материалы слоев являются вязкоупругими. Оболочка отнесена к ортогональной системе координат  $\alpha, \theta, z$ . Поверхности пьезослоев электродированы. Electroды, контактирующие с пассивными слоями, поддерживаются при нулевом электрическом потенциале. Внешние электродированные поверхности бесконечно тонкими кольцевыми разрезами с координатами  $\alpha_1, \alpha_2$  ( $0 \leq \alpha_1 \leq \alpha \leq \alpha_2 \leq l$ ) разделены на отдельные участки. Оболочка нагружена осесимметричным поперечным давлением  $q = p \cos \omega t$ , гармонически изменяющемся во времени  $t$  с близкой к резонансной круговой частотой  $\omega$  и постоянной амплитудой  $p$ . Для компенсации действия механической нагрузки к электродам актуатора с той же частотой  $\omega$  на участке  $s = 2\pi R \Delta$  ( $\Delta = \alpha_2 - \alpha_1$ ) в противофазе подводится разность электрических потенциалов амплитуды  $\pm V_a$ . На участках  $\alpha < \alpha_1, \alpha > \alpha_2$  электроды закорочены. Торцы оболочки жестко зашпелены в осевом и в нормальном направлениях. На ее поверхностях реализуются условия конвективного теплообмена с окружающей средой.

Математически рассматриваемая задача описывается уравнениями теории оболочек с использованием гипотез С. П. Тимошенко, учитывающих деформации поперечного сдвига и инерцию вращения нормального элемента для механических переменных. Относительно электрических величин в пьезослоях предполагается, что тангенциальными составляющими вектора электрической индукции  $D_\alpha, D_\theta$  можно пренебречь. При этом из уравнений электростатики следует, что нормальная составляющая вектора электрической индукции  $D_z = \text{const}$  не зависит от поперечной координаты  $z$ . Составляющие вектора электрической напряженности  $E_\alpha, E_\theta$  находятся из уравнений состояния  $D_\alpha = 0, D_\theta = 0$ . Используется вариант геометрически нелинейной теории оболочек при удержании квадратов углов поворота в кинематических соотношениях. Нелинейными являются и уравнения движения. Вязкоупругие свойства материалов описываются концепцией комплексных модулей. Температура виброзагрева постулируется постоянной по толщине пакета слоев.

Решение задачи строится путем разложения по временной координате  $t$  искомым величин в гармонические ряды с удержанием одной моды для переменных, характеризующих изгиб оболочки, и членов включительно до второй гармоники для переменных ее плоского деформирования. Полученная система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений относительно коэффициентов разложения линеаризуется методом квазилинеаризации и затем решается численным мето-

дом дискретной ортогонализации. Уравнение теплопроводности с нелинейной диссипативной функцией интегрируется методом конечных разностей с использованием явной схемы.

Численными расчетами исследовано влияние деформации поперечного сдвига, геометрической нелинейности, размещения актуаторов и их размеров на амплитудно- и температурно-частотные характеристики оболочки при жестком закреплении ее торцов. Показана эффективность активного демпфирования колебаний оболочки с помощью пьезоэлектрических актуаторов. Для определения значения потенциала  $V_a$ , компенсирующего механическую нагрузку  $p$ , использовалась линейная зависимость  $V_a = k_a(\Delta / l)p$ , в которой коэффициент управления ( $k_a$  определяется как отношение амплитуды максимального прогиба, обусловленного на частоте линейного резонанса единичной механической нагрузкой ( $p = 1$  Па), к соответствующему прогибу при подводе к электродам актуатора единичного электрического потенциала ( $V_a = 1$  В). Установлено, что для гашения наиболее энергоемкой первой моды изгибных колебаний наиболее эффективным является актуатор с параметром  $(\Delta / l = 0,57$ , центр которого совпадает с координатой максимальных прогибов оболочки. Исследовано влияние коэффициента теплообмена на критическое значение амплитуды механического нагружения, при котором установившаяся температура виброразогрева приводит к деполаризации пьезокерамики и потери демпфирующей способности системы. При амплитудах механической нагрузки, превышающих критическую ( $p \geq p_k$ ), существует критическое время  $t_k$  потери функциональной способности системы. На основании решения нестационарной задачи теплопроводности показано, что зависимости критической амплитуды механической нагрузки  $p_k$  от критического времени  $t_k$  при различных коэффициентах теплообмена характеризуются кривыми, аналогичными кривым Велера из теории циклического разрушения материалов.

УДК 539.384

## УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ, ЗАЩЕМЛЕННОЙ ПО КОНТУРУ, НА СЛОЖНОМ ОСНОВАНИИ

А. Г. КОЗЕЛ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

А. С. ОКОНЕЧНИКОВ

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Приводятся постановка и решение краевой задачи об изгибе упругопластической трехслойной пластины с легким наполнителем, защемленной по контуру, на двухпараметрическом основании Пастернака. В тонких несущих слоях принимаются гипотезы Кирхгофа, в несжимаемом по толщине легком относительно толстом наполнителе нормаль остается прямолинейной, не изменяет своей длины, но поворачивается на некоторый дополнительный угол  $\psi(r)$ . Постановка задачи проводится в цилиндрической системе координат, связанной со срединной плоскостью наполнителя. На внешние слои стержня действует распределенная осесимметричная нагрузка  $q(r)$  и реакция основания модели Пастернака:

$$q_R(r) = -\kappa_0 w + t_f \Delta w,$$

где  $\kappa_0$ ,  $t_f$  – коэффициенты сжатия и сдвига;  $\Delta$  – оператор Лапласа.

Система дифференциальных уравнений равновесия в усилиях, описывающая деформирование круговой упругой трехслойной пластины на упругом основании была получена с помощью принципа Лагранжа, поэтому ее можно применить и здесь как исходную.

Выделяя в обобщенных внутренних усилиях линейные и нелинейные составляющие и подставляя их выраженными через перемещения в уравнения равновесия, получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u + a_2 \psi - a_3 w_{,r}) &= p_\omega, \\ L_2(a_2 u + a_4 \psi - a_5 w_{,r}) &= h_\omega, \end{aligned}$$

$$L_3(a_3 u + a_5 \psi - a_6 w_{,r}) - \kappa_0 w + t_f \Delta w = -q + q_\omega, \quad (1)$$

где  $a_i$  – коэффициенты, учитывающие упругие и геометрические параметры слоев,  $L_k$  – линейные дифференциальные операторы.

Здесь в левой части уравнений собраны линейные составляющие обобщенных внутренних усилий. Нелинейные добавки сосредоточены справа и включены в слагаемое с нижним индексом « $\omega$ »:

$$p_\omega = T_{r\omega,r} + \frac{1}{r}(T_{r\omega} - T_{\phi\omega}), \quad h_\omega = H_{r\omega,r} + \frac{1}{r}(H_{r\omega} - H_{\phi\omega}), \quad q_\omega = M_{r\omega,rr} + \frac{1}{r}(2M_{r\omega,r} - M_{\phi\omega,r}).$$

Согласно методу упругих решений перепишем систему (1) в итерационном виде:

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u^{(n)} + a_2 \psi^{(n)} - a_3 w_{,r}^{(n)}) &= p_\omega^{(n-1)}, \\ L_2(a_2 u^{(n)} + a_4 \psi^{(n)} - a_5 w_{,r}^{(n)}) &= h_\omega^{(n-1)}, \\ L_3(a_3 u^{(n)} + a_5 \psi^{(n)} - a_6 w_{,r}^{(n)}) - \kappa_0 w^{(n)} + t_f \Delta w^{(n)} &= -q + q_\omega^{(n-1)}. \end{aligned} \quad (2)$$

где  $n$  – номер приближения.

С помощью первых двух в третьем уравнении системы (2) обнуляем коэффициенты перед искомыми функциями  $u^{(n)}$  и  $\psi^{(n)}$ . После двукратного интегрирования этих уравнений система приводится к виду

$$\begin{aligned} u^{(n)} &= b_1 w_{,r}^{(n)} - \frac{1}{a_1 a_4 - a_2^2} \frac{1}{r} \int_0^r \int_0^r (a_2 h_\omega^{(n-1)} - a_4 p_\omega^{(n-1)}) dr dr + C_1^{(n)} r + \frac{C_2^{(n)}}{r}, \\ \psi^{(n)} &= b_2 w_{,r}^{(n)} + \frac{1}{a_1 a_4 - a_2^2} \frac{1}{r} \int_0^r \int_0^r (a_1 h_\omega^{(n-1)} - a_2 p_\omega^{(n-1)}) dr dr + C_3^{(n)} r + \frac{C_4^{(n)}}{r}, \\ L_3(w_{,r}^{(n)}) - t_f \Delta w^{(n)} + \kappa^4 w^{(n)} &= q_1 + f_\omega^{(n-1)}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $C_1^{(n)}, C_2^{(n)}, C_3^{(n)}, C_4^{(n)}$  – константы интегрирования на  $n$ -м шаге;

$$\begin{aligned} t_f &= t_f D, \quad \kappa^4 = \kappa_0 D, \quad q_1 = q D, \quad f_\omega^{(n-1)} = -D q_\omega^{(n-1)} + D_1 \frac{1}{r} (r p_\omega^{(n-1)})_{,r} + D_2 \frac{1}{r} (r h_\omega^{(n-1)})_{,r}, \\ b_2 &= \frac{a_1 a_5 - a_2 a_3}{a_1 a_4 - a_2^2}, \quad b_1 = \frac{a_3 a_4 - a_2 a_5}{a_1 a_4 - a_2^2}, \quad D = \frac{a_1 (a_1 a_4 - a_2^2)}{(a_1 a_6 - a_3^2)(a_1 a_4 - a_2^2) - (a_1 a_5 - a_2 a_3)^2}, \\ D_1 &= \frac{a_1 (a_3 a_4 - a_2 a_5)}{(a_1 a_6 - a_3^2)(a_1 a_4 - a_2^2) - (a_1 a_5 - a_2 a_3)^2}, \quad D_2 = \frac{a_1 (a_1 a_5 - a_2 a_3)}{(a_1 a_6 - a_3^2)(a_1 a_4 - a_2^2) - (a_1 a_5 - a_2 a_3)^2}. \end{aligned}$$

Решение третьего уравнения системы (3) получим способом, используемым при решении упругой задачи.

Рекуррентное решение задачи об изгибе круговой упругопластической трехслойной пластины на упругом основании, с учетом ограниченности ее прогиба в центре  $C_2^{(n)} = C_4^{(n)} = C_6^{(n)} = C_8^{(n)} = 0$ , принимает вид

$$\begin{aligned} u^{(n)} &= b_1 w_{,r}^{(n)} - \frac{1}{a_1 a_4 - a_2^2} \frac{1}{r} \int_0^r \int_0^r (a_2 h_\omega^{(n-1)} - a_4 p_\omega^{(n-1)}) dr dr + C_1^{(n)} r, \\ \psi^{(n)} &= b_2 w_{,r}^{(n)} + \frac{1}{a_1 a_4 - a_2^2} \frac{1}{r} \int_0^r \int_0^r (a_1 h_\omega^{(n-1)} - a_2 p_\omega^{(n-1)}) dr dr + C_3^{(n)} r, \\ w^{(n)} &= C_5^{(n)} J_0(\sqrt{a} \kappa r) + C_7^{(n)} J_0(\sqrt{a} \kappa r) + w_p^{(n)}(r). \end{aligned} \quad (4)$$

Краевая задача по определению прогиба круглой упругопластической пластины, защемленной по контуру, на основании Пастернака замыкается присоединением граничных условий

$$u = \psi = w = w_{,r} = 0 \quad \text{при } r = R.$$

В результате получаем линейную систему алгебраических уравнений для определения констант интегрирования:

$$\begin{aligned}
b_1 w_{,r}^{(n)}(R) - \int_0^r \int_0^r (a_2 h_\omega^{(n-1)} - a_4 p_\omega^{(n-1)}) dr dr \Big|_{r=R} + C_1^{(n)} R &= 0, \\
b_2 w_{,r}^{(n)}(R) + \int_0^r \int_0^r (a_1 h_\omega^{(n-1)} - a_2 p_\omega^{(n-1)}) dr dr \Big|_{r=R} + C_3^{(n)} R &= 0, \\
C_5^{(n)} J_0(\sqrt{a} \kappa R) + C_7^{(n)} J_0(\sqrt{a} \kappa R) + w_p^{(n)}(R) &= 0, \\
-\kappa(\sqrt{a} C_5^{(n)} J_1(\sqrt{a} \kappa R) + \sqrt{a} C_7^{(n)} J_1(\sqrt{a} \kappa R)) + w_p^{\prime(n)}(R) &= 0.
\end{aligned}$$

Здесь использовано то, что

$$w_{,r}^{(n)} = -\kappa(\sqrt{a} C_5^{(n)} J_1(\sqrt{a} \kappa R) + \sqrt{a} C_7^{(n)} J_1(\sqrt{a} \kappa R)) + w_p^{\prime(n)}(R).$$

Отсюда получаем следующие константы интегрирования:

$$\begin{aligned}
C_1^{(n)} &= \frac{1}{R} \int_0^r \int_0^r (a_2 h_\omega^{(n-1)} - a_4 p_\omega^{(n-1)}) dr dr \Big|_{r=R}, \\
C_3^{(n)} &= -\frac{1}{R} \int_0^r \int_0^r (a_1 h_\omega^{(n-1)} - a_2 p_\omega^{(n-1)}) dr dr \Big|_{r=R}, \\
C_5^{(n)} &= \frac{w_p^{\prime(n)}(R) J_0(\sqrt{a} \kappa R) + \kappa \sqrt{a} J_1(\sqrt{a} \kappa R) w_p^{(n)}(R)}{\kappa(\sqrt{a} J_1(\sqrt{a} \kappa R) J_0(\sqrt{a} \kappa R) - \sqrt{a} J_1(\sqrt{a} \kappa R) J_0(\sqrt{a} \kappa R))}, \\
C_7^{(n)} &= \frac{w_p^{\prime(n)}(R) J_0(\sqrt{a} \kappa R) + \kappa \sqrt{a} J_1(\sqrt{a} \kappa R) w_p^{(n)}(R)}{\kappa(\sqrt{a} J_1(\sqrt{a} \kappa R) J_0(\sqrt{a} \kappa R) - \sqrt{a} J_0(\sqrt{a} \kappa R) J_1(\sqrt{a} \kappa R))}.
\end{aligned} \tag{5}$$

Таким образом, система (4) с константами интегрирования (5) дают рекуррентное решение для упругопластической круговой трехслойной пластины с легким наполнителем и заделанным контуром, изгибаемой на упругом основании произвольной симметричной нагрузкой  $q(r)$ .

Работа выполнена при финансовой поддержке БР ФФИ (проект № Т19РМ-089).

УДК 517.9

## КЛАСС ЭКОНОМИЧНЫХ АБСОЛЮТНО УСТОЙЧИВЫХ МЕТОДОВ РАСЩЕПЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА СО СМЕШАННЫМИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ

*Ек. Л. КУЗНЕЦОВА*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Новый класс конечно-разностных методов расщепления численного решения дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих смешанные дифференциальные операторы, предложен и обоснован по аппроксимации, устойчивости и сходимости и описывает явления переноса потенциала в средах, характеристики которых описываются симметрическими тензорами второго ранга.

Методы основаны, во-первых, на использовании апостериорной информации о решении на верхних временных слоях и, во-вторых, на более глубоком расщеплении смешанных дифференциальных операторов по координатным направлениям, чем в классических конечно-разностных методах. Использование информации о решении, полученной на верхнем временном слое, существенно увеличивает запас устойчивости конечно-разностных схем, а более глубокое расщепление смешанных дифференциальных операторов приводит к экономичным и неявным (т.е. более устойчивым) конечно-разностным схемам, порядок аппроксимации и устойчивость которых не зависят от размерности пространства.

Одним из самых эффективных конечно-разностных методов численного решения нестационарных задач механики сплошной среды вообще и задач, описывающих распространение потенциаль-

ных векторных полей, являются методы расщепления дифференциальных операторов как по координатным направлениям, так и по физическим явлениям.

При расщеплении дифференциальных операторов по координатным направлениям основным является вопрос о возможности представления дивергентных операторов в виде оператора суммирования операторов, содержащих производные только по одной пространственной переменной. Тогда можно построить конечно-разностные схемы, аппроксимирующие локально одномерные дивергентные операторы, являющиеся экономичными в смысле пропорциональности числа операций типа умножения количеству узлов конечно-разностной сетки.

При наличии в дифференциальных уравнениях смешанных дифференциальных операторов (такие операторы существуют при описании потенциальных векторных полей в средах с характеристиками переноса в виде тензоров) все существующие экономичные конечно-разностные схемы расщепления аппроксимируют эти смешанные производные на нижних временных слоях (явно), что существенно снижает запас устойчивости и при определенных условиях может приводить к неустойчивости конечно-разностной схемы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 17-08-01127, и гранта Президента Российской Федерации МД-1798.2019.8.

УДК 531.314

### **АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ НЕОДНОРОДНЫХ ПОРИСТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОСЕВЫХ СИЛ И ВНЕШНЕГО ДАВЛЕНИЯ**

*А. С. КУРБАТОВ, А. А. ОРЕХОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Предложена методика аналитического и полуаналитического решений задач нелинейной динамики неоднородных пористых цилиндрических оболочек под действием осевых сил и внешнего давления. Для построения аналитического решения уравнения движения строятся на основе вариационного формализма Де Дондера-Вайля, после чего нелинейная задача решается с выделением  $N$  главных форм колебаний и отсечением последующих форм. Уравнения, не содержащие производных по времени, могут быть интерпретированы как уравнения связей (стационарных). Проанализировано влияние количества учтенных форм колебаний на сходимость решения. Результаты аналитического решения сравнивались с созданными численными конечно-разностными и конечно-элементными моделями. Стоит отметить, что конечно-разностная аппроксимация уравнений Гамильтоновой механики значительно уменьшает скорость расчета на тестовых задачах без потери точности решения. Для реализации конечно-элементной модели применялся метод установления, что позволяет повысить сходимость решения по сравнению с классическими методами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 19-08-00938а, 17-08-01461а.

УДК 539.386

### **ПЛОСКОПОЛЯРИЗОВАННЫЕ ВОЛНЫ СДВИГА В РЕГУЛЯРНО-СЛОИСТЫХ СРЕДАХ ПРИ НЕИДЕАЛЬНОМ КОНТАКТЕ НА ГРАНИЦАХ РАЗДЕЛА**

*В. В. ЛЕВЧЕНКО*

*Институт последипломного образования Национального университета пищевых технологий,  
г. Киев, Украина*

Развитие современных технологий строительства и проектирования современной техники требует создания новых материалов с уникальными свойствами. Одними из таких материалов являются слоистые и регулярно-слоистые композитные материалы. Применение таких материалов требует изучения

влияния неидеального контакта между слоями на динамические процессы в слоистых структурах. В работе слоистые материалы моделируются регулярно-слоистой средой с идеальным проскальзыванием на границах раздела структуры. Для исследования объемных волн рассмотрим слоистую среду, которая образована периодическим повторением порождающего пакета из двух изотропных слоев. Свойства слоев характеризуются параметрами Ламе  $\lambda_q, \mu_q$ , плотностью  $\rho_q$  и толщиной  $h_q$ . На границах раздела выполняются условия идеального проскальзывания. Среду отнесем к декартовой системе координат и предположим, что ось  $oz$  перпендикулярна границам раздела слоев. Гармоническая плоскополяризованная волна распространяется вдоль оси  $ox$ . Целью работы является получение дисперсионных соотношений для плоскополяризованных волн в рассматриваемых средах и их исследование.

Компоненты вектора смещения  $\vec{u} = \{u(x, z, t); 0; w(x, z, t)\}$  удовлетворяют волновым уравнениям [3, 4]

$$\begin{aligned} \mu \Delta u(x, z, t) + (\lambda + \mu) \partial_x (\partial_x u(x, z, t) + \partial_z w(x, z, t)) &= \rho \partial_t^2 u(x, z, t), \\ \mu \Delta w(x, z, t) + (\lambda + \mu) \partial_z (\partial_x u(x, z, t) + \partial_z w(x, z, t)) &= \rho \partial_t^2 w(x, z, t). \end{aligned} \quad (1)$$

и имеют место зависимости

$$\begin{aligned} \sigma_{zz}(x, z, t) &= (\lambda + 2\mu) \partial_x u(x, z, t) + \lambda \partial_z w(x, z, t), \\ \sigma_{zx}(x, z, t) &= \lambda \partial_x u(x, z, t) + (\lambda + 2\mu) \partial_z w(x, z, t). \end{aligned}$$

Принятые в работе обозначения совпадают с введенными в [5, 6].

На поверхностях раздела свойств выполняются граничные условия [4]

$$\sigma_z(x, \bar{z}_{n,q} - 0) = \sigma_z(x, \bar{z}_{n,q} + 0); w(x, \bar{z}_{n,q} - 0) = w(x, \bar{z}_{n,q} + 0); \quad (2)$$

и требования идеального проскальзывания

$$\sigma_{zx}(x, z_{nq}) = 0. \quad (3)$$

Тогда решение волновых уравнений в слоях следует искать в виде

$$\begin{aligned} w(x, z) &= \Omega_p [-A_{2(n-1)+q}^{(1)} \sin(\Omega_{p,q} \bar{z}_{n,q}) + A_{2(n-1)+q}^{(3)} \cos(\Omega_{p,q} \bar{z}_{n,q})] + \\ &+ k [A_{2(n-1)+q}^{(2)} \sin(\Omega_{s,q} \bar{z}_{n,q}) + A_{2(n-1)+q}^{(4)} \cos(\Omega_{s,q} \bar{z}_{n,q})]; \\ \sigma_{zz}(x, z) &= \mu (2k^2 - k_s^2) [A_{2(n-1)+q}^{(1)} \cos(\Omega_{p,q} \bar{z}_{n,q}) + A_{2(n-1)+q}^{(3)} \sin(\Omega_{p,q} \bar{z}_{n,q})] + \\ &+ 2\mu k \Omega_s [A_{2(n-1)+q}^{(2)} \cos(\Omega_{s,q} \bar{z}_{n,q}) - A_{2(n-1)+q}^{(4)} \sin(\Omega_{s,q} \bar{z}_{n,q})]; \\ \sigma_{zx}(x, z) &= 2\mu k \Omega_p [-A_{2(n-1)+q}^{(1)} \sin(\Omega_{p,q} \bar{z}_{n,q}) + A_{2(n-1)+q}^{(3)} \cos(\Omega_{p,q} \bar{z}_{n,q})] + \\ &+ \mu (2k^2 - k_s^2) [A_{2(n-1)+q}^{(2)} \sin(\Omega_{s,q} \bar{z}_{n,q}) + A_{2(n-1)+q}^{(4)} \cos(\Omega_{s,q} \bar{z}_{n,q})]. \end{aligned} \quad (4)$$

Из (3) следует, что постоянные  $A_i^{(i)}$  в решениях волновых уравнений связаны соотношениями  $A^{(2)} = P_q^{(21)} A^{(1)} + P_q^{(23)} A^{(3)}$ ,  $A^{(4)} = P_q^{(43)} A^{(3)}$ , что позволило в дальнейшем свести размерность передаточных матриц слоев от размерности  $4 \times 4$  до  $2 \times 2$ .

Подстановка решений (4) в граничные условия (2) позволяет свести исходную задачу к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} M_1(\Omega_{p,1}, \Omega_{s,1}, h_1) \bar{A}_{2(n-1)+1} &= M_2(\Omega_{p,2}, \Omega_{s,2}, 0) \bar{A}_{2n}, \\ M_2(\Omega_{p,2}, \Omega_{s,2}, h_2) \bar{A}_{2n} &= M_1(\Omega_{p,1}, \Omega_{s,1}, 0) \bar{A}_{2n+1}, \\ n &= 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{aligned} \quad (5)$$

В системе (5) введены векторы-столбцы  $\bar{A}_{2(n-1)+i} = \text{colon}(A_{2(n-1)+i}^{(1)}, A_{2(n-1)+i}^{(2)})$  и передаточные матрицы слоев

$$M_i(\Omega_{p,i}, \Omega_{s,i}, h_i) = \begin{bmatrix} M_i^{11}(\Omega_{p,i}, \Omega_{s,i}, h_i) & M_i^{12}(\Omega_{p,i}, \Omega_{s,i}, h_i) \\ M_i^{21}(\Omega_{p,i}, \Omega_{s,i}, h_i) & M_i^{22}(\Omega_{p,i}, \Omega_{s,i}, h_i) \end{bmatrix}.$$

Непосредственные вычисления позволяют показать, что детерминант передаточной матрицы порождающего пакета слоев

$$Mp = M_2(\Omega_{p,2}, \Omega_{s,2}, h_2)M_2^{-1}(\Omega_{p,2}, \Omega_{s,2}, 0)M_1(\Omega_{p,1}, \Omega_{s,1}, h_1)M_1^{-1}(\Omega_{p,1}, \Omega_{s,1}, 0)$$

равен единице, и характеристическое уравнение передаточной матрицы запишется в виде  $\chi^2 - 2b_2\chi + 1 = 0$ ,  $b_2 = \text{spr} Mp/2$ . Применяя предложенный метод исследования и используя свойство унимодулярности матрицы  $Mp$  [1, 2], получим дисперсионное уравнение для волн в пластине из  $m$  порождающих пакетов.

$$Mp^{12}(b_2 - \cos(\pi/m))(b_2 - \cos(2\pi/m))(b_2 - \cos(m\pi/m)) = 0. \quad (6)$$

Как следует из вида (6), в каждой зоне пропускания  $-1 \leq b_2 \leq 1$  локализовано  $m$  дисперсионных кривых, периодом колебаний которых будет  $2m$  слоев. Эти дисперсионные кривые следует характеризовать набором из трех индексов  $(n, l, m)$ , где  $l = 0, 1, \dots, m-1$ ,  $n$  – номер зоны пропускания... Типы колебаний  $(n, l, m)$  и  $(n, im, il)$  эквивалентны. Колебания с индексами  $(n, l, m)$  и  $(n, m, m-l)$  будут вырожденными. Как показали численные эксперименты, при четном значении  $m$  формы колебаний обладают симметрией, которая подчиняется правилу  $w\left(\frac{h}{2}m - z\right) = -w(hm - z)$ ,  $0 \leq z \leq \frac{z}{2}mh$ , а также  $w(sh) = 0$ , где  $s = 1, 3, \dots$ . При  $m$  нечетном отсутствует симметрия, присущая колебаниям при  $m$  четном. С ростом значения  $m$  и  $n$  формы колебаний на периоде  $mh$  становятся более сложными.

#### Список литературы

- 1 Баас, Ф. Г. Высоочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками / Ф. Г. Баас, А. А. Булгаков, А. П. Тервов. – М. : Наука, 1989. – 288 с.
- 2 Борн, М. Основы оптики / М. Борн, Э. Вольф. – М. : Наука, 1970. – 886 с.
- 3 Левченко, В. В. О распространении магнитоупругих волн сдвига в регулярно-слоистой среде с металлизированными плоскостями раздела / В. В. Левченко // Прикладная механика. – 2004. – Т. 40. – № 1. – С. 125–131.
- 4 Шульга, Н. А. Основы механики слоистых сред периодической структуры / Н. А. Шульга. – Киев : Наукова думка, 1982. – 200 с.
- 5 Левченко, В. В. О формах колебаний на границах зон пропускания объемных плоскополяризованных волн в регулярно-слоистой среде / В. В. Левченко, Н. А. Шульга, А. Н. Подлипенец // Прикладная механика. – 1985. – Т. 21. – № 1. – С. 16–23.
- 6 Шульга, Н. А. Формы колебаний на границах зон пропускания объемных волн сдвига / Н. А. Шульга, В. В. Левченко, А. Н. Подлипенец // Прикладная механика. – 1984. – Т. 20. – № 11. – С. 38–45.

УДК 539.386

## ЭЛЕКТРОУПРУГИЕ ОБЪЕМНЫЕ ВОЛНЫ СДВИГА В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ

В. В. ЛЕВЧЕНКО

*Институт последипломного образования Национального университета тичевых технологий,  
г. Киев, Украина*

В последние годы существенно возрос интерес к исследованию особенностей распространения волн различной физической природы в периодических структурах с усложненными физико-механическими свойствами. В частности, это касается композиционных материалов, образованных чередованием слоев со свойствами сегнетоэлектрика. Наличие спонтанной поляризации является отличительной особенностью сегнетоэлектриков. В настоящее время разработаны методики формирования в них идеальных периодических структур [1, 2]. Анализ особенностей распространения волн различной природы в таких искусственных периодических структурах вызывает внимание исследователей благодаря возможности эффективного управления их волноведущими свойствами.

Решение задачи о распространении волн в сегнетоэлектриках основано на методах, развитых в теории волн в периодических структурах [3, 4]. При температурах, которые соответствуют условиям экс-

платации изделий, сегнетоэлектрики имеют пьезоэлектрические свойства, и волновые процессы в них описываются системой уравнений электроупругости [1, 2] для тетрагональной системы.

Распространение упругоэлектрических сдвиговых волн в плоскости  $xy$  в линейной теории электроупругости описывается [1, 2] уравнением колебаний относительно механических напряжений  $\sigma_{xz}(x, y, t)$ ,  $\sigma_{yz}(x, y, t)$ , перемещения  $w(x, y, t)$  и уравнением Гаусса относительно компонент вектора электрической индукции

$$\frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial y} = \rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} = 0. \quad (1)$$

Для пьезоэлектрических материалов тетрагональной системы класса 4mm (ось симметрии четвертого порядка направлена вдоль оси  $z$ ) материальные соотношения имеют вид [1,2]

$$\begin{aligned} \sigma_{yz} &= c_{55} \frac{\partial w}{\partial y} + e_{51} \frac{\partial \varphi}{\partial y}, & \sigma_{xz} &= c_{55} \frac{\partial w}{\partial x} + e_{51} \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \\ D_x &= -\epsilon_{11} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + e_{51} \frac{\partial w}{\partial x}, & D_y &= -\epsilon_{11} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + e_{51} \frac{\partial w}{\partial y}. \end{aligned} \quad (2)$$

В зависимостях (2) учтены формулы Коши для деформаций и градиентное представление вектора напряженности электрического поля через электрический потенциал  $\varphi(x, y, t)$ .

Систему уравнений (1), (2) можно свести к двум уравнениям:

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = c_{55*} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right), \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0, \quad (3)$$

где функция  $\psi = \varphi - (e_{51}/\epsilon_{11})w$  и  $c_{55*} = c_{55} + e_{51}^2/\epsilon_{11}$ .

Рассмотрим сегнетоэлектрик класса 4mm, образованный периодическим повторением вдоль оси  $x$  пакета из двух слоев равной толщины  $h$ , и предположим, что толщина доменных границ равна нулю. Слои пакета имеют антипараллельные направления поляризации, что влечет изменение знака электроупругой связи в соседних слоях  $e_q = (-1)^q e_{51}$ , где  $q$  – номер слоя в пакете,  $e_{51} > 0$ .

Остальные физико-механические параметры слоев совпадают.

Решение системы уравнений (3) в каждом из слоев будем искать в виде

$$\begin{aligned} w &= B_{2n+q}^{(1)} \sin \Omega(x - x_{n,q}^*) + B_{2n+q}^{(2)} \cos \Omega(x - x_{n,q}^*), & \psi &= D_{2n+q}^{(1)} \operatorname{sh} k(x - x_{n,q}^*) + D_{2n+q}^{(2)} \operatorname{ch} k(x - x_{n,q}^*), \\ x_{n-1,q}^* &< x < x_{n,q}^*, & n &= 0, \pm 1, \pm 2, \dots, q=1, 2, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $x_{n,q}^* = 2nh + qh$ ;  $\Omega = (\tilde{k}^2 - k^2)^{1/2}$ ;  $\tilde{k}^2 = \omega^2/\tilde{c}^2$ ,  $\tilde{c}^2 = c_{55*}/\rho$ ,  $k$  – волновое число,  $\omega$  – круговая частота. Применяя метод решения задач о волновых процессах в регулярно слоистых средах, предложений [3, 4], задачу сведем к исследованию характеристического уравнения

$$\chi^4 - (b_0^1 + b_0^2)\chi^3 + (b_0^1 b_0^2 + 2 + K_0)\chi^2 - (b_0^1 + b_0^2)\chi + 1 = 0, \quad (5)$$

передаточной матрицы  $M$  [3, 4] порождающего пакета слоев.

Такой вид уравнения (5) говорит о существовании в периодической структуре двух зонных спектров со своими блоховскими числами, которые определяются из дисперсионных уравнений:

$$\begin{aligned} \cos \xi_1 h &= -b_1/2, \quad \cos \xi_2 h = -b_2/2, \quad \text{где } b_j = -\frac{b_0^1 + b_0^2}{2} - (-1)^j \sqrt{d}; \\ d &= \frac{(b_0^1 + b_0^2)^2}{4} - (b_0^1 b_0^2 + 2 + K_0) + 2; \quad K_0 = \frac{16e_{15}^2 k}{\epsilon_{11} c_{44}^* \Omega} \sin \theta \operatorname{sh}(kh) (\cos \theta - \operatorname{ch}(kh))^2; \quad j=1, 2. \end{aligned}$$

Зоны пропускания для объемных парциальных волн [3] опреяются из неравенств

$$|b_j| \leq 2, \quad (6)$$



Для существования объемных волн должно выполняться хотя бы одно из неравенств (6).

Величина  $K_0$  определяет связанность акустических и электромагнитных процессов. При  $\sin(\theta) = 0$  или нормальном распространении волны, или отсутствии электромеханической связи уравнение (5) распадается на два уравнения:

$$(\chi^2 - b_{1,0}\chi + 1) = 0, (\chi^2 - b_{2,0}\chi + 1) = 0,$$

что означает отсутствие взаимодействия механической и электрической подсистем.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. Расчеты показали, что зоны запирания волн локализованы в малой окрестности собственных частот слоя сегнетоэлектрика, где  $b_1 \geq 2$  и  $\theta \rightarrow \pi n$ . Вблизи этих же областей зарождаются зоны комплексности корней уравнения (5), где  $d \leq 0$ . Структура зон запирания не имеет аналогов в структурах, состоящих из слоев, которые имеют разные физико-механические параметры. Результаты работы показывают зонный характер распространения волн сдвига в сегнетоэлектрических сверхрешетках. Точки экстремумов  $\text{Im } b_1$  расположены близко к центру соответствующей зоны комплексности. Зоны запирания объемных волн зарождаются и локализованы в малой окрестности собственных частот волн сдвига в слое сегнетоэлектрика. Ширина зон запирания зависит от электрических параметров  $\epsilon_{11}$ ,  $\epsilon_{51}$  и относительно мала по сравнению с шириной зон пропускания. Как показали расчеты для выбранных данных, не существует решения неравенства  $b_1 \leq -2$ . Это означает отсутствие зон запирания в окрестности решения уравнения  $\cos \theta = 0$ .

#### Список литературы

- 1 Голенищев-Кутузов, А. В. Индуцированные доменные структуры в электромагнитоупорядоченных веществах / А. В. Голенищев-Кутузов, Р. И. Каллимуллин. – М. : Физматгиз, 2003. – 136 с.
- 2 Смоленский, Т. А. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики / Т. А. Смоленский, В. А. Боков, Н. Н. Крайник. – М. : Наука, 1971. – 259 с.
- 3 Шульга, Н. А. Основы механики слоистых сред периодической структуры / Н. А. Шульга. – Киев : Наукова думка, 1981. – 200 с.
- 4 Shul'ga, N. A. Propagation of Coupled Waves Interacting with an Electromagnetic Field in Periodically Inhomogeneous Media / N. A. Shul'ga // Int. Appl. Mech. – 2003. – Vol. 39. – No. 10. – P. 1146–1172.

УДК 539.4.019

## СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ КРУГОВЫХ ПЛАСТИН В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

Д. В. ЛЕОНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Широкое применение в интенсивно развивающихся отраслях строительства и промышленности находят слоистые элементы конструкций. В связи с этим возникает необходимость разработки новых и уточнения уже существующих методов их расчета.

Здесь рассматриваются малые осесимметричные поперечные колебания несимметричной по толщине упругой трехслойной пластинки круговой формы на упругом инерционном основании при действии температуры.

Постановка задачи и ее решение проводятся в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ . Заполнитель считаем легким, т. е. пренебрегаем его работой в тангенциальном направлении. К наружной поверхности первого несущего слоя подводится тепловой поток интенсивности  $q_r$ . К нижней поверхности второго несущего слоя приложена реакция инерционного основания Винклера  $q_r$ . На контуре пластинки предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев. В дальнейшем перемещения  $w(r, t)$ ,  $\psi(r, t)$ ,  $u(r, t)$  считаем искомыми. Температуру в слоях пластины в дальнейшем считаем известной и постоянной во времени.

Систему дифференциальных уравнений движения получим из вариационного принципа Даламбера:

$$L_2(a_1 u + a_2 \psi - a_3 w_{,r}) = 0,$$

$$L_2(a_2 u + a_4 \psi - a_5 w_{,r}) = 0,$$

$$L_3(a_3 u + a_5 \psi - a_6 w_{,r}) - \kappa_0 w - M_0^* \dot{w} = 0, \quad (1)$$

где  $M_0^*$  – удельная масса пластины и основания,

$$M_0^* = M_0 + m_f.$$

Здесь коэффициенты  $a_i$  и дифференциальные операторы  $L_2, L_3$  совпадают с соотношениями, полученными ранее для термоупругой пластины.

В качестве начальных примем следующие условия ( $t = 0$ ):

$$w(r, 0) \equiv f(r), \quad \dot{w}(r, 0) \equiv g(r). \quad (2)$$

Начально-краевая задача замыкается присоединением к (1) граничных и начальных условий (2).

При численном исследовании считаем, что все слои пластины нагреваются равномерно на одинаковую температуру.

Частоты собственных колебаний зависят от геометрических и упругих параметров слоев пластины, а также от коэффициента жесткости основания. С увеличением температуры частоты уменьшаются. На первую частоту повышение температуры на 50 К влияет незначительно (порядка 1,1 %). Повышение температуры еще на 50 К уменьшает частоты еще примерно на 0,4 %.

По мере роста номера частоты влияние температуры усиливается. Так, для следующих 14 частот при увеличении температуры на 100 К уменьшение величины частот достигает до 6,3 %. Таким образом, следует отметить, что температура не оказывает существенного влияния на частоты собственных колебаний.

**Вывод.** Выполненные исследования свободных колебаний трехслойных круговых пластин позволяют учитывать в расчетах конструкций инерционность основания и действие температурных воздействий.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T18P-090).*

УДК 539.4.019

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПЛОСКОЙ ВОЛНЫ С ОДНОРОДНОЙ ПРЕГРАДОЙ В АКУСТИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Н. А. ЛОКТЕВА

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация  
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

С. И. ИВАНОВ

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

В связи с внедрением новой инфраструктуры в существующую городскую среду чаще всего требуется защищать уже существующие здания и сооружения от негативного влияния. Рассматривается консольно-закрепленная пластина (рисунок 1), являющаяся моделью звукопоглощающих экранов, призванных защитить человека от влияния техногенной среды (шума автомагистралей, промышленных объектов и т.д.). Основной задачей является поиск аналитического метода определения параметра звукоизоляции в зависимости от геометрических параметров преграды, вида ее закрепления и частоты набегающей волны.

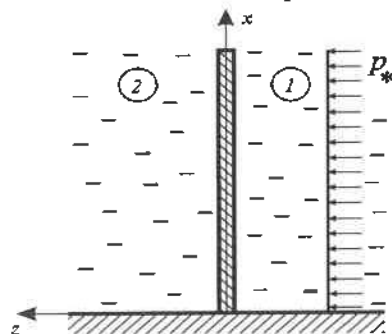


Рисунок 1 – Консольно-закрепленная пластина

Рассматривается однородная пластина длиной  $a$ , один край которой жестко зашпелен, а второй остается свободным. Задача рассматривается в плоской постановке. Используется прямоугольная декартова система координат  $Oxyz$ , начало которой помещено в точку крепления пластины. Со стороны среды «1» на пластину набегают плоская гармоническая волна с амплитудой давления на фронте  $p_*$ . Далее все функции также будем считать гармоническими. В результате взаимодействия с преградой в среде «1» возникает

отраженная волна  $p_{1*}$ . Таким образом, амплитуда давления в среде «1» определяется как сумма амплитуд набегающей и отраженной волн. В среде «2» возникает волна с амплитудой давления  $p_2$ , прошед-

шая звукопоглощающую преграду. Целью данной работы является определение нормального перемещения на границе пластины и среды «2», а также определение параметра звукоизоляции  $R_p$  (4):

$$p_* = -i\omega\rho_1 A_\Phi \quad (1); \quad p_t = p_* + p_{1w} \quad (2); \quad \eta = \left| \frac{P_2}{P_*} \right|_{z=0} \quad (3); \quad R_p = -20 \log_{10}(\eta). \quad (4)$$

Движение пластины в плоской постановке описывается уравнением:

$$\rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -D \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + p, \quad D = I(\lambda + 2\mu). \quad (5)$$

Все функции изменяются по гармоническому закону, например как нормальные перемещения  $w = w_0 e^{i\omega x}$ . Граничные условия, соответствующие консольному закреплению:

$$w|_{x=0} = 0, w_{,xx}|_{x=l} = 0, w_{,x}|_{x=0} = 0, w_{,xxx}|_{x=l} = 0. \quad (6)$$

Для определения нормальных перемещений пластины необходимо найти значения функции Грина  $G_0(x)$ . Для чего используется известное общее решение уравнения и находится частное решение:

$$G_0(x) = C_1 \cos(kx) + C_2 \sin(kx) + C_3 \operatorname{ch}(kx) + C_4 \operatorname{sh}(kx) - \frac{1 \sin(k\xi) H(\xi - x) \cos(kx)}{2 k^3} + \frac{1 \cos(k\xi) H(\xi - x) \sin(kx)}{2 k^3} + \frac{1 \operatorname{sh}(k\xi) H(\xi - x) \operatorname{ch}(kx)}{2 k^3} - \frac{1 \operatorname{ch}(k\xi) H(\xi - x) \operatorname{sh}(kx)}{2 k^3}, \quad (7)$$

где  $k = \sqrt[4]{\frac{\rho h \omega^2 + 2\Gamma}{D}}$ .

Для установления связи амплитуды давления и перемещений на границе пластины рассматривается вспомогательная задача о полубесконечной полосе, от вертикальной границы которой излучаются колебания вглубь акустического пространства. Движение акустического пространства описывается однородным уравнением Гельмгольца. Для решения вспомогательной задачи используется известное решение для области  $0 \leq x \leq a$  и  $0 \leq z < \infty$  [2, 3]. Граничные условия записываются как  $\partial\Phi/\partial x|_{x=0} = 0$ ,  $\partial\Phi/\partial x|_{x=a} = f_3(z)$ . Из решения уравнения Гельмгольца определяется значения функции влияния  $G(x, 0, \xi, \eta)$ . С учетом граничных условий потенциал для точечного источника будет определяться как свертка функции Грина:

$$\Phi(x, z) = \int_0^a f_3(\xi) G(x, 0, \xi, \eta) d\xi, \quad f_3(\xi) = v_3 = i\omega w_0. \quad (8)$$

С учетом выражения  $p_0 = -i\omega\rho_0\Phi(x, z)$  связь между давлением и перемещением записывается следующим образом:  $p_0 = -i\omega\rho_0 \int_0^l (i\omega w_0) G(x, z, \xi) d\xi$ . Тогда, после выполнения свертки и преобразования выражения (8), связь между перемещениями и амплитудой давления волны запишется следующим образом

$$p_0 = w_0 * \Gamma, \quad \text{где } \Gamma = -\omega^2 \rho_0 \int_0^l G(x, z, \xi) d\xi. \quad (9)$$

Связь амплитуд давления и перемещений для отраженной волны и волны, прошедшей преграду, определяются как  $p_{1w} = -w_0 * \Gamma$ ,  $p_2 = w_0 * \Gamma$ . Тогда, с учетом установленных взаимосвязей между амплитудами давлений и перемещениями выражение (5) примет вид

$$\rho h \omega^2 w = -D \frac{d^4 w}{dx^4} - 2w * \Gamma + p_*. \quad (10)$$

Решение (10) методом последовательных приближений имеет следующий вид (11):

$$w_0 = G_0(x) * P_*, \quad w_1 = G_0(x) * (2w_0 * \Gamma + p_*), \dots, \quad w_n = G_0(x) * (2w_{n-1} * \Gamma + p_*). \quad (11)$$

В данной работе приведен метод решения связанной задачи о взаимодействии плоской гармонической волны и консольно-закрепленной пластины. Полученные результаты зависят от частоты набегающей волны, от материала, из которого выполнена пластина, и ее геометрических параметров. Таким образом, становится возможным выбирать оптимальные параметры материала, из которого выполнена пластина, и ее геометрию, что представляет существенный практический интерес.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-08-00968 А.

#### Список литературы

- 1 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.
- 2 Полянин, А. Д. Справочник по линейным уравнениям математической физики / А. Д. Полянин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 576 с.
- 3 Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики : учеб. пособие / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – М. : МГУ, 1999. – 799 с.

УДК 539.319

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОЙ МАТРИЦЫ ПАНЕЛЕЙ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

*ЧЖО АУНГ ЛИН, Л. Н. РАБИНСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Рассматривается модель, состоящая из наномодифицированной матрицы со сферическими включениями. Предполагается, что армирующие частицы фуллереновой сажи – абсолютно твердые и не разрушаются сферы, объемное содержание которых составляет величину до 1 %. Для моделирования используется модуль Digimat-MF и метод осреднения – Мори-Танака, а также критерий прочности – по максимальным главным напряжениям, действующим в матрице. Расчет проводился при задании эффективного объемного содержания наполнителя и объемного содержания межфазного слоя, в предположении, что их свойства равны. Эффективное объемное содержание позволит описать полученные экспериментальные данные в отношении модуля упругости и предела прочности. Дан анализ подбора эффективного объемного содержания включений по пределу прочности и модулю композита. В случае подбора по модулю эффективное объемное содержание включений должно составлять 11 %, и предел прочности композита по расчету должен быть 23 МПа. Для найденного объемного содержания включений подбором определялось, какое должно быть объемное содержание включений, чтобы расчет и эксперимент по измерению коэффициента температурного расширения (КТР) материала композита совпадали. В результате проведенных экспериментов установлено, что полученное высокое значение КТР наполнителя и экспериментально установленное явление повышения КТР композитов с наномодифицированной матрицей может быть связано с изменением структуры полимерной матрицы или может быть следствием протекающих химических реакций между наполнителем и матрицей.

Работа выполнена в Московском авиационном институте в рамках выполнения гранта РФФИ проект № 20-01-00517.

#### Список литературы

- 1 Nonlinear deforming of laminated composite shells of revolution under finite deflections and normals rotation angles Russian Aeronautics / V. G. Dmitriev [et al.] – 2017. – Vol. 60. – No. 2. – P. 169–176.
- 2 Плоская задача дифракции акустической волны давления на криволинейном препятствии / А. Г. Горшков [и др.] // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2003. – № 3. – С. 148–155.
- 3 Formalev, V. F. Localization of thermal disturbances in nonlinear anisotropic media with absorption / V. F. Formalev, E. L. Kuznetsova, L. N. Rabinskiy // High Temperature. – 2015. – Vol. 53. – No. 4. – P. 548–553.
- 4 Нестационарная задача дифракции цилиндрической акустической волны давления на тонкой оболочке в форме эллиптического цилиндра / А. Г. Горшков [и др.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2007. – Т. 3. – № 2. – С. 82–93.
- 5 Rabinskiy L. Fabrication of porous silicon nitride ceramics using binder jetting technology / L. Rabinskiy // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. International Seminar on Interdisciplinary Problems in Additive Technologies. – 2016. – P. 12–23.

## ДИНАМИКА ПОДКРЕПЛЁННЫХ КОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ С МНОЖЕСТВЕННЫМИ МЕЖСЛОЕВЫМИ ДЕФЕКТАМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНЫХ НАГРУЗОК

А. Л. МЕДВЕДСКИЙ

*Центральный аэрогидродинамический институт  
им. проф. Н. Е. Жуковского, г. Жуковский, Российская Федерация*

М. И. МАРТИРОСОВ

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

А. В. ХОМЧЕНКО

*ПАО «Корпорация «Иркут», г. Москва, Российская Федерация*

Обеспечение необходимого уровня прочности элементов силовых конструкций является важнейшей задачей при рассмотрении вопросов безопасности транспортного машиностроения.

В различных областях промышленности, в частности в авиационной, широко применяются новые виды материалов, которые постоянно совершенствуются, выполняя повышающиеся требования отрасли. К числу самых распространённых материалов следует отнести полимерные композиционные материалы (ПКМ), обладающие рядом преимуществ (высокая удельная прочность, жёсткость, сопротивляемость усталости и т.д.) и возможностью создания уникальных свойств за счёт высокой степени вариативности форматов укладок и физико-механических свойств монослоёв, что в конечном итоге позволяет учитывать особенности работы того или иного элемента конструкции и оптимально распределять материал. Однако при всех преимуществах ПКМ имеется ряд недостатков, связанных с низкой сопротивляемостью ударным воздействиям и чувствительностью к межслоевым дефектам (под дефектом будем понимать каждое отдельное несоответствие изделия установленным требованиям).

Дефекты и повреждения могут приводить к значительному снижению прочностных характеристик элементов конструкций из ПКМ, которые, как правило, сопровождаются растрескиванием матрицы, нарушением целостности волокон и монослоёв. Указанные ранее дефекты и повреждения могут возникать как на этапе производства при нарушении технологии, так и на этапе эксплуатации (столкновение с птицей, удар камнями на взлёте, нелокализованный разлёт роторов двигателя, разлёт пневматики, удары молний и разряды статического электричества, попадание града, столкновение с аэродромной инфраструктурой на этапах буксировки или руления, удар аэродромным устройством на стоянке, падение инструмента или заменяемой детали и т.д.). Особый интерес представляет исследование поведения элементов конструкций из ПКМ с дефектами (повреждениями) при воздействии нестационарных нагрузок (поля давления различной природы). Уровень безопасности авиаконструкций, созданных на основе внедрения новых материалов (например, ПКМ), должен быть не ниже уровня безопасности существующих авиаконструкций, изготовленных из традиционных материалов по традиционным технологиям.

В рамках данной работы рассматриваются:

1) пологая цилиндрическая трёхстрингерная панель из ПКМ длиной  $a = 340$  мм, шириной  $b = 140$  мм, стрелой подъёма  $c = 4,9$  мм. Стрингеры имеют тавровое сечение с высотой стенки 12 мм и шириной основания 24 мм, толщина 2,28 мм. Укладка монослоёв обшивки имеет следующий формат:  $[+45^\circ/-45^\circ/90^\circ/0^\circ/+45^\circ/-45^\circ/-45^\circ/+45^\circ/0^\circ/90^\circ/-45^\circ/+45^\circ]$ . Рассматривается два вида расположения эллиптических повреждений: в «подстрингерной» зоне в центральном сечении с осями 34 и 24 мм и находящимися между слоями 2-3, 3-4, 4-5, 8-9, 9-10, 10-11, в «межстрингерной» зоне в центральном сечении между всеми слоями и осями 19,91 и 12 мм. В качестве нагрузки на панель с повреждениями в «межстрингерной» зоне рассматривается равномерно распределённое поле давления, которое изменяется по закону  $p(t) = p_0 H(t)$ , где  $H(t)$  – функция Хэвисайда,  $p_0 = 1,5$  МПа. На внешнюю поверхность панели с расположением повреждений в «подстрингерной» зоне действует поле давления, распределённое по закону:

$$p(\varphi, t) = -p_0 \cos^2 \varphi H(t) H\left(\frac{\pi}{2} - |\varphi|\right), \text{ где } \varphi - \text{угловая координата, } p_0 = 1,0 \text{ МПа;}$$

2) пологая цилиндрическая четырёхстрингерная панель длиной  $a = 750$  мм, шириной  $b = 490$  мм, стрелой подъёма  $c = 7,38$  мм. Предполагается, что между всеми слоями обшивки панели в центральном сечении между стрингерами расположены повреждения эллиптической формы

с осями  $d = 36$  мм,  $e = 26$  мм. Обшивка панели имеет следующий формат укладки:  $[+45^\circ/-45^\circ/0^\circ/90^\circ/0^\circ/0^\circ/+45^\circ/-45^\circ/-45^\circ/+45^\circ/0^\circ/0^\circ/90^\circ/0^\circ/-45^\circ/+45^\circ]$ . Стрингер представляет собой единую деталь, состоящую из двух половинок  $L$ -образного сечения, выполненных из ПКМ.

В процессе формования цельной конструкции в местах стыковки стрингера и обшивки прокладывается технологический элемент – жгут. В рамках данной работы вопросы прочности межслоевого соединения половинок стрингеров, а также мест соединения со жгутом и обшивкой не рассматриваются. Формат укладки стрингера:  $[+45^\circ/-45^\circ/90^\circ/0^\circ/+45^\circ/-45^\circ/-45^\circ/+45^\circ/0^\circ/90^\circ/-45^\circ/+45^\circ]$ .

В качестве внешней нагрузки рассматривается нестационарное воздействие взрывного характера с энергией взрыва  $E = 209,2$  кДж. Эпицентр взрыва расположен на расстоянии 500 мм от внешней поверхности панели. Взрывная волна имеет сферическую форму. В качестве граничных условий в обоих случаях используется шарнирное опирание вдоль длинных кромок.

Обе рассматриваемые в работе панели изготовлены из углепластика на основе препрега HexPly M21/34%/UD194/IMA (углеродная лента IMA на основе высокопрочного волокна HexTow IMA-12K и эпоксидное модифицированное связующее M21) производства фирмы Hexcel Composites (США), технология изготовления – автоклавная. Толщина монослоя:  $h = 0,184$  мм.

Предполагается, что известны следующие физико-механические характеристики монослоя: модуль упругости в продольном направлении, модуль упругости в поперечном направлении, коэффициент Пуассона, характеризующий поперечное сжатие в продольном направлении, модуль упругости при сдвиге в плоскости листа, плотность. Приведенные механические характеристики соответствуют режиму испытаний RTD (Root Temperature Dry) – испытания композитов при комнатной температуре  $+23$  °С и влажности в состоянии поставки (состояние, в котором находятся образцы сразу после изготовления, содержание влаги в них не превышает 10 % от максимального влагонасыщения при относительной влажности 85 %). Все исходные данные получены от производителя и являются паспортными.

Задача решается с помощью метода конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе LS-DYNA (Lawrence Livermore National Laboratory). Для обеспечения равенства прогибов и углов поворота слоёв обшивки и стрингеров используется клеевой контакт «AUTOMATIC\_ONE\_WAY\_SURFACE\_TO\_SURFACE\_TIEBREAK», в местах расположения повреждений присутствует односторонний контакт, который учитывает взаимодействие между зонами расслоений: «AUTOMATIC\_SURFACE\_TO\_SURFACE». Формулировка конечных элементов: «Belytschko-Tsay». Для решения используется явная схема интегрирования полной системы уравнений.

В результате решения определяются: поле давления, действующее на внешнюю поверхность панели в случае взрывного воздействия, поля перемещений и действующих напряжений в слоях. На основе напряжённого состояния определяется распределение индекса разрушения  $f$  (разрушение монослоя наступает при  $f = 1$ ) по следующим критериям разрушения, позволяющим отдельно оценивать прочность матрицы и волокна: Hashin, Chang-Chang, Puck, LaRC03. На основе распределения индексов разрушения определяются коэффициенты запаса прочности в различные моменты времени.

Проводится сравнение напряжённого состояния и распределения индексов разрушения и коэффициентов запаса прочности для различных расположений повреждений (в зонах между стрингерами и под стрингером) и в случаях отсутствия повреждений между слоями. Проводится сравнительный анализ количественного и качественного распределения индексов разрушения по вышеуказанным критериям разрушения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-08-01153 А).

УДК 624.131.3

## ПОСТРОЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО АЛГОРИТМА РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ГРУНТОВЫХ СРЕД В НЕОРТОГОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

*В. Ф. МЕЙШ*

*Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев*

*Ю. А. МЕЙШ*

*Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина*

Рассматривается задача динамики грунтовых сред в неортогональной системе координат. Согласно [3], уравнения движения среды в произвольной системе координат в физических величинах имеют вид

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} \left( \rho \frac{v_1}{\sqrt{a_{11}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial r} \left( \sqrt{g} \frac{T_{11}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{11}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \sqrt{g} \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} \right) + \Gamma_{11}^1 \frac{T_{11}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{11}}} + \\
& \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \sqrt{g} \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} \right) + \Gamma_{11}^1 \frac{T_{11}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{11}}} + 2\Gamma_{12}^1 \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} + \Gamma_{22}^1 \frac{T_{22}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} = 0; \\
& \frac{\partial}{\partial t} \left( \rho \frac{v_2}{\sqrt{a_{22}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial r} \left( \sqrt{g} \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{11}}} \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \sqrt{g} \frac{T_{22}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} \right) + \Gamma_{11}^2 \frac{T_{11}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{11}}} + \\
& + 2\Gamma_{12}^2 \frac{T_{12}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} + \Gamma_{22}^2 \frac{T_{22}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} = 0; \\
& \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}}} \rho v_1 \right) + \frac{1}{\sqrt{g}} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{22}}} \rho v_2 \right) = 0; \\
& T_{11} = (\rho v_1^2 + P), \quad T_{22} = (\rho v_2^2 + P), \quad T_{12} = \rho v_1 v_2; \quad g = a_{11} a_{22} - a_{12}^2;
\end{aligned} \tag{1}$$

где  $r$ ;  $\varphi$  – пространственные координаты;  $t$  – временная координата;  $v_1(r, \varphi, t)$  – компонента вектора скорости  $\vec{v}$  в направлении координаты  $r$ ;  $v_2(r, \varphi, t)$  – компонента вектора скорости  $\vec{v}$  в направлении координаты  $\varphi$ ;  $\rho(r, \varphi, t)$  – плотность среды;  $P(r, \varphi, t)$  – давление в среде;  $a_{ij}$  – коэффициент первой квадратичной формы;  $\Gamma_{ij}^k$  ( $i, j, k = 1, 2$ ) – символы Кристоффеля II рода, отвечающие за геометрию области в неортогональной криволинейной системе координат [3].

Уравнения движения среды (1) дополняются уравнением состояния грунта. Грунт рассматривается согласно трехкомпонентной нелинейной модели грунтов (воздух, вода, твердая составляющая) [1, 2]. Уравнение состояния данной модели записываются в виде

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \left[ \frac{\gamma_i (P - P_0)}{\rho_{i0} c_{i0}^2} + 1 \right]^{-\chi_i}, \tag{2}$$

где  $\chi_i = 1/\gamma_i$ ,  $\gamma_i$  – показатель изэнтропии  $i$ -й компоненты [1, 2]. Для уравнения состояния трехкомпонентной среды (водонасыщенного грунта) (2) вводятся следующие обозначения:  $\alpha_i$  – содержание по объему компонент;  $\rho_{i0}$  – плотность;  $V_{i0}$  – их удельный объем;  $c_{i0}$  – скорость звука в компонентах при атмосферном давлении  $P_0$ ;  $i$  – номер компоненты (1 – воздух, 2 – жидкость, 3 – твердые частички). При давлении  $P = P_0$  плотность среды  $\rho_0$  и удельный объем  $V_0$  определяется по формулам

$$\rho_0 = \frac{1}{V_0} = \sum_{i=1}^3 \alpha_i \rho_{i0}, \quad \sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1.$$

Таким образом, в дальнейшем рассматривается плоская задача о распространении нестационарных волн в грунтовой среде в обобщенной полярной системе координат [4].

Предполагаемый алгоритм решения основывается на использовании разностных схем Мак-Кормака для численного решения динамических задач о поведении сжимаемой жидкости [5].

Рассмотрим построение численного алгоритма на примере первого уравнения системы (1). Согласно схеме Мак-Кормака разностные соотношения на шаге предиктор имеют вид:

$$\begin{aligned}
(\tilde{\rho} \tilde{v}_1)_{k,l} &= (\tilde{\rho} \tilde{v}_1)_{k,l}^n - \tau \left\{ \frac{1}{(\sqrt{g})_{k,l}} \frac{1}{\Delta r} \left[ \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}}} T_{11} \right)_{k,l}^n - \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}}} T_{11} \right)_{k-1,l}^n \right] + \right. \\
& \left. + \left( \frac{\sqrt{a_{11}}}{\sqrt{g}} \right)_{k,l} \frac{1}{\Delta \varphi} \left[ \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} T_{12} \right)_{k,l}^n - \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} T_{12} \right)_{k,l-1}^n \right] + \right.
\end{aligned}$$

$$\left. + \left( \Gamma_{11}^1 \frac{\tilde{T}_{11}}{\sqrt{a_{11}}} \right)_{k,l}^n + 2 \left( \Gamma_{12}^1 \frac{\tilde{T}_{12}}{\sqrt{a_{22}}} \right)_{k,l}^n + \left( \Gamma_{22}^1 \frac{\sqrt{a_{11}}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} \tilde{T}_{22} \right)_{k,l}^n \right\}.$$

На шаге корректор разностные уравнения имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} (\rho v_1)_{k,l}^{n+1} = & 0,5 \left\{ (\rho v_1)_{k,l}^n + (\tilde{\rho} \tilde{v}_1)_{k,l}^n - \tau \left\{ \frac{1}{(\sqrt{g})_{k,l}} \frac{1}{\Delta r} \left[ \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}}} \tilde{T}_{11} \right)_{k+1,l}^n - \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}}} \tilde{T}_{11} \right)_{k,l}^n \right] + \right. \right. \\ & + \left. \left( \frac{\sqrt{a_{11}}}{\sqrt{g}} \right)_{k,l} \frac{1}{\Delta \varphi} \left[ \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} \tilde{T}_{12} \right)_{k,l+1}^n - \left( \frac{\sqrt{g}}{\sqrt{a_{11}} \sqrt{a_{22}}} \tilde{T}_{12} \right)_{k,l}^n \right] + \right. \\ & \left. \left. + \left( \Gamma_{11}^1 \frac{\tilde{T}_{11}}{\sqrt{a_{11}}} \right)_{k,l}^n + 2 \left( \Gamma_{12}^1 \frac{\tilde{T}_{12}}{\sqrt{a_{22}}} \right)_{k,l}^n + \left( \Gamma_{22}^1 \frac{\sqrt{a_{11}}}{\sqrt{a_{22}} \sqrt{a_{22}}} \tilde{T}_{22} \right)_{k,l}^n \right\} \right\}. \end{aligned}$$

Аналогичным образом аппроксимируются второе и третье уравнения системы (1).

#### Список литературы

- 1 Ляхов, Г. М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах / Г. М. Ляхов. – М. : Наука, 1982. – 286 с.
- 2 Механический эффект взрыва в грунтах / И. А. Лучко [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1989. – 232 с.
- 3 Кильчевский, Н. А. Основы тензорного исчисления с приложениями к механике / Н. А. Кильчевский. – Киев : Наукова Думка, 1972. – 198 с.
- 4 Гуляев, В. І. Елементи теорії поверхонь / В. І. Гуляев, І. В. Горбунович, Л. В. Гловач. – Київ : Нац. транспортний ун-т, 2011. – 239 с.
- 5 Флетчер, К. Вычислительные методы в динамике жидкостей / К. Флетчер. Т. 2. – М. : Мир, 1991. – 526 с.

УДК 539.37

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК С ДИСКРЕТНЫМ РЕБРИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ ПРИ ПРОДОЛЬНОМ УДАРЕ

*В. Ф. МЕЙШ, С. П. ОРЛЕНКО*

*Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев*

*Ю. А. МЕЙШ*

*Национальный транспортный университет, г. Киев, Украина*

Рассматривается трехслойная цилиндрическая оболочка с внутренним дискретным ребристым наполнителем. Полагается, что внутренний и внешний слои представляют собою коаксиальные цилиндрические оболочки с соответствующими толщинами и радиусами срединных поверхностей. Наполнитель представляет собой систему ребер, жестко соединенных с внутренней и внешней оболочками (обшивками). Математически моделью процесса динамического деформирования данной структуры является система гиперболических нелинейных дифференциальных уравнений теории оболочек и стержней типа Тимошенко. Деформированное состояние внутренней и внешней цилиндрических оболочек определяется соответствующими составляющими обобщенных векторов перемещений  $\bar{U}_1 = (u_1^1, u_3^1, \varphi_1^1)^T$  и  $\bar{U}_2 = (u_1^2, u_3^2, \varphi_1^2)^T$ . При рассмотрении наполнителя полагается, что деформированное состояние  $j$ -го ребра определяется обобщенным вектором перемещений центра тяжести его поперечного сечения  $\bar{U}_j = (u_{1j}, u_{3j}, \varphi_{1j})^T$ . Условия контакта, связывающие центры тяжести поперечного сечения соответствующего  $j$ -го подкрепляющего ребра со срединными поверхностями внешней и внутренней оболочек, имеют вид

$$u_{1j} = u_1^i(x_j) \pm h_j^i \varphi_1^i(x_j); \quad u_{3j} = u_3^i(x_j), \quad \varphi_{1j} = \varphi_1^i(x_j), \quad i = 1, 2; \quad j = \overline{1, J}. \quad (1)$$



где  $x_j$  – координата линии сопряжения центра тяжести поперечного сечения с соответствующей срединной поверхностью;  $h_j^i = 0,5h_i + H_j$ ,  $h_i$  ( $i = 1, 2$ ) – толщины внутренней и внешней оболочек,  $H_j$  – расстояние от оси  $j$ -го ребра до поверхности оболочек.

Для вывода уравнений движения трехслойной цилиндрической структуры с дискретным наполнителем используется вариационный принцип стационарности Гамильтона – Остроградского.

После стандартных преобразований в вариационном уравнении получим уравнения колебаний трехслойной структуры в дифференциальной форме:

– для цилиндрических оболочек в гладкой области

$$\frac{\partial T_{11}^i}{\partial x} + P_1^i = \rho_i h_i \frac{\partial^2 u_1^i}{\partial t^2}, \quad \frac{\partial \bar{T}_{13}^i}{\partial x} - \frac{T_{22}^i}{R_i} + P_3^i = \rho_i h_i \frac{\partial^2 u_3^i}{\partial t^2}; \quad (2)$$

$$\frac{\partial M_{11}^i}{\partial x} - T_{13}^i + m_1^i = \rho_i \frac{h_i^3}{12} \frac{\partial^2 \phi_1^i}{\partial t^2};$$

$$\bar{T}_{13}^i = T_{13}^i + T_{11}^i \theta_1^i, \quad i = 1, 2;$$

– для  $j$ -го дискретного ребра на линии  $x = x_j$

$$\sum_{i=1}^2 T_{11}^{i\pm} = \rho_j F_j \frac{\partial^2 u_{1j}}{\partial t^2}; \quad \sum_{i=1}^2 \bar{T}_{13}^{i\pm} - \frac{T_{22j}}{R_j} = \rho_j F_j \frac{\partial^2 u_{3j}}{\partial t^2}; \quad \sum_{i=1}^2 M_{11}^{i\pm} = \rho_i I_{kpi} \frac{\partial^2 \phi_{1j}}{\partial t^2}, \quad (3)$$

где  $T_{11}^{i\pm}$ ,  $\bar{T}_{13}^{i\pm}$ ,  $M_{11}^{i\pm}$  – усилия-моменты в срединной поверхности соответствующей оболочки, действующие на  $j$ -й подкрепляющий элемент на линии разрыва  $x = x_j$ . В уравнениях (2), (3) величины  $\rho_i$ ,  $\rho_j$  соответствуют плотностям обшивок и ребер;  $h_i$  – толщины обшивок;  $F_j$  – площадь поперечного сечения  $j$ -го ребра;  $R_j$  – радиус  $j$ -го ребра относительно центра тяжести поперечного сечения.

Уравнения движения дополняются соответствующими начальными и граничными условиями. Для случая продольного удара граничные условия при  $x = 0$  имеют вид

$$T_{11}^1 = -F(t); \quad T_{13}^1 = 0; \quad M_{11}^1 = 0; \quad T_{11}^2 = 0; \quad \bar{T}_{13}^2 = 0; \quad M_{11}^2 = 0,$$

где  $F(t)$  – прилагаемая нагрузка.

Правый край оболочки при  $x = L$  полагается жестко заземленным:

$$u_1^1 = u_3^1 = \phi_1^1 = 0; \quad u_1^2 = u_3^2 = \phi_1^2 = 0.$$

Численные алгоритмы решения начально-краевых задач основываются на применении конечно-разностной аппроксимации исходных вариационных функционалов и явной разностной схеме интегрирования по времени. Основной сложностью решения краевых задач теории неоднородных оболочек с учетом дискретности заполнителя является наличие разрывных коэффициентов в уравнениях движения. В рассматриваемых задачах линиями разрывов являются линии проектирования центра массы поперечного сечения  $j$ -го ребра наполнителя на соответствующие срединные поверхности оболочек. Согласно подходу [1, 2], находится решение в гладкой части области соответствующих оболочек и “склеиваются” на линиях разрывов. Построение численного алгоритма решения уравнений (2), (3) проводится по аналогии с изложенными работами [1].

Как численный пример, рассматривалась задача динамического поведения трехслойной цилиндрической оболочки с наполнителем, представляющим собою набор дискретных кольцевых ребер при продольном осесимметричном импульсном нагружении. Нагрузка  $F(t)$  задавалась в виде

$$F(t) = \sin \frac{\pi t}{T} [\eta(t) - \eta(t - T)],$$

где  $T$  – длительность нагрузки.

Полученные численные результаты позволяют характеризовать напряженно – деформированное состояние трехслойной упругой структуры цилиндрического типа в произвольный момент времени на исследованном временном интервале согласно вышеуказанной постановке. Расчеты проводились на временном интервале  $0 \leq t \leq 40T$ .

#### Список литературы

- 1 Головки, К. Г. Динамика неоднородных оболочек при нестационарных нагрузках : [монография] / К. Г. Головки, П. З. Луговой, В. Ф. Мейш; под ред. акад. НАН Украины А. Н. Гузя. – К. : Изд.-полигр. центр «Киевский ун-т», 2012. – 541 с.
- 2 Луговой, П. З. Численное моделирование динамического поведения подкрепленных оболочек вращения при нестационарном воздействии / П. З. Луговой, В. Ф. Мейш // Прикладная механика. – 1992. – Т. 28. – № 11. – С. 38–44.
- 3 Мейш, В. Ф. О численном решении двумерных динамических задач геометрически нелинейной теории дискретно подкрепленных цилиндрических оболочек типа Тимошенко / В. Ф. Мейш // Прикладная механика. – 1997. – Т. 33. – № 2. – С. 61–67.

УДК 62-229.85

## СЪЁМНИК ДЛЯ СРЕДНЕГАБАРИТНЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

*Р. В. МИСКЕВИЧ, В. Г. СОРОКИН, А. В. СЕВАШКО, Т. Н. ПЬДЖИК*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Республика Беларусь*

**Введение.** В ходе выполнения работ по текущему или оперативному ремонту механизмов, по техническому обслуживанию или замене некоторых узлов и деталей невозможно обойтись без использования специальных приспособлений – съёмников. Так называют группу инструментов, с помощью которых удается оперативно, без деструктивных последствий и не прилагая чрезмерных усилий произвести демонтаж таких элементов, как зубчатые колеса (шестерни), шкивы, подшипники, муфты, втулки.

Учитывая, что эти составные части механизмов предназначены для передачи крутящего момента, достигающего порой значительных величин, к точности и плотности их установки на посадочное место предъявляются высокие требования. Поэтому как монтаж, так и демонтаж шестерен и подшипников требует применения высокого и правильно скоординированного усилия, чего нельзя добиться без специальных съёмных приспособлений [1; 2].

Кроме того, правильный подбор и корректная эксплуатация съёмников значительно повышает безопасность проведения слесарных работ и позволяет снизить уровень травматизма.

Цель работы определена – разработка конструкции съёмного приспособления для среднегабаритных деталей.

**Разработка конструкции съёмника.** Общий вид стандартного винтового съёмника показан на рисунке 1.

При использовании достаточно больших съёмных приспособлений возникает неудобства самостоятельно, без помощника или иного приспособления, закрепить и отпозиционировать сам съёмник [3–5].

Для устранения этого недостатка предлагается усовершенствовать конструкцию съёмника. Модернизация заключается в разработке механизма, сжимающего с помощью пружин захваты съёмника и позволяющий развести захваты на необходимое расстояние нажатием одной руки. Конструктивно захваты съёмника выполнены таким образом, что они имеют подвижное соединение с разводяще-нажимной пластиной. Вариант модернизации съёмника показан на рисунке 2.

Благодаря пружинным захватам и жёсткости конструкции предлагаемый модернизированный съёмник является более удобным и безопасным для пользователя инструментом. Специально разработанные подпружиненные захваты позволяют оператору размещать съёмник на детали одним движением и надёжно фиксировать на детали.

**Исследования, проведенные в работе.** В работе проведены модельные исследования распределения нагрузки при использовании разработанного съёмного приспособления с использованием Cals-технологий.

Проведены прочностные расчеты винта съёмника и захвата как наиболее нагруженных элементов. Спроектированы гайка, корпус, нижний упор, а также захват съёмника.

Разработаны 3D-модели; проведен анализ напряженно-деформированного состояния захвата, с учетом которого произведены дополнительные преобразования конструкции. На рисунке 3 представлено распределение напряженно-деформированного состояния захвата.

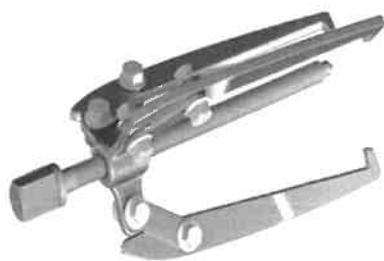


Рисунок 1 – Винтовой съёмник подшипников [2]

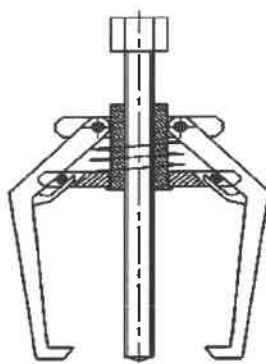


Рисунок 2 – Вид предлагаемой конструкции съёмного приспособления

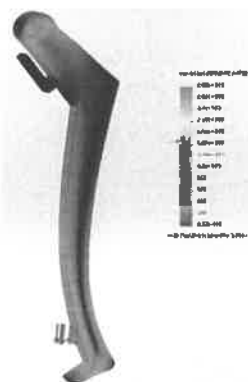


Рисунок 3 – Напряжённо-деформированное состояние модели

Анализ напряженно-деформированного состояния заключался в определении областей на модели, в которых возникшие напряжения выше предела прочности материала, в нашем случае материал сталь 40ХН2МА термообработанная, предел прочности при растяжении  $1750 \text{ Н/мм}^2$ .

**Заключение.** В работе рассмотрены конструкции съёмных приспособлений, применяемых в машиностроении. Определены проблемы, возникающие при использовании съёмных приспособлений при выполнении ремонта машиностроительной техники. Разработана конструкция съёмного приспособления для среднегабаритных машиностроительных деталей. Проведены модельные исследования распределения нагрузки при использовании разработанного съёмного приспособления с использованием Cals-технологий. Разработана технология сборки приспособления, а также показана экономическая целесообразность его применения. Разработанное съёмное приспособление для среднегабаритных машиностроительных деталей рекомендуется для ремонтных предприятий или их ремонтных подразделений в машиностроительной отрасли.

#### Список литературы

- 1 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. В 3 т. Т. 1. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 728 с.
- 2 Черпаков, Б. И. Технологическая оснастка: учеб. / Б. И. Черпаков. – М.: Академия, 2003. – 288 с.
- 3 Яковлев, Ю. В. Расчет и проектирование устройств с винтовой передачей: учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию / Ю. В. Яковлев. – Харьков: ХАИ, 1978. – 86 с.
- 4 Механический съёмник: пат. 2271922 Российская Федерация, МПК В25В 27/02, В23Р 19/02 / Ю. В. Ларионов, Б. Н. Мясников, Н. И. Тимошкин (RU); патентообладатель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия (RU); № 2002112505/11 опубл. 13.05.2002 // Официальный бюл. / Фед. служба по интеллектуальной собственности. – 2002. – № 8. – С. 3.
- 5 Устройство для демонтажа подшипника: пат. 2095231 Российская Федерация, МПК В23Р19/02 / В. В. Чурзин, М. Н. Белильцев, (RU); патентообладатель В. В. Чурзин, М. Н. Белильцев, (RU); № 5039563/28 опубл. 22.04.1997 // Официальный бюл. / Фед. служба по интеллектуальной собственности. – 1997. – № 8. – С. 6.

УДК 539.62

## РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНДЕНТОРА СО СЛОЕМ ИЗ КОМПОЗИТА

*В. В. МОЖАРОВСКИЙ, Д. С. КУЗЬМЕНКОВ, М. В. МОСКАЛЕВА*  
*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь*

Обзор современных исследований в области контактного взаимодействия в узлах трения из волокнистых композиционных материалов показывает необходимость создания новых математических моделей, учитывающих расположение волокон в контактирующих телах и их влияния на коэффициент трения, дальнейшей разработки асимптотических методов расчета. Решение плоских контактных задач для анизотропных покрытий представлено, например, в [1–3]. Существенно продвинул исследования в области асимптотических методов расчета слоистых систем применительно к контактным взаимодействиям [1–3], но в то же время, процесс реализации на ЭВМ в инженерных

расчетах с заданной точностью является актуальной задачей. В данной работе рассмотрена задача исследования определения параметров контакта для покрытия из композита при вдавливании упругого шара и цилиндрического инденторов. На основании аналитических зависимостей в ранее представленных статьях разработан алгоритм и создана программа, реализующая определение параметров контакта для покрытия из композита. Обработаны все возможные случаи ввода некорректных данных. После команды «Вычислить» программа по заранее определенному алгоритму находит для исходной задачи ширину зоны контакта, глубину вдавливания, приближение для  $P$ , давление  $P(r)$  и выводит результаты в виде таблицы, по нажатию на кнопку «график» будет построен график зависимости  $P(r)$  от  $r$ .

Были проведены экспериментальные исследования контактного взаимодействия жестких цилиндрических тел и шара с армированным слоем резины. Определены роль и направления волокон армировки на параметры контакта. Рассмотрена задача об определении параметров контакта для покрытия из композита (в виде танверсально-изотропного материала) при вдавливании упругого шара. Решение задачи сводится к решению интегрального уравнения по указанной методике [2, 3], используя асимптотический подход.

Алгоритм решения задачи. Программная реализация. Был разработан алгоритм и создана программа, реализующая определение параметров контакта для покрытия из композита при вдавливании упругого шара (рисунок 1). Программа по заранее определенному алгоритму определяет, для исходной задачи, ширину зоны контакта, глубину вдавливания, давление  $P(r)$  и выводит результаты в виде таблицы, по нажатию на кнопку «график» будет построен график зависимости  $P(r)$  от  $r$  (рисунок 2).



Рисунок 1 – Главное окно программы

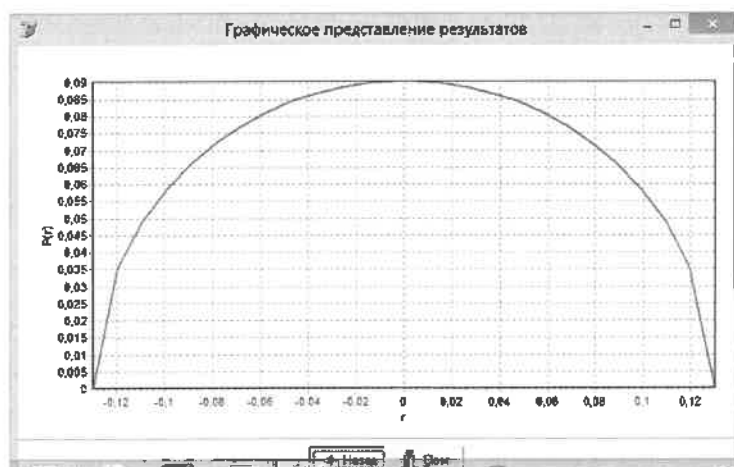


Рисунок 2 – График зависимости  $P(r)$  от  $r$

По полученным формулам находим все необходимые данные для определения коэффициентов для асимптотических зависимостей (для чего придется численно вычислять интегралы. В программе обработаны все возможные случаи ввода некорректных данных (не ввели что-либо, ввод букв, и т. д.).

**О реализации методики расчета зубьев зубчатых колес из композиционных материалов.** Расчет на прочность зубьев при статическом изгибе с учетом деформативности зубьев для пластмассовых колес, приведен в многочисленных работах. Одним из существенных факторов, которые необходимо учитывать при расчете и проектировании зубчатых передач из армированных волокнами пластмасс, является контактное перемещение зубьев зубчатых колес. Необходимо знать эффективность армирования волокнами, рассчитывать распределения нагрузки между зацепляющимися зубьями, определение фактического коэффициента перекрытия и т. д., определять контактные напряжения и местные перемещения в зубчатом зацеплении. Контакт моделируется в виде локального сжатия двух тел, радиусы которых  $R_1$  и  $R_2$  равны радиусам кривизны профилей зубьев колеса и шестерни в точке контакта. Используя вышеприведенную теорию, а также численно-аналитические методики, определяем контактную жесткость, при этом учитываем деформативность контактирующего зуба, используя ранее разработанные методики.

#### Список литературы

- 1 Можаровский, В. В. О контактном взаимодействии жесткого индентора с армированным резиновым слоем с учетом явлений вязкоупругости / В. В. Можаровский // Полимерные материалы и технологии. – 2017. – Т. 3, № 2. – С. 70–79.
- 2 Можаровский, В. В. Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск : Наука, 1988. – 280 с.
- 3 Argatov, I. I. Asymptotic analysis of the substrate effect for an arbitrary indenter / I. I. Argatov, F. J. Sabina // Quart. J. Mech. Appl. Math. – 2013. – No. 66. – P. 75–95.

УДК 539.382

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ И ШЕРОХОВАТОСТИ ИХ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ ФОТОГРАФИЙ

*А. А. МОРГУНОВА, Л. Н. РАБИНСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В настоящей работе проведены комплексные исследования процессов деформации и разрушения алюминиевых образцов при статическом растяжении. Этапы экспериментально-алгоритмического исследования включали: подготовку установки и образцов, испытания последних на растяжение и получение соответствующих инструментальных данных, а также изучение оптико-механических параметров на основе анализа цифровых фотографий образцов до и после нагружения.

При этом используется метод оценки механизма разрушения материала по данным анализа фотоизображения по параметру интенсивности изображения с привлечением многофакторного анализа связи между интенсивностью изображения, шероховатостью поверхности, выявлением геометрии площади деформации при различных условиях эксплуатации.

В работе исследованы деформационные процессы в алюминиевых образцах при одноосном статическом растяжении методом корреляции цифровых изображений до и после разрушения. Установлена статистически значимая взаимосвязь интенсивности изображения поверхности исследуемого образца с параметрами ее шероховатости. Метод корреляции позволяет визуализировать только деформации поверхности образца, поэтому требует использования большего разрешения цифровых фотоснимков. Дальнейшие исследования видятся в установлении взаимосвязи оценки интенсивности деформаций образца, полученной с помощью площадной корреляции изображений, и его микротвердостью при испытаниях на растяжение.

Работа выполнена в Московском авиационном институте в рамках выполнения гранта РФФИ (проект №20-01-00517).

#### Список литературы

- 1 Астапов, А. Н. Методы анализа структуры материала с применением цифровой обработки изображения / А. Н. Астапов, В. В. Бодрышев, А. А. Моргунова // Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы : тезисы докладов V Международного научного семинара. – М. : МАИ, 2016. – С. 18–21.
- 2 Бодрышев, В. В. Метод цифровой обработки изображений для идентификации размеров и концентраций фаз композиционных материалов / В. В. Бодрышев, А. А. Моргунова // Гагаринские чтения – 2017 : тезисы докладов XLIII Международной молодежной научной конференции. – М. : МАИ, 2017. – С. 348.
- 3 Бодрышев, В. В. Оценивание геометрических характеристик наноразмерных частиц оксидов металлов методом цифрового анализа изображений : тезисы докладов 16-й Международной конференции / В. В. Бодрышев, А. А. Моргунова // Авиация и космонавтика. – 2017. – М. : МАИ. – 2017. – С. 467–468.

УДК 539.376

### ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ТЕРМОСИЛОВОМ ОСЕСИММЕТРИЧНОМ НАГРУЖЕНИИ КРУГОВОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ В СВОЕЙ ПЛОСКОСТИ

*А. В. НЕСТЕРОВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Рассматривается осесимметричное деформирование трехслойной круговой пластины в своей плоскости, для которой принимаются кинематические гипотезы ломаной линии. Постановка задачи и ее решение проводятся в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ , связанной со срединной

плоскостью заполнителя. К срединной плоскости заполнителя приложена непрерывно распределенная нагрузка, проекции которой на оси координат:  $p_r(r, \varphi)$ ,  $p_\varphi(r, \varphi)$ .

Уравнения равновесия в перемещениях упругой трехслойной пластины при деформировании в своей плоскости получены из принципа возможных перемещений Лагранжа:

$$a_1 \left( u_{r,rr} + \frac{u_{r,r}}{r} - \frac{u_r}{r^2} \right) = -p_r, \quad a_2 \left( u_{\varphi,r} + \frac{u_{\varphi,r}}{r} - \frac{u_\varphi}{r^2} \right) = -p_\varphi. \quad (1)$$

где  $a_i$  – коэффициенты, зависящие от температуры и определяемые через геометрические и упругие характеристики материалов слоев:

$$a_1 = \sum_{k=1}^3 \int_{h_k} \left( K_k(T_k) + \frac{4}{3} G_k(T_k) \right) dz, \quad a_2 = \sum_{k=1}^3 \int_{h_k} G_k(T_k) dz,$$

где  $G_k(T_k)$ ,  $K_k(T_k)$  – температурнозависимые модули сдвига и объемной деформации материалов слоев;  $k$  – номер слоя ( $k=1, 2, 3$ ), запятая в нижнем индексе обозначает операцию дифференцирования.

Решение системы уравнений (1) будет следующим:

$$u_r = C_1 r + \frac{C_2}{r} - \frac{1}{a_1 r} \int_0^r \int_0^r p_r dr dr, \quad u_\varphi = C_3 r + \frac{C_4}{r} - \frac{1}{a_2 r} \int_0^r \int_0^r p_\varphi dr dr, \quad (2)$$

где  $C_1, \dots, C_4$  – константы интегрирования, определяемые из граничных условий.

В центре пластины перемещения должны быть конечными, в связи с этим  $C_2 = 0$ ,  $C_4 = 0$ . При жесткой заделке контура пластины и при шарнирном опирании перемещения при  $r = r_0$  равны нулю, поэтому

$$C_1 = -\frac{1}{a_1 r_0^2} \int_0^{r_0} \int_0^{r_0} p_r dr dr, \quad C_3 = -\frac{1}{a_2 r_0^2} \int_0^{r_0} \int_0^{r_0} p_\varphi dr dr.$$

При постоянных нагрузках  $p_r, p_\varphi$  константы  $C_1, C_3$  будут

$$C_1 = \frac{p_r r_0}{3a_1}, \quad C_3 = \frac{p_\varphi r_0}{3a_2}.$$

В результате, перемещения (2) приводятся к виду

$$u_r = \frac{p_r r}{3a_1} (r_0 - r), \quad u_\varphi = \frac{p_\varphi r}{3a_2} (r_0 - r). \quad (3)$$

При равномерном растяжении – сжатии деформации будут одинаковы во всех слоях и определяться по формулам

$$\varepsilon_{rr} = u_{r,r} = \frac{p_r}{3a_1} (r_0 - 2r), \quad \varepsilon_{\varphi\varphi} = \frac{u_\varphi}{r} = \frac{p_\varphi}{3a_1} (r_0 - r), \quad \varepsilon_{r\varphi} = \frac{1}{2} \left( u_{\varphi,r} - \frac{u_\varphi}{r} \right) = -\frac{p_\varphi r}{6a_{13}}. \quad (4)$$

Численные результаты получены при нагрузках  $p_r = 10^5$  Па,  $p_\varphi = 10^5$  Па, распределенных по всей поверхности пластины. Материалы слоев Д16-Т – фторопласт-4–Д16-Т, относительные толщины  $h_1 = 0.02$ ,  $h_2 = 0.04$ ,  $h_3 = 0.4$ , радиус пластины  $r_0 = 1$  м. При численной реализации решения (4) для описания зависимости параметров упругости материалов слоев от температуры использовалась формула Белла. Температуры слоев принимались однородными.

На рисунке 1 показано изменение вдоль радиуса пластины ( $a$ ) – радиальных деформаций  $\varepsilon_{rr}$ , ( $\varphi$ ) – тангенциальных деформаций  $\varepsilon_{\varphi\varphi}$  и ( $\sigma$ ) – сдвиговых деформаций  $\varepsilon_{r\varphi}$  при различных температурах: 1 –  $T_1 = 293$  К, 2 –  $T_2 = 343$  К, 3 –  $T_3 = 393$  К.

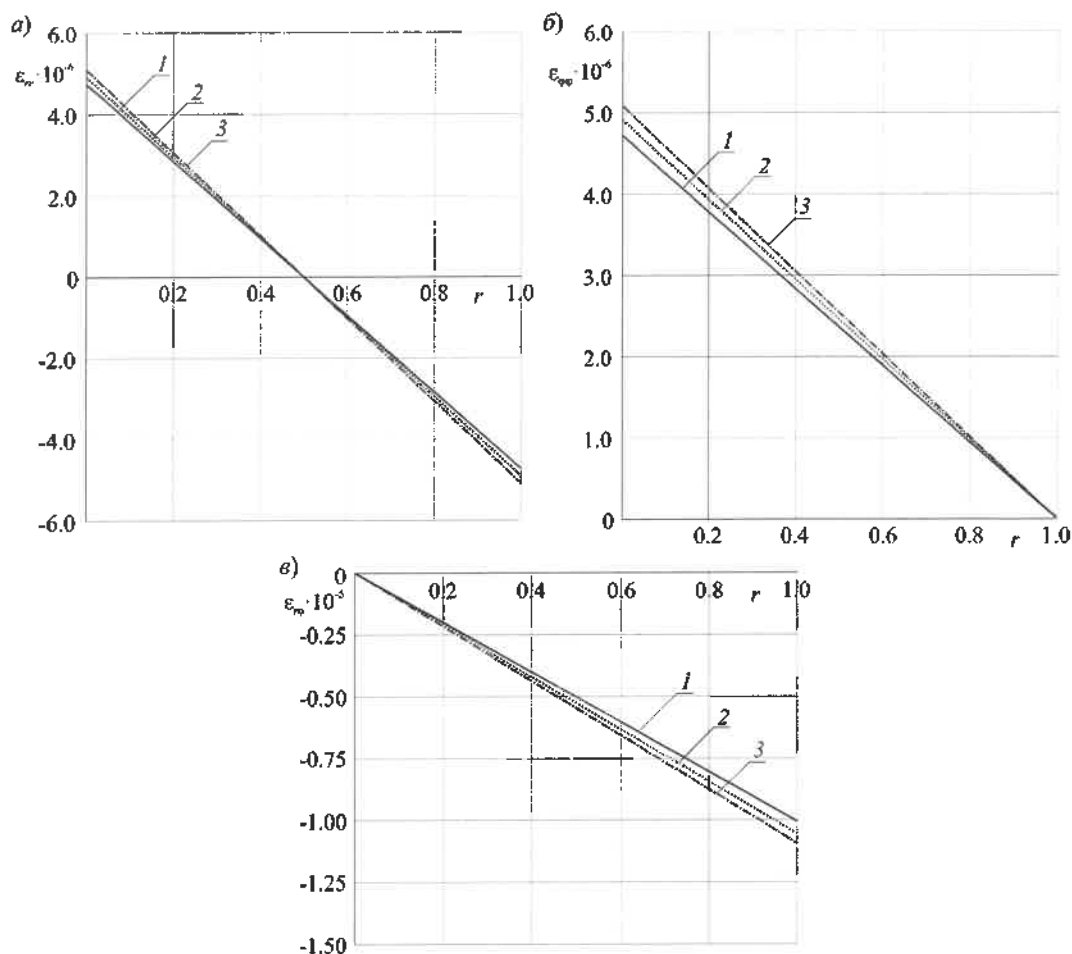


Рисунок 1 – Изменение деформаций вдоль радиуса пластины

Радиальные деформации на контуре достигают максимума по модулю, тангенциальные – максимума при  $r=0$  и равны нулю при  $r=1$ ; для сдвиговых деформаций обратная зависимость, где максимум по модулю достигнут при  $r=1$ . Отметим, что с ростом температуры значения деформаций по модулю растут во всех случаях. При нагреве на 50 К радиальные и тангенциальные деформации увеличиваются на 3,7%; при нагреве на 100 К – 7,3%. В сдвиговых деформациях при нагреве на 50 К увеличиваются на 4,6%; при нагреве на 100 К – 8,7%.

**Выводы.** Предложенная модель позволяет исследовать напряженно-деформированное состояние упругих трехслойных пластин при осесимметричном деформировании в своей плоскости.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского Республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Т19РМ-089).*

УДК 625.1.001.891.573

## ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМЫ ПЕТЛИ ДЛЯ РАЗВОРОТА ВАГОНОВ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ЦЕНТРА ОКРУЖНОСТИ

С. П. НОВИКОВ, М. А. РУДЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При обслуживании вагонов рабочего парка и использовании новых вагонов часто требуется произвести разворот подвижного состава. Одним из основных устройств для выполнения данной технологической операции является петлевой разворот. Методика расчета длины петли приведена в [1]. В [2] рассмотрен способ оптимизации длины подобных устройств. При традиционном подходе к сокращению длины петлевого разворота центр большой окружности петли обычно располагается





#### Список литературы

- 1 Головнич, А. К. Расчет основных параметров устройств на станции : учеб.-метод. пособие / А. К. Головнич, С. П. Новиков. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 70 с.
- 2 Новиков, С. П. Оптимизация формы петли для разворота вагонов / С. П. Новиков, А. К. Головнич, П. И. Капитанов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч. конф., посвящ. году науки. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 204–205.
- 3 Капитанов, П. И. Пример расчета длины петли для разворота вагонов / П. И. Капитанов // Сб. студенческих науч. работ. Вып. 23 / под ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 19–22.

УДК 539.319

### ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛ, СОЗДАНЫХ МЕТОДАМИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*А. А. ОРЕХОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Одной из важнейших проблем, связанных с исследованием напряженно-деформированного состояния тел, созданных методами аддитивных технологий, является многомасштабность разрабатываемых моделей (макро-, мезо- и микромоделей). Численная реализация таких моделей связана с необходимостью решения задач больших размерностей. Для решения этой проблемы предлагается методика замены процесса численного моделирования нанесения слоя аналитическим решением в виде функции влияния и использования эйлерова формализма для моделирования роста тела. Такой подход позволяет для конечно-элементного моделирования избежать сильного измельчения сеток в зоне роста, а использование эйлеровых сеток – снизить рост размерности задачи с течением времени. Данный подход сравнивался с полным процессом моделирования роста тел и показал хорошую сходимость.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-31-90142.

УДК 621.45.018

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕР-КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ КАМЕРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*В. А. ПОГОДИН, Л. Н. РАБИНСКИЙ, С. А. СИТНИКОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В рамках экспериментальной работы по изучению возможности использования композиционного материала системы кремнийорганический эластомер – керамика проведены испытания ГРК ламельной и наполненной конструкций [1]. Ламельные конструкции ГРК являются наиболее близким аналогом уже существующих керамических ГРК, в которых кремнийорганические соединения выступают не только в качестве клеевой композиции, соединяющей керамические ламели, обеспечивая, таким образом, геометрию конструкции, но и в роли слоя – демпфера температурных и механических (возникающих при вибрации) напряжений одновременно

В одном из наиболее перспективных ЭРД – высокочастотном ионном двигателе (ВЧИД) образование плазмы рабочего газа происходит под воздействием высокочастотного электромагнитного поля внутри тонкостенной чаши керамической газоразрядной камеры (ГРК). Увеличение мощности и КПД ВЧИД приводит к увеличению диаметра ГРК до значения 500 мм, при сохранении толщины стенки 4–5 мм. Увеличение диаметра ГРК ВЧИД и высокие требования к диэлектрическим свойствам материалов для изготовления приводит к непреодолимым технологическим сложностям при производстве. Экспериментальные образцы ГРК из алюмооксидной керамики и композита на основе нитрида кремния для ВЧИД с диаметром камеры порядка 160 мм [2] обладают оптимальными эксплуатационными свойствами: высокой проницаемостью к электромагнитному полю в мегагерцовом диапазоне частот, удвоительной механической прочностью к вибрации и высокой эрозионной стойкостью к ионно-плазменному воздействию низкотемпературной плазмы разряда. Увеличение диаметра ГРК выше

160 мм затруднительно в рамках технологии изготовления керамических изделий. Наряду с трудностями изготовления непреодолимой проблемой ГРК из оксидной керамики является низкая стойкость к вибрационным нагрузкам тонкостенных керамических изделий, которые возникают при выводе КА на околоземную орбиту. Особенностью таких композиционных материалов являются их высокие диэлектрические свойства и феноменальная стойкость к вибрации. К существенным недостаткам следует отнести узкий (по сравнению с керамикой) интервал рабочих температур (до +300 °С).

Наполненные конструкции ГРК представляют собой композиционный материал, в качестве матрицы которого возможно применение силиконовых эластомеров, а в качестве дисперсионного наполнителя – ультрадисперсные порошки, такие как порошки оксидов алюминия, бериллия, кремния или нитридов бора, кремния и т.д.

Работа выполнена в Московском авиационном институте при финансовой поддержке РФФИ (проект №18-29-18083/18).

#### Список литературы

- 1 Rabinsky, L. N. Development of technologies for obtaining composite material based on silicone binder for its further use in space electric rocket engines / L. N. Rabinsky, S. A. Sitnikov // *Periodico Tchê Quimica*. – 2018. – Vol. 15 (Special Issue 1). – P. 390–395.
- 2 Ситников, С. А. Разработка стойких к ионной эрозии материалов на основе нитрида кремния для разрядных камер электроракетных двигателей / С. А. Ситников : дис. ... канд. техн. наук: 05.07.05. – М. : Московский авиационный институт (НИУ), 2017. – 103 с.

УДК 629.7.036.7

### РАЗРАБОТКА АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНОЙ КАМЕРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ИЗ ПОЛИМЕР-КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

*В. А. ПОГОДИН, Л. Н. РАБИНСКИЙ, С. А. СИТНИКОВ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Электрические ракетные двигатели (ЭРД) используются в космической технике для стабилизации и коррекции орбит геостационарных спутников [1–3]. Существует большой задел по применению ЭРД в качестве маршевых двигателей для межпланетных автоматических и пилотируемых аппаратов. Работа ЭРД основана на образовании плазмы рабочего газа и последующим ускорении её компонентов с помощью электрического поля. Высокий необходимый ресурс (более 10000 часов) в сочетании с большим количеством циклов включения – выключение генерирует множество конструкторских и технологических проблем при разработке и производстве этого устройства. Например, в таком ЭРД, как высокочастотный ионный двигатель (ВЧИД) образование плазмы рабочего газа происходит под воздействием высокочастотного электромагнитного поля внутри тонкостенной чаши керамической газоразрядной камеры (ГРК) [4, 5]. Увеличение КПД, а также мощности ВЧИД приводит к увеличению диаметра ГРК до значения 500 мм, при сохранении толщины стенки 4–5 мм. Рост диаметра ГРК ВЧИД и высокие требования к диэлектрическим свойствам материалов для изготовления ГРК приводит к ряду непреодолимых технологических сложностей при их производстве. На сегодняшний день изготавливаются экспериментальные образцы ГРК из алюмооксидной и композитной керамики на основе нитрида кремния для ВЧИД с диаметром камеры порядка 160 мм [6–11]. Эти ГРК обладают высокими эксплуатационными характеристиками: проницаемостью в электромагнитном поле (мегагерцовом диапазоне частот), механической прочностью к вибрации, эрозионной стойкостью к ионно-плазменному воздействию низкотемпературной плазмы разряда. Дальнейшее увеличение диаметра ГРК выше 160 мм затруднительно в рамках современных технологий изготовления керамических изделий. Наряду с трудностями изготовления непреодолимой проблемой ГРК из керамики является низкая стойкость этого материала к вибрационным нагрузкам. Тонкостенные керамические изделия, которыми являются ГРК, подвергаются достаточно высоким значениям знакопеременных механических нагрузок при выводе космического аппарата на околоземную орбиту. Решением этой проблемы может стать переход на композиционные материалы, более устойчивые к вибрации. В качестве материала матрицы для такого композиционного материала авторами предложены кремнийорганические полимерные связующие.

В результате проведенной авторами серии экспериментов, включавших в себя:

- отработку композиций системы кремнийорганический эластомер – керамика;
- отработку технологии изделий из композита системы кремнийорганический эластомер – керамика формовки в жесткую металлическую форму;
- отладку температурной экспозиции образцов кремнийорганических материалов (при температурах до 370 °С в вакууме) во избежание загрязнений внутренних поверхностей ЭРД и вакуумного испытательного стенда продуктами пиролиза материала ГРК;
- проверку эксплуатационных свойств изделий из композита системы кремнийорганический эластомер – керамика в условиях, близких к условиям эксплуатации ГРК ВЧИД.

Установлено, что материал, состоящий из порошка  $\alpha$ -нитрида кремния со средним размером частиц 10– 50 мкм, диспергированного в кремнийорганическом связующем, в количестве до 70 % масс., отвечает всем необходимым требованиям. В частности, ГРК из композиционного материала на основе силиконового каучука, наполненного нитридом кремния (с массовой долей 60 %), изготовленная в лаборатории 9-го института МАИ, прошла испытания в составе макета ВЧИД 100 на стенде кафедры 208 МАИ, в условиях, максимально приближенным к эксплуатации в космосе (рисунок 1).

Также в ходе проведенной работы был разработан технологический процесс получения ГРК методом 3D-печати [12–15] из материала системы кремнийорганический эластомер – керамика [15–18]. В качестве рабочего прототипа был выбран процесс 3D-печати по методу послойного наплавления (англ. fused deposition modeling, FDM). Была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка для получения заготовок методом послойного нанесения исходного состава композита из предварительно отвакуумированного бункера на платформу, программно перемещаемую по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Подача исходного материала полимеркерамического композита к поверхности построения изделия обеспечивалась электромеханическим шприцевым дозатором через подогреваемую (для снижения вязкости) фильеру. Ускорение процесса поликонденсации полимерной матрицы в составе композита осуществлялась инфракрасным нагревом при помощи перемещаемого источника. Введение управления дозатором и источником инфракрасного нагрева в единую систему управления установкой позволило управлять балансом между скоростью упрочнения свеженанесенного слоя исходного состава и его адгезионной способностью по отношению к следующему (наносимому) слою. Метод позволяет получать ГРК с точностью не ниже 0,3 мм. Скорость роста заготовок составляет не менее 0,5 см/ч.

В результате разработки этой технологии открылась возможность получения деталей ЭРД из полимеркерамического композита с высокими механическими и диэлектрическими свойствами, стойких к нагреву до 400 °С. Проведенные испытания продемонстрировали, что разработанный полимеркерамический композит, является конструкционным материалом деталей ЭРД, стойким к вибрации и нагреву до 400 °С, а разработанный технологический процесс позволяет обеспечить быстрое изготовления функциональных прототипов ГРК. При этом возможности данного материала можно менять, варьируя соотношение наполнитель – матрица, на стадии составления исходного состава.

Работа выполнена в Московском авиационном институте при финансовой поддержке РФФИ (проект №18-29-18083/18).

#### Список литературы

- 1 Импульсные плазменные двигатели в системах управления космических аппаратов / Н. Н. Антропов [и др.] // Прикладная физика. – 2002. – № 1.
- 2 Горшков, А. С. Холловские и ионные плазменные двигатели для космических аппаратов / А. С. Горшков, В. А. Муравьев, А. А. Шагайда ; под ред. академика РАН А. С. Коротева. – М. : Машиностроение, 2008. – С. 42–55.
- 3 Loeb, H. W. A realistic concept of a manned Mars mission with nuclear-electric propulsion / H. W. Loeb // Acta Astronautica. – 2015. – P. 299–306.
- 4 Ситников, С. А. Разработка стойких к ионной эрозии материалов на основе нитрида кремния для разрядных камер электроракетных двигателей : дис. ... канд. техн. наук: 05.07.05 / С. А. Ситников. – М. : Московский авиационный институт (НИУ), 2017. – 103 с.

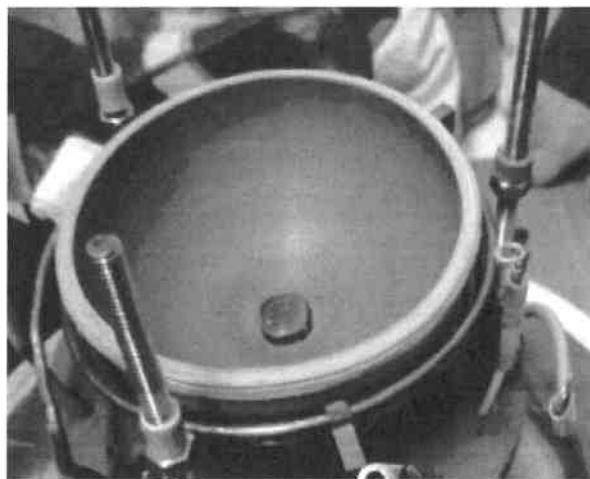


Рисунок 1 – Газоразрядная камера из материала системы кремнийорганический эластомер – керамика в составе макета ВЧИД

- 5 Выбор конструкционных материалов для высокочастотных ионных двигателей / С. А. Хартов [ и др.] // Труды МАИ [Электронный ресурс]. – 2013. – № 63. – Режим доступа : <http://trudymai.ru>. – Дата доступа : 27.07.2019.
- 6 Рабинский, Л. Н. Создание действующих прототипов керамических газоразрядных камер высокочастотных ионных двигателей, стойких к ионно-плазменному распылению методом послойного моделирования / Л. Н. Рабинский, С. А. Ситников, С. А. Хартов // Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы : тезисы докладов V Междунар. науч. семинара (Москва, 17–19 ок-тября 2016 г.). – М. : Изд-во ООО «ТР-принт», 2016. – С. 159–160.
- 7 Погодин, В. А. Исследование пористой керамики на основе нитрида кремния, полученной с использованием технологии трехмерной печати / В. А. Погодин, С. А. Ситников, Ю. О. Соляев // Новые огнеупоры. – 2016. – № 11. – С. 33–37.
- 8 Poliakov, P. O. Numerical modeling of residual thermal stresses in Si3N4 based high-porous fibrous ceramics / P. O. Poliakov, Y. O. Soliayev, S. A. Sitnikov // International Journal of Pure and Applied Mathematics. – 2016. – 111(2). – P. 319–330.
- 9 Ripetsky, A. Fabrication of porous silicon nitride ceramics using binder jetting technology / A. Ripetsky, S. Sitnikov, L. Rabinskiy // IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering [Electronic resource]. – 2016. – P. 1–6. – Mode of access : <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/140/1/012023/pdf>. – Date of access : 27.07.2019.
- 10 Рабинский, Л. Н. Сравнительная оценка и выбор варианта решения задачи по разработке технологии изготовления образцов и элементов конструкций из композиционной нитридокремневой керамики / Л. Н. Рабинский, С. А. Ситников, Ю. О. Соляев // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова (Вятичи, 15–19 февраля 2016). Т. 2. – М. : Изд-во ООО "ТР-принт", 2016. – С. 108–109.
- 11 Погодин, В. А. Исследование пористой керамики на основе нитрида кремния, полученной с использованием технологии трехмерной печати / В. А. Погодин, С. А. Ситников, Ю. О. Соляев // Новые огнеупоры. – 2016. – № 11. – С. 33–37.
- 12 Масштабные эффекты в механике сплошных сред. Материалы с микро- и наноструктурой / С. А. Лурье [и др.]. – М. : Изд-во МАИ-Принт, 2011. – 158 с.
- 13 Formalev, V. F. Localization of thermal disturbances in nonlinear anisotropic media with absorption High Temperature / V. F. Formalev, E. L. Kuznetsova, L. N. Rabinskiy. – 2015. – Vol. 53. – No. 4. – P. 548–553.
- 14 Rabinskiy, L. Development of technologies for obtaining composite material based on silicone binder for its further use in space electric rocket engines / L. Rabinskiy, S. Sitnikov // Periodico Tche Quimica. – 2018.
- 15 Погодин, В. А. Технологические аспекты 3D-печати деталей газоразрядной камеры электроракетного двигателя / В. А. Погодин, Л. Н. Рабинский, С. А. Ситников // СТИН 2019. – № 4. – С. 20–21.
- 16 Виноградов, С. В. Прогресс в области производства и применения MQ-смола / С. В. Виноградов, А. Н. Поливанов, Е. А. Чупрова // Химическая промышленность сегодня. – 2016. – № 1. – С. 13–18.
- 17 Молчанов, Б. В. Методы получения силиконов, содержащих [SiO<sub>2</sub>]-звенья в основной цепи / Б. В. Молчанов, В. Д. Ким // Пластические массы. – 1997. – № 3. – С. 22–25.
- 18 Воронков, М. Г. Силоксановая связь / М. Г. Воронков, В. П. Милешкевич, Ю. А. Южелевский. – Новосибирск : Наука, 1976. – 413 с.

УДК 539.371

## ДИНАМИЧЕСКОЕ ДОГРУЖЕНИЕ БАЛКИ ВСЛЕДСТВИЕ ВНЕЗАПНОГО ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ УПРУГОГО ОСНОВАНИЯ

*А. А. ПОДДУБНЫЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

*В. А. ГОРДОН*

*Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Российская Федерация*

Простейшей и широко применяемой в различных расчетах моделью взаимодействия нагруженной деформируемой системы, опирающейся на упругое основание, является модель Винклера.

Основание Винклера рассматривается как множество независимых пружин, работающих на растяжение – сжатие, закрепленных на абсолютно жестком континууме. Недостаток пружинной (клавишной) модели Винклера состоит в том, что при сопротивлении нагрузкам в некоторой точке основания в работу не вовлекаются соседние точки (пружины). Такая система справедлива лишь для оснований со слабой распределительной способностью (мягкие, рыхлые грунты и т.д.). Этот недостаток решается с помощью модели Пастернака (двухпараметрическое основание). Вторым параметром  $k_2$ , вводимый дополнительно к параметру Винклера  $k_1$ , учитывает сдвиговые реакции основания.

В работе рассматривается задача по построению математической модели динамического процесса, возникающего в несущей статическую нагрузку балке, опирающейся на двухпараметрическое основание Пастернака при внезапном образовании дефекта основания, по длине контакта с балкой, заключающегося в утрате свойств основания сдвиговой жесткости, т.е. внезапном обнулении  $k_2$ .

До появления дефекта напряженно-деформированное состояние всей конструкции определялось статическим воздействием. Внезапное образование дефекта приводит к снижению общей жесткости

системы «балка – основание» и нарушению статического равновесия. Балка приходит в движение, в ходе которого перераспределяются и растут деформации и напряжения. В связи с возникающими динамическими догрузками возможны нарушения функционирования системы, потеря несущей способности и разрушения. В работе моделируется проявление конструктивной нелинейности системы «балка – основание».

Математическая модель процесса строится путем последовательного решения следующих задач:

1 Определяется статический прогиб и изгибающий момент в балке, опирающейся на упругое основание Пастернака в соответствии с граничными условиями, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой заданной интенсивности. Прогиб используется в дальнейшем как начальное условие динамического процесса (колебаний), возникающего после внезапного образования дефекта основания. Изгибающий момент используется для сравнения статических внутренних усилий в балке с динамическими в ходе колебаний.

2 Определяются частоты и формы собственных изгибных колебаний балки, опирающейся на упругое основание Винклера.

3 Исследуются вынужденные изгибные колебания нагруженной балки на основании Винклера путем разложения нагрузки и статического прогиба, полученного еще на основании Пастернака, по формам собственных колебаний балки на основании Винклера. Таким образом, расчет вынужденных колебаний строится методом модального разложения исходного состояния и нагрузки по модам нового состояния.

Для анализа перемещений и напряжений в балке при взаимодействии ее с упругим основанием во всех задачах используется метод начальных параметров в сочетании с векторно-матричным представлением состояния произвольных сечений балки.

Полученные результаты показывают существенные приращения напряжений и значительные изменения картины напряженно-деформированного состояния, вызванные внезапным изменением структуры и расчетной схемы рассмотренной модели «балка – основания». Эти изменения необходимо учитывать при проектировании, расчете и эксплуатации стержневых конструкций, взаимодействующих с упругим основанием.

#### Список литературы

1 Поддубный, А. А. Методика расчета критической силы сжатого стержня, погруженного в упругое основание / А. А. Поддубный, В. А. Гордон // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2019. – № 1 (38). – С. 49–52.

УДК 629.7.048.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА В ПЛОСКОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЕ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ

*П. О. ПОЛЯКОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Рассмотрена упрощенная схема проведения испытаний, в которой с одного конца трубы устанавливается единственный источник тепла в виде резистора, а с другого реализуется интенсивное локальное воздушное охлаждение с использованием закрепленного на поверхности трубы кулера. В испытаниях тепловые трубки располагаются под различными углами к горизонту, причем источник тепла находится выше зоны охлаждения, что приводит к работе испытываемых тепловых трубок против гравитации.

Проводится математическое моделирование тепловых трубок на основе одномерной модели, учитывающей процесс теплопередачи в стенках тепловой трубы, ламинарное течение газа в паропроводе и фильтрацию жидкости в пористом фитиле. Рассмотренная модель является частным случаем более общей постановки, изложенной в [1, 2]. Исследование показало возможность достоверного прогнозирования теплового состояния тепловых трубок и источника, температура которого определялась в испытаниях с использованием термопар и тепловизора и сравнивалась с результатами моделирования. Рассмотренная схема испытаний позволяет оценить достоверность параметров применяемой модели (проницаемость фитиля, капиллярное давление в фитиле и др.), а при необходимости, и идентифицировать эти параметры по результатам испытаний.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (ФЦП «Исследования и разработки» соглашение № 14.574.21.0166, RFMEFI57417X0166).

#### Список литературы

1 Lefevre, F. Coupled thermal and hydrodynamic models of flat micro heat pipes for the cooling of multiple electronic components / F. Lefevre, M. Lallemand // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2006. – Vol. 49. – No. 7–8. – P. 1375–1383.

2 Lurie, S. A. Topology optimization of the wick geometry in a flat plate heat pipe / S. A. Lurie, L. N. Rabinskiy, Y. O. Solyaev // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2019. – Vol. 128. – P. 239–247.

УДК 629.366

### ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ФИТИЛЯ В ПЛОСКИХ ТЕПЛОТВОДЯЩИХ ОСНОВАНИЯХ, РАБОТАЮЩИХ ПО ПРИНЦИПУ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ

*П. О. ПОЛЯКОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ, Ю. О. СОЛЯЕВ*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Предложена методика топологической оптимизации плоских теплоотводящих оснований, работающих по принципу тепловых труб и применяемых для охлаждения микроэлектроники. Рассматриваются основания, выполненные из меди (медные стенки/медный фитиль) и с водой в качестве рабочей жидкости. Предполагается, что толщина слоя фитиля на внутренних стенках изделия может быть переменной, то есть является неизвестной функцией координат, которая определяется в результате решения задачи топологической оптимизации. Целью оптимизации является снижение потерь давления и повышение капиллярного предела рассматриваемой плоской тепловой трубки. Расчеты проводятся в квазистационарном приближении в плоской постановке и включают в себя модель фильтрации жидкости в пористом фитиле, модель ламинарного течения газа в паропроводе и модель теплопроводности в стенке изделия с учетом эффектов конденсации/испарения рабочей жидкости. Особенностью расчетов является необходимость поиска оптимальной внутренней геометрии фитиля в плоской тепловой трубке для обеспечения одновременного снижения потерь давлений в противонаправленных потоках жидкости (в фитиле) и газа (в паропроводе). Требование по максимальной температуре нагрева в зоне подвода тепла является ограничением задачи оптимизации. В результате расчетов установлены оптимальные структуры теплоотводящих оснований различной формы с одним или несколькими источниками тепла.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (ФЦП «Исследования и разработки», соглашение № 14.574.21.0166, RFMEFI57417X0166).

УДК 631.371.06

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧЕГО МЕСТА МЕХАНИЗАТОРА МОБИЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА

*В. Б. ПОПОВ*

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

Мобильный сельскохозяйственный агрегат (МСХА), состоящий из универсального энергетического средства (УЭС) и переведенной в транспортное положение (поднятой) навесной машины, регулярно работает в режиме транспортного переезда. Основным источником низкочастотных колебаний для колесных движителей УЭС являются неровности (микропрофиля) опорной поверхности (рисунок 1). Случайный характер неровностей опорной поверхности через движители воздействуют на корпус УЭС и на связанное с ним рабочее место механизатора (РММ). В данном случае при исследовании плавности хода МСХА входными сигналами технической системы являются неровности опорной поверхности  $q_1(t)$ ,  $q_2(t)$ , а выходными – перемещения РММ –  $z(t)$  и место (точка) его крепления на раме –  $z_c(t)$  относительно опорной поверхности.

Эквивалентная динамическая схема (рисунок 1) функциональная математическая модель (ФММ), имитирующая динамику транспортного переезда, формируется на основе уравнения Лагранжа II рода и описывает вынужденные колебания МСХА. ФММ представлена нелинейными дифференциальными уравнениями (ДУ) с постоянными коэффициентами, а решение системы ДУ можно получить, например, с помощью метода Рунге – Кутты 4-го порядка в программной среде MathCAD.

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 + 2h_1\dot{z}_1 + \omega_1^2 z_1 + \eta_1 \ddot{z}_2 = 2h_1\dot{q}_1 + \omega_1^2 q_1 \\ \ddot{z}_2 + 2h_2\dot{z}_2 + \omega_2^2 z_2 + \eta_2 \ddot{z}_1 = 2h_2\dot{q}_2 + \omega_2^2 q_2. \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Здесь } \eta_1 = \frac{m_3}{m_1}; \omega_1^2 = \frac{2c_{\text{м1}}}{m_1}; 2h_1 = \frac{2k_{\text{м1}}}{m_1}; \eta_2 = \frac{m_3}{m_2}; \omega_2^2 = \frac{2c_{\text{м2}}}{m_2}; 2h_2 = \frac{2k_{\text{м2}}}{m_2}.$$

где  $\eta_1, \eta_2$  – коэффициенты связи между колебаниями передней и задней осей УЭС;  $h_1, h_2$  – коэффициенты демпфирования колебаний;  $\omega_1, \omega_2$  – частоты колебаний осей УЭС.

В ФММ, имитирующей динамику транспортного переезда МСХА, колебания передней и задней осей УЭС достаточно часто могут быть связаны между собой ( $\eta_1, \eta_2$ ), и тогда распределенная эксплуатационная масса МСХА ( $m = m_1 + m_2 + m_3$ ) состоит из трех компонент.

Важным компоновочным параметром как отдельно УЭС, так и МСХА, в зависимости от которого выбирается соответствующая расчетная схема, является коэффициент распределения подрессоренных масс технической системы  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \rho^2 / L_1 L_2, \quad \rho = \sqrt{J/m}.$$

где  $\rho$  – радиус инерции корпуса УЭС и связанной с ним НМ;  $L_1, L_2$  – расстояния от осей заднего и переднего мостов УЭС до центра тяжести МСХА;  $J$  – момент инерции и эксплуатационная масса МСХА – ( $m$ ), равная сумме масс УЭС и навесной машины.

Если значение радиуса инерции находится в пределах  $0,8 \leq \varepsilon \leq 1,2$ , то колебания осей заднего и переднего мостов УЭС (МСХА) можно считать несвязанными, а система ДУ (1) приобретает вид

$$\begin{cases} \ddot{z}_1 + 2h_1\dot{z}_1 + \omega_1^2 z_1 = 2h_1\dot{q}_1 + \omega_1^2 q_1; \\ \ddot{z}_2 + 2h_2\dot{z}_2 + \omega_2^2 z_2 = 2h_2\dot{q}_2 + \omega_2^2 q_2. \end{cases} \quad (1a)$$

Модернизированная ФММ включает распределенную массу МСХА ( $m = m_1 + m_2$ ), его момент инерции ( $J$ ), а также упругие ( $c_{\text{м1}}, c_{\text{м2}}$ ) и демпфирующие элементы  $k_{\text{м1}}, k_{\text{м2}}$  шин, воспринимающие и смягчающие толчки со стороны с/х фона ( $q_1, q_2$ ).

Вертикальные колебания корпуса УЭС в точке крепления РММ на раме УЭС ( $z_c$ ) связаны с колебаниями его передней и задней частей зависимостью

$$z_c = \frac{L_c}{L_1} z_1 + \frac{L - L_c}{L} z_2, \quad (2)$$

где  $L_c$  – расстояние по горизонтали от оси передних колес УЭС до точки крепления РММ.

Уравнение колебаний РММ получаем также воспользовавшись уравнениями Лагранжа II рода. За обобщенную координату принимаем  $z$  – колебания РММ относительно статического равновесия технической системы. Значения кинетической и потенциальной энергии, а также диссипативной функции применительно к РММ определяются по выражениям

$$E_k = \frac{1}{2} m_c \dot{z}^2; \quad E_{\text{п}} = \frac{1}{2} c_c z^2; \quad \Phi = \frac{1}{2} k_c z^2, \quad (3)$$

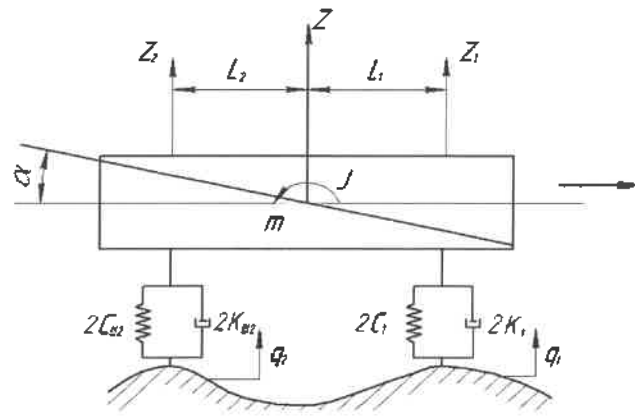


Рисунок 1 – Схема динамической модели МСХА

где  $m_c$  – масса РММ и механизма;  $c_c$  – жесткость подвески РММ;  $k_c$  – коэффициент демпфирования в подвеске РММ.

Продифференцировав выражения из (3), учитывая, что обобщенная сила в данном случае равна нулю, и выполнив преобразования, получим дифференциальное уравнение колебаний РММ относительно опорной поверхности:

$$\ddot{z} + \frac{k_c(\dot{z} - \dot{z}_c)}{m_c} + \frac{c_c(z - z_c)}{m_c} = 0. \quad (4)$$

Таким образом, для получения характеристик колебаний РММ необходимо:

- из системы ДУ (1) или (1а) определить колебания корпуса УЭС над его передними ( $z_1$ ) и задними ( $z_2$ ) колесами;
- из выражения (2) определить  $z_c$  и посредством дифференцирования выражения (2) по независимой переменной –  $t$  определить  $\dot{z}_c$ ;
- решив уравнение (4), найти колебания РММ относительно опорной поверхности.

УДК 531.4.45:778.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КИНОКАМЕРЫ

*В. И. ПОРТНОВ, Е. С. БОГОМОЛОВА, К. С. АНТОНОВА, П. С. ЧИЛИНОВА*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

В нашей работе мы изучали действие трения на движение тел, особенно – сухое трение скольжения и трение качения. В качестве основного инструмента измерения была выбрана кинокамера [1]. Эксперимент был выполнен в достаточно спартанских условиях со встроенной в обычный айфон камерой, в результате чего удалось показать, что эксперименты с кинокамерой достаточно точные и современные, при этом простые и доступные.

**Цель работы:** исследовать динамику сухого трения с помощью камеры благодаря скатыванию шаров по наклонной плоскости, особое внимание уделить изучению зависимости сил трения от скорости движения.

**Описание эксперимента.** Три шарика – каучуковый, железный и стеклянный – скатывались с деревянного уголка длиной чуть больше 2 м, размеченного сантиметровой разметкой. Уголок был достаточно прочно закреплён штативом за один из концов, так что образовывалась наклонная плоскость. Высоту крепления можно было варьировать. Кинокамера (iPhone 7+ разрешение 4К, 30 кадров в секунду) крепилась на другом штативе на расстоянии примерно 2 м от уголка под прямым углом к нему.

В каждом скатывании один из шариков устанавливался на отметке 0, и одновременно с началом записи шарик отпускался. Затем полученные видео разбивались на кадры с определением времени в программе Light Alloy, в каждом кадре положение шарика определялись в программе Paint.

**Трение.** Изучение трения чрезвычайно важно для любого транспортного учебного заведения. В нашей работе мы изучали действие трения (в основном сухого) на движение тел, особенно – сухое трение скольжения и трение качения.

Трение скольжения – хорошо изученное явление. Самым известным законом, описывающим его, является закон Кулона – Амонтона, согласно которому сила трения скольжения описывается формулой  $F = A + \mu N$ , где  $N$  – сила нормального давления,  $\mu$  – коэффициент трения, а  $A$  – фактор, связанный с межмолекулярным сцеплением поверхностей.

Зависимость силы трения от скорости движения многократно исследовалась. Было обнаружено, что следует различать два вида контакта тел: упругий (при небольших силах давления) и пластический (при больших силах давления, когда существенна деформация поверхности). При пластическом контакте зависимость от скорости ярко выражена при низких скоростях: чем больше скорость, тем *меньше* сила трения.

Многократные попытки моделирования трения [2] показали, что расхождение теории и практики связано с наличием пограничного смазочного слоя, который рассеивается только в глубоком вакууме. Обычно считают, что для того, чтобы сдвинуть тело с места, к нему нужно приложить большую силу,



чем для того, чтобы тащить тело. В большинстве случаев это связано с загрязнениями поверхностей трущихся тел. Так, для чистых металлов такого скачка силы не наблюдается. Опыты с движением пули в стволе показали, что с увеличением скорости пули величина силы трения сначала быстро убывает, потом она уменьшается всё медленнее, а затем (при скоростях больше 100 м/с) начинает возрастать. Грубо это можно объяснить тем, что в месте контакта выделяется много тепла [3].

**Обработка результатов эксперимента.** В результате эксперимента мы получили зависимости координаты от времени. Изображение шарика в кадре выглядело как сильно вытянутый прямоугольник, причём тем более вытянутый, чем больше скорость. За координату шарика мы принимали центр прямоугольника. Из-за того, что ошибки измерения координат довольно велики, мы делали аппроксимацию зависимостей многочленами 2, 3 и 4-й степени по формулам

$$\begin{aligned} x^{[2]}(t) &= a_2(t + t_0)^2, \quad x^{[3]}(t) = a_2(t + t_0)^2 + a_2(t + t_0)^3, \\ x^{[4]}(t) &= a_2(t + t_0)^2 + a_2(t + t_0)^3 + a_2(t + t_0)^4 \end{aligned} \quad (1)$$

по методу наименьших квадратов.  $t_0$  – время начала движения относительно первого кадра съёмки, обычно в пределах 0,02 с. Рассматривались сразу три суммы:

$$D_2 = \sum (x_i - x^{[2]}(t_i))^2; \quad D_3 = \sum (x_i - x^{[3]}(t_i))^2; \quad D_4 = \sum (x_i - x^{[4]}(t_i))^2. \quad (2)$$

Неравенства  $D_2 > D_3 > D_4$  выполняются всегда, однако результаты с аппроксимацией многочленом 4-й степени мы принимали лишь при условии  $D_4/D_3 < 0,8$ .

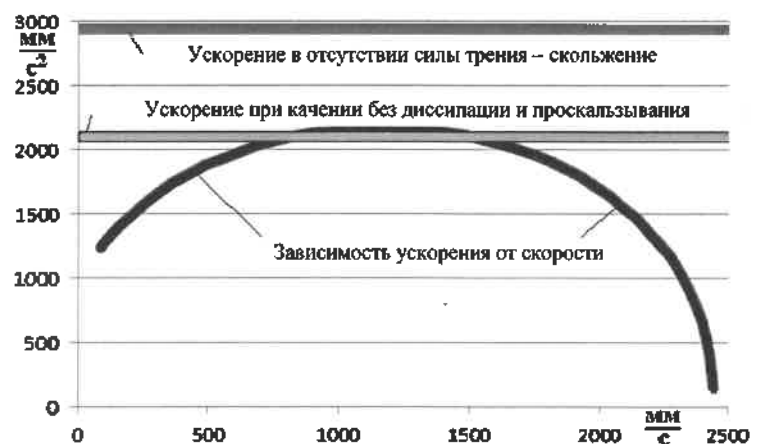
Результаты расчета приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Обнаруженное превышение рассчитанного ускорения над ускорением качения указывает на возможность проскальзывания шарика при движении.

Таблица 1 – Рассчитанные методом наименьших квадратов параметры движения шариков

$h$	Шарик	$t_0$	$a_2$	$D_2$	$t_0$	$a_2$	$a_3$
60	Металл	0,03	950,37	15538	0,00	1080,1	-66,21
60	Стекло	0,06	706,38	1386	0,07	670,94	19,06
60	Каучук	0,04	726,67	3517	0,045	714,78	4,67
$h$	Шарик	$D_3$	$t_0$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$D_4$
60	Металл	14203	0,08	485,17	607,62	-230,67	10810
60	Стекло	1244	0,055	760,45	-90,37	40,58	1180
60	Каучук	3486	0,1	396,43	347,04	-115,29	2963

Рисунок 1 – График зависимости ускорений от скорости металлического шарика, рассчитанных по методу наименьших квадратов



**Вывод.** Благодаря доступным ресурсам – кинокамере (смартфон или фотоаппарат с режимом видеосъёмки), программам Light Alloy и Paint (которые находятся в свободном доступе), можно выполнить эксперимент и провести исследование динамики сухого трения в рамках лабораторной работы по физике в технических вузах.

### Список литературы

1 Нельзин, А. Е. Использование фото- и видеотехники в демонстрационном эксперименте / А. Е. Нельзин // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2010. – № 6. – С. 42–52.

2 Боуден, Ф. П. Трение и смазка твёрдых тел / Ф. П. Боуден, Д. Тейбор ; пер. с англ. Н. М. Михина и А. А. Сирина ; под ред. И. В. Крагельского. – М. : Машиностроение, 1968. – С. – 277–315.

3 Слободещкий, И. Сухое трение / И. Слободещкий // Квант. – 2002. – № 1. – С. 29–31.

УДК 531.4.43:778.5

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОСЪЁМКИ НА ПРИМЕРЕ КОЛЕСА МАКСВЕЛЛА

В. И. ПОРТНОВ, Е. О. КОЩЕЕВА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Маятник (колесо) Максвелла представляет собой колесо на оси, подвешенное на нитях. Он прост в обращении, закручивающиеся вокруг оси колеса нити позволяют вращаться колесу и возвращаться в исходное положение. Его используют для наглядной демонстрации закона сохранения энергии. Обычно в процессе демонстрации заметно, что при обратном движении колесо не достигает исходной высоты. Нашей целью является выяснение причины потери энергии в таком эксперименте.

Для детального исследования движения весь процесс записывался на видеокамеру. Было проведено и оцифровано два эксперимента: № 1 – маятник с простым колесом и № 2 – с колесом, к которому были прикреплены лопасти, создающие повышенное трение о воздух. Об использовании видеосъёмки в физическом эксперименте подробно написано в статье [1].

Основываясь на результатах эксперимента № 1, можно сделать вывод о том, что потеря энергии происходит в результате удара, когда центр тяжести колеса резко меняет направление движения (в момент времени 1,9 с). Энергия удара расходуется на колебания перекладины стенда и колебания в плоскости, перпендикулярной стенду, вследствие резко переместившейся точки подвеса.

В эксперименте № 1 линейная регрессия зависимости вертикальной скорости от времени (рисунок 1) показала, что движение в пределах ошибки является равноускоренным, причем ускорения при подъёме и спуске практически одинаковы. Из этого и из основных закономерностей сил трения [2] следует, что основная потеря энергии происходит из-за ударного резкого изменения вертикальной скорости в самой нижней точке положения колеса Максвелла.

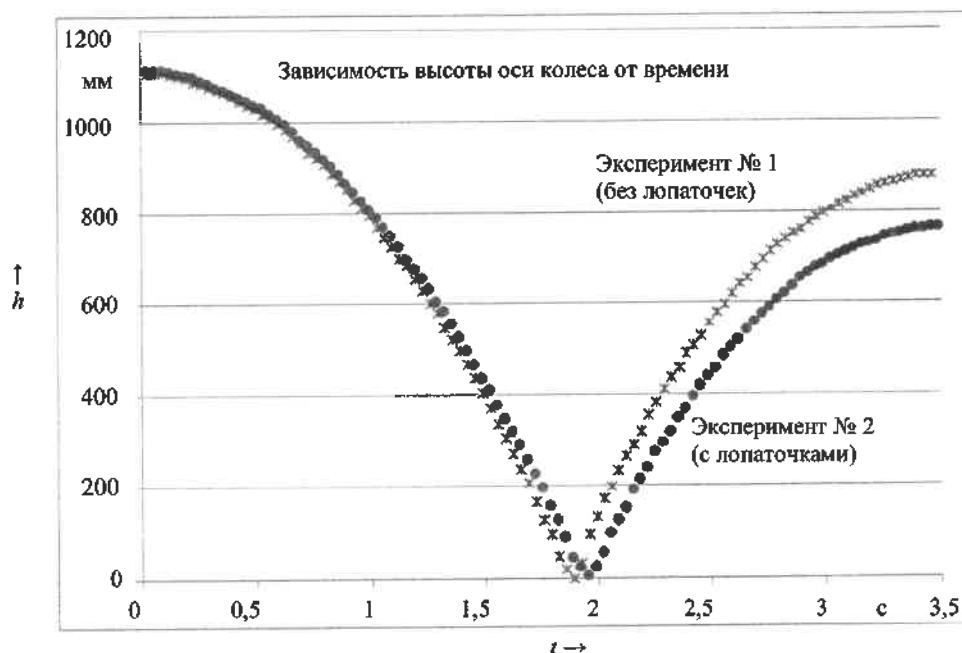


Рисунок 1 – Зависимость координаты от времени колеса Максвелла для простого колеса (№ 1) и колеса с лопаточками (№ 2)

На рисунке 1 видно, что при эксперименте № 2 (маятник с лопастями) колесо достигло нижней точки (удар) позже, что говорит о более низкой средней скорости и, следовательно, о большей силе трения. Однако последствия удара в эксперименте № 2 также более существенны, чем для № 1, возможно, вследствие затраты энергии на колебание лопаточек относительно корпуса колеса.

Особо хотелось бы отметить, что качество камеры было невысоким, что позволяет использовать предлагаемую методику измерения параметров движения в достаточно сложных условиях и получить результаты без серьезных материальных затрат.

#### Список литературы

1 Нельзин, А. Е. Использование фото- и видеотехники в демонстрационном эксперименте / А. Е. Нельзин // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. – 2010. – № 6. – С. 42–52.

2 Боуден, Ф. П. Трение и смазка твердых тел / Ф. П. Боуден, Д. Тейбор ; пер. с англ. Н. М. Михина и А. А. Силина ; под ред. И. В. Крагельского. – М. : Машиностроение, 1968.

УДК 621.763

## НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ВЯЗКОУПРУГИХ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ

С. Г. ПШЕНИЧНОВ

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

Исследование задач о переходных волновых процессах в вязкоупругих слоистых композитах с использованием аналитических методов весьма актуально, однако известные на сегодня результаты в этой области не являются исчерпывающими. В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с построением решений таких задач для композитов с произвольным числом однородных линейно-вязкоупругих слоев при малых деформациях, ограниченности области распространения возмущений и ограниченности ползучести материала слоев композита.

Пусть тело занимает область  $\Omega$  с границей  $\Sigma$  и состоит из  $N$  однородных изотропных линейно-вязкоупругих компонент (в частном случае – слоев):  $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup \dots \cup \Omega_N$  ( $\Omega_i$  и  $\Omega_j$  не пересекаются во внутренних точках при  $i \neq j$ ). На поверхностях контакта между компонентами предполагается выполнение условий непрерывности векторов перемещений и напряжений. Для каждой компоненты тела ( $n = 1, 2, \dots, N$ ) запишем уравнения динамики

$$(\hat{\lambda}_n + \hat{\mu}_n) \text{grad div } u^{(n)}(x, t) + \hat{\mu}_n \Delta u^{(n)}(x, t) + f^{(n)}(x, t) = \rho_n \ddot{u}^{(n)}(x, t) \quad (1)$$

и определяющие соотношения

$$\tilde{\sigma}^{(n)}(x, t) = \hat{\mu}_n \text{def } u^{(n)}(x, t) + \hat{\lambda}_n \text{div } u^{(n)}(x, t) \tilde{I}, \quad x(x_1, x_2, x_3) \in \Omega_n. \quad (2)$$

Для компонент с номерами  $m$ ,  $1 \leq m \leq N$ , имеющих общие точки с границей  $\Sigma$ , представим граничные условия

$$\tilde{\alpha}^{(m)}(x) \tilde{\sigma}^{(m)}(x, t) n + \tilde{\beta}^{(m)}(x) u^{(m)}(x, t) = p^{(m)}(x, t), \quad x \in \Sigma, \quad t > 0. \quad (3)$$

На поверхности контакта соседних компонент с номерами  $p$  и  $q$  запишем соотношения

$$u^{(p)}(x, t) = u^{(q)}(x, t), \quad \tilde{\sigma}^{(p)}(x, t) n = \tilde{\sigma}^{(q)}(x, t) n, \quad x \in \Sigma_{pq}. \quad (4)$$

Для каждой компоненты зададим начальные условия:

$$u^{(n)}(x, 0) = b_1^{(n)}(x), \quad \dot{u}^{(n)}(x, 0) = b_2^{(n)}(x), \quad x \in \Omega_n. \quad (5)$$

Точка над буквой означает производную по времени  $t$ ;  $\tilde{\sigma}^{(n)}$  – тензор напряжений;  $u^{(n)}$ ,  $p^{(m)}$ ,  $f^{(n)}$ ,  $b_1^{(n)}$ ,  $b_2^{(n)}$  – векторы перемещений, граничных воздействий, объемных сил, начальных перемещений и скоростей, относящиеся к компоненте тела с соответствующим номером;  $\rho_n$  – плотность;  $\tilde{\alpha}^{(m)}$ ,  $\tilde{\beta}^{(m)}$  – тензоры 2-го ранга, определяющие тип граничных условий;  $n$  – единичная внешняя нормаль к соответствующей границе;  $\Delta$  – оператор Лапласа;  $\tilde{I}$  – единичный тензор;  $\hat{\lambda}_n$ ,  $\hat{\mu}_n$  – операторы вида

$$\hat{\lambda}_n = \frac{1}{3}[3K_0^{(n)}(1 - \hat{T}_v^{(n)}) - 2G_0^{(n)}(1 - \hat{T}_s^{(n)})], \quad \hat{\mu}_n = G_0^{(n)}(1 - \hat{T}_s^{(n)}), \quad T_k^{(n)}\xi(t) = \int_0^t T_k^{(n)}(t - \tau)\xi(\tau)d\tau, \quad k = v, s,$$

где  $G_0^{(n)}, K_0^{(n)}$  – мгновенные значения модулей сдвига и объемного сжатия;  $T_v^{(n)}(t), T_s^{(n)}(t)$  – ядра объемной и сдвиговой релаксации  $n$ -й компоненты тела. Предполагаем, что область распространения возмущений ограничена.

Затронуты вопросы, связанные с построением решений задач класса (1)–(5) методом интегрального преобразования Лапласа по времени с последующим обращением. Предполагается, что решение  $U^{(n)}(x, s)$  задачи (1)–(5) в пространстве изображений ( $u^{(n)}(x, t) \rightarrow U^{(n)}(x, s)$ ) удалось построить, и основное внимание уделяется процессу построения оригинала  $u^{(n)}(x, t)$ . Сформулированы утверждения о свойствах решений в изображениях, упрощающие построение оригиналов. Исследуется возможное расположение и характер особых точек решения в изображениях. Сформулированы утверждения о связи точек ветвления и полюсов трансформанты  $U^{(n)}(x, s)$  решения задачи (1)–(5) со спектром соответствующей задачи о свободных колебаниях рассматриваемого многокомпонентного тела. При определенных условиях выявлена связь между задачей (1)–(5) и статической задачей теории упругости, в которой в качестве упругих констант выступают длительные модули. Обсуждаются различные формы представления решения в оригиналах; как в виде ряда по вычтам, так и в виде интеграла.

Особенность представленных теоретических результатов заключается в том, что они позволяют построить решение задачи (1)–(5) в произвольном временном диапазоне, как при регулярных, так и при сингулярных наследственных ядрах без предположения о малости вязкости или какой-либо зависимости между ядрами.

Специально рассмотрены два частных случая, когда процесс построения решения существенно упрощается. Первый – когда все однородные составляющие тела линейно-упругие  $T_v^{(n)}(t) \equiv T_s^{(n)}(t) \equiv 0$ , начальные условия нулевые  $b_1^{(n)} \equiv 0, b_2^{(n)} \equiv 0$ , объемные силы отсутствуют  $f^{(n)}(x, t) \equiv 0$ , а вектор граничных воздействий таков, что перемещения тела как жесткого целого исключены и выполнено соотношение

$$p^{(m)}(x, t) = p_0^{(m)}(x)\varphi(t), \quad (6)$$

причем  $\varphi(t) = h(t)$  – функция Хевисайда. В этом случае все полюсы изображения  $U^{(n)}(x, s)$  расположены на мнимой оси и являются простыми, поэтому для построения оригинала соответствующие вычеты легко найти. Заметим, что, построив решение при  $\varphi(t) = h(t)$ , можно с помощью свертки получать решения и при других  $\varphi(t)$ .

Второй частный случай – когда все составляющие тела линейно-вязкоупругие, но их наследственные свойства характеризуются одним, одинаковым для всех составляющих, ядром экспоненциального вида:

$$T_v^{(n)}(t) \equiv T_s^{(n)}(t) \equiv ae^{-bt}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad 0 < a < b/2, \quad (7)$$

при этом начальные условия нулевые, объемные силы отсутствуют, перемещения тела как жесткого целого исключены и выполнены равенства (6) при  $\varphi(t) = h(t)$ . Тогда полюсы изображений  $U^{(n)}(x, s)$  также будут простыми. Они расположены слева от мнимой оси (кроме  $s = 0$ ) и легко находятся. Соответствующие вычеты также нетрудно посчитать.

Представленные общие теоретические положения использовались для построения решений нестационарных динамических задач для слоистых композитов. Были получены решения для композитов с плоскопараллельными, сферическими и цилиндрическими границами раздела упругих и линейно-вязкоупругих однородных слоев. Рассмотрены случаи, когда ядра релаксации материала слоев не были связаны между собой. Некоторые из этих решений были численно реализованы для изучения волновых процессов в конкретных конструкциях.

Были исследованы процессы распространения одномерных нестационарных волн в поперечном сечении бесконечного полого кругового цилиндра, состоящего из множества коаксиальных линейно-вязкоупругих слоев, при его осесимметричном радиальном нагружении в условиях плоской де-

формации. Кроме того, исследованы двумерные процессы распространения нестационарных волн в поперечном сечении бесконечного полого цилиндра, состоящего из коаксиальных упругих слоев, при его неосесимметричном радиальном нагружении.

Исследованы одномерные волновые процессы в цилиндрах со столь большим количеством вязкоупругих слоев, что это позволило перейти к изучению динамики цилиндров с непрерывной радиальной неоднородностью материала. Задача с непрерывной неоднородностью заменялась аналогичной для тела тех же размеров, состоящего из большого числа однородных слоев. В определенном диапазоне изменения исходных данных расчеты показали сходимость результатов с увеличением количества слоев. Рассмотрены различные виды неоднородностей, когда мгновенный модуль сдвига и ядро сдвиговой релаксации непрерывно зависели от радиальной координаты, а остальные физико-механические параметры от нее не зависели. Изучено влияние неоднородностей такого типа на характер волновых процессов.

Таким образом, было проиллюстрировано, как, выбирая специальным образом свойства материала слоев в линейно-вязкоупругом многослойном композите, можно управлять нестационарным волновым процессом, происходящим в этом композите в результате внешних воздействий.

УДК 629.067.5

## **МЕТОДОЛОГИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СРЕД**

*Л. Н. РАБИНСКИЙ, О. В. ТУШАВИНА, Г. М. ФАЙКИН*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

Тепловая защита космических летательных аппаратов должна быть многофункциональной и противостоять множеству факторов. Надежность таких систем зависит от выполнения ряда факторов, сформулированных к их проектированию и разработке. Системы тепловой защиты должны:

- противостоять действию как тепловых, так и силовых, газодинамических и космических факторов, возникающих при полете космического аппарата в атмосфере планеты и в открытом космосе;
- обладать минимальной массой при сохранении высокой степени надежности в любых условиях эксплуатации;
- обладать теплоизоляционными свойствами на всей траектории полета космического летательного аппарата (КЛА) для обеспечения заданного температурного режима в бортовых отсеках;
- сохранять свои характеристики при длительном полете в космосе или при хранении аппарата на стартовой позиции в течение десяти и более лет;
- быть простыми в изготовлении, не содержать в конструкции дорогостоящих материалов.

Одной из основных задач методологии тепловой защиты современных КЛА является разработка математической модели термохимического разрушения углеродных теплозащитных материалов (ТЗМ) в потоке высокотемпературного воздуха.

Разработка математической модели механизма разрушения теплозащитных материалов разных классов применительно к проблеме тепловой защиты космических аппаратов относится к категории сложной, проблемной задачи. Эта задача решалась комплексно, с использованием как экспериментальных, так и теоретических исследований. Модель представляет собой систему различного типа уравнений (дифференциальных и алгебраических – линейных и нелинейных), математически описывающих физико-химические процессы, сопутствующие кинетическому, диффузионному и сублимационному режимам разрушения углеродных ТЗМ. Учитывается, что все указанные выше режимы взаимодействия реализуются не в статической, а в динамической (подвижной) окружающей среде, когда теплозащитное покрытие обтекается гиперзвуковым потоком химически активного газа, что связывает процессы в материале с системой дифференциальных уравнений, описывающих процессы тепло- и массообмена в химически активном пограничном слое.

Приводятся результаты исследований по упрощению и линеаризации разработанной математической модели термохимического разрушения углеродных теплозащитных материалов и возможности получения аналитических решений для частных случаев [1–4].

Работа выполнена в Московском авиационном институте в рамках выполнения гранта РФФИ (проект № 20-08-00880).

#### Список литературы

- 1 Rabinskiy, L. N. Experimental investigation and mathematical modelling of heat protection subjected to high-temperature loading / L. N. Rabinskiy, O. V. Tushavina // *Periodico Tche Quimica*. – No. 15 (Special Issue 1). – 2018. – P. 321–329.
- 2 Rabinsky, L. N. Mathematical modeling and experimental studies of thermal protection of composite materials under high-intensity effects taking into account thermal diffusion / L. N. Rabinsky, O. V. Tushavina // *STIN*. No. 4. – 2018. – P. 22–26.
- 3 Rabinskiy, L. N. Thermal protection of aircraft units using film cooling with regard to unsteady heat conductivity / L. N. Rabinskiy, O. V. Tushavina // *INCAS BULLETIN*. – 2019. – Vol. 11 (Special Issue). – P. 203–211. – DOI: 10.13111/2066-8201.2019.11.S.20.
- 4 Rabinskiy, L. N. Plain non-stationary problem of the effect of a surface load on an elastic-porous half-space / L. N. Rabinskiy, O. V. Tushavina, G. V. Fedotenko // *ASIA LIFE SCIENCES*. – No. 19(1). – 2019. – P. 149–162.

УДК 629.7.067.5

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С УЧЕТОМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ И АНИЗОТРОПНЫХ СРЕД

*Л. Н. РАБИНСКИЙ, О. В. ТУШАВИНА*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Современные высокоскоростные летательные аппараты подвергаются интенсивному аэродинамическому нагреву, особенно при гиперзвуковых скоростях (числа Маха набегающего потока  $M_n \geq 5$ ). Основным источником такого нагрева являются адиабатическое сжатие газа в ударном слое между ударной волной и телом и трение в пристенных течениях (в пограничном слое). Для надежности функционирования высокоскоростных летательных аппаратов необходимы эффективные способы тепловой защиты элементов конструкций ЛА, позволяющие преодолеть так называемый «тепловой барьер», заключающийся в том, что при возрастании скорости ЛА температура газа возрастает примерно пропорционально квадрату скорости, причем теоретически установлено, что «тепловой барьер» можно преодолеть только при активных способах тепловой защиты, а именно путем создания системы автоматического регулирования подачи в высокотемпературные пограничные слои жидких и газообразных охладителей [1–5]. В настоящее время в качестве тепловой защиты высокоскоростных ЛА активно используются композиционные материалы, графиты и графитосодержащие материалы, которые являются анизотропными различной степени. В данной работе делается попытка на основе известных допущений о свойствах материала лениризации существующих соотношений. При этом в первом приближении удастся определить тепловые потоки от газодинамического течения и распределения этих тепловых потоков в теле с дальнейшим определением в нем поля температур, от которых в существенной степени зависит живучесть всего ЛА и уровень тепловых потоков от газа к телу. Приводятся примеры расчетов.

Работа выполнена в Московском авиационном институте в рамках выполнения гранта РФФИ (проект № 20-08-00880).

#### Список литературы

- 1 Rabinskiy, L. N. Experimental investigation and mathematical modelling of heat protection subjected to high-temperature loading / L. N. Rabinskiy, O. V. Tushavina // *Periodico Tche Quimica*. – No. 15 (Special Issue 1). – 2018. – P. 321–329.
- 2 Rabinsky, L. N. Mathematical modeling and experimental studies of thermal protection of composite materials under high-intensity effects taking into account thermal diffusion / L. N. Rabinsky, O. V. Tushavina // *STIN*. – No. 4. – 2018. – P. 22–26.
- 3 Rabinskiy, L. N. Thermal protection of aircraft units using film cooling with regard to unsteady heat conductivity / L. N. Rabinskiy, O. V. Tushavina // *INCAS BULLETIN*. – 2019. – Vol. 11 (Special Issue). – 2019. – P. 203–211. – DOI: 10.13111/2066-8201.2019.11.S.20.
- 4 Rabinskiy, L. N. Plain non-stationary problem of the effect of a surface load on an elastic-porous half-space / L. N. Rabinskiy, O. V. Tushavina, G. V. Fedotenko // *ASIA LIFE SCIENCES*. – No. 19(1). – 2019. – P. 149–162.
- 5 Формалев, В. Ф. Математическое моделирование сопряженного теплопереноса между вязкими газодинамическими течениями и анизотропными телами / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник. – М. : Ленанд, 2019. – 316 с.

## РАСЧЕТ РЕАКТИВНЫХ ДАВЛЕНИЙ И ФАКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ КОНТАКТА В ШАРНИРНОМ УЗЛЕ БАЛКИ, ОПИРАЕМОЙ НА СТЕНЫ

П. Д. СКАЧЁК

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Рассматриваются шарнирные узлы опирания балок на стену (рисунок 1). Задачами расчета являются: определить область контакта, построить поверхности контактных напряжений и вертикальных перемещений при различных показателях гибкости, установить зависимость между максимальным изгибающим моментом в балке от размеров контактной зоны.

Принимаются следующие допущения:

- для балки справедливы гипотезы изгиба;
- стены моделируются в виде упругого четвертьпространства;
- связи Б. Н. Жемочкина принимаются односторонними, работающими только на сжатие;
- в зоне контакта не учитываются касательные напряжения.

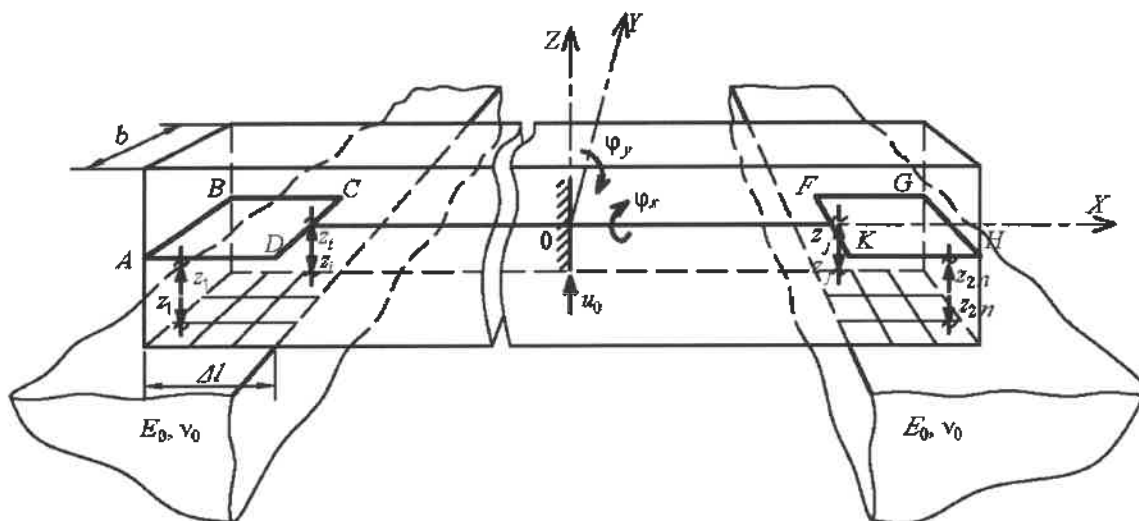


Рисунок 1 – Расчетная схема балки:

$ABCD$  и  $KFGH$  – элементы срединной плоскости балки;  $XOY$  – система координат, начало которой совпадает с серединой пролета балки, ось  $X$  – направлена вдоль продольной оси балки; ось  $Y$  – горизонтальная ось, перпендикулярная оси  $X$ ; ось  $Z$  – вертикальная ось, перпендикулярная оси  $X$ ;  $b$  – ширина балки;  $\Delta l$  – глубина опирания балки;  $E_0, \nu_0$  – модуль деформаций и коэффициент Пуассона упругого четвертьпространства;  $u_0, \varphi_x, \varphi_y$  – вертикальное и угловые перемещения середины балки относительно осей  $X$  и  $Y$  соответственно;  $z_i$  – усилия в связи Б. Н. Жемочкина;  $n$  – количество участков Б. Н. Жемочкина в одном узле

На расчетной схеме балка изображается ее продольной осью. В местах контакта со стенами балка заменяется срединными плоскостями  $ABCD$  и  $KFGH$ , жесткость которых в направлении оси  $Y$  принимается бесконечной. Расчет выполняется методом Б.Н. Жемочкина. Для этого область контакта разбивается на прямоугольные участки (участки Б. Н. Жемочкина) (см. рисунок 1). Предполагается, что контакт балки и стен осуществляется через жесткие односторонние связи, устанавливаемые в середине каждого участка Б. Н. Жемочкина. Принимается, что усилия  $z_i$  в связях Б. Н. Жемочкина вызывают равномерное распределение контактных напряжений по участку Б. Н. Жемочкина. В середине пролета балки вводится условное защемление, препятствующее вертикальному перемещению  $u_0$  и угловым перемещениям  $\varphi_x, \varphi_y$  относительно осей  $X$  и  $Y$  соответственно. Полученная статически неопределимая система считается смешанным методом строительной механики, где за основные неизвестные принимаются усилия  $z_i$  в связях Б. Н. Жемочкина и перемещения во введенном защемлении  $u_0, \varphi_x, \varphi_y$ .

По расчетной схеме составляется система линейных алгебраических уравнений (1) смешанного метода строительной механики:

$$\begin{cases}
\delta_{1,1}z_1 + \dots + \delta_{1,n}z_n + u_0 + \varphi_x \cdot y_1 + \varphi_y \cdot x_1 + \Delta_{1,F} = 0; \\
\dots \\
\delta_{n,1}z_1 + \dots + \delta_{n,n}z_n + u_0 + \varphi_x \cdot y_n + \varphi_y \cdot x_n + \Delta_{n,F} = 0; \\
\delta_{n+1,n+1}z_{n+1} + \dots + \delta_{n+1,2n}z_{2n} + u_0 + \varphi_x \cdot y_{n+1} + \varphi_y \cdot x_{n+1} + \Delta_{n+1,F} = 0; \\
\dots \\
\delta_{2n,n+1}z_{n+1} + \dots + \delta_{2n,2n}z_{2n} + u_0 + \varphi_x \cdot y_{2n} + \varphi_y \cdot x_{2n} + \Delta_{2n,F} = 0; \\
-\sum_{i=1}^{2n} z_i + R_F = 0; -\sum_{i=1}^{2n} z_i \cdot y_i + M_{xF} = 0; -\sum_{i=1}^{2n} z_i \cdot x_i + M_{yF} = 0,
\end{cases} \quad (1)$$

где  $\delta_{i,j}$  – перемещение точки  $i$  от действия единичной силы, приложенной в точке  $j$ ;  $z_i$  – неизвестное усилие в связи  $i$  Б.Н. Жемочкина;  $u_0$ ,  $\varphi_x$ ,  $\varphi_y$  – неизвестные вертикальное и угловые перемещения во введенном защемлении;  $(x_i, y_i)$  – координаты центра тяжести участка Б. Н. Жемочкина с номером  $i$ ;  $\Delta_{i,F}$  – перемещение точки  $i$  от действия внешней нагрузки  $F$ ;  $R_F$  – реакция во введенном защемлении от действия внешней нагрузки  $F$ ;  $M_{xF}$ ,  $M_{yF}$  – реактивные моменты относительно осей  $X$  и  $Y$  от действия внешней нагрузки  $F$ , соответственно;  $n$  – количество участков Б. Н. Жемочкина в одном узле.

После вычисления коэффициентов  $\delta_{i,j}$  и свободных членов формируется матрица и вектор-столбец свободных членов системы уравнений (1). Далее решается СЛАУ (1) матричным методом. В результате имеем найденный вектор-столбец неизвестных  $\bar{z}$ , в котором первые  $2n$  компонент – усилия в связях Б. Н. Жемочкина, а оставшиеся три компоненты – перемещения во введенном защемлении.

Среди первых  $2n$  компонент будут как положительные, так и отрицательные. Первые свидетельствуют о том, что усилие в связи Б. Н. Жемочкина – усилие сжатия, вторые – усилие в связи Б. Н. Жемочкина – усилие растяжения. Однако, согласно введенному допущению, что связи односторонние, работающие только на сжатие, следует «отрицательные» связи исключить из работы. Так как расчетная схема балки статически неопределимая, то выключение из работы одной из связей вызывает перераспределение усилий в других связях. Таким образом, итерационный процесс состоит в последовательном «выключении» из работы «отрицательных» связей с пересчетом вектора-столбца неизвестных  $\bar{z}$  на каждой итерации. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока первые  $2n$  компонент вектора  $\bar{z}$  не примут неотрицательные значения и на границе отрыва не будут тождественно равняться нулю.

По картине оставшихся связей Б. Н. Жемочкина судят о фактической области контакта балки и стен. Для построения поверхности напряжений равномерно распределяют найденные усилия по соответствующему участку Б. Н. Жемочкина.

Результаты выполненного исследования:

1 Приведен итерационный процесс определения области контакта, основным критерием останова которого являются положительные компоненты найденного вектора неизвестных  $\bar{z}$ .

2 Получены решения контактной задачи при различных показателях гибкости  $\lambda$  и установлено, что с увеличением данного показателя фактическая область контакта опираемых конструкций уменьшается.

3 Построены изолинии вертикальных перемещений точек поверхности упругого четвертьпространства. Установлено, что в предельном случае при  $\lambda=0$  решение соответствует вдавливанию жесткого штампа в упругое четвертьпространство.

4 Численно установлено влияние размеров области контакта на величины расчетного пролета балки и максимального изгибающего момента.



## ОЦЕНКА ЛИНЕЙНОГО ИЗНОСА ОБЛУЧЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ ВАРИАЦИЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ

А. З. СКОРОХОД

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**Введение.** Известно, что радиационная обработка позволяет улучшить как механические, так и трибологические характеристики различных полимеров [1–3]. В работе [2] доказано образование химических связей между полимерной матрицей и поверхностью стекловолокна при воздействии дозы облучения на воздухе. А в работе [3] показано, что зависимость интенсивности изнашивания ПВДФ от поглощенной дозы излучения носит экстремальный характер.

Несмотря на проведенные ранее исследования, существенным фактором, сдерживающим решение прикладных задач трибологии, является отсутствие достоверных критериев выбора износостойких материалов и их совместимости для различных видов изнашивания [4]. Основная причина этого состоит в том, что до настоящего времени не удалось решить ключевую задачу трибологии – раскрыть в полном объеме механизм изнашивания.

Поскольку при изменении структуры полимеров в определенной закономерности изменяются все физико-механические свойства, то для исследования механизма изнашивания не всегда целесообразно моделировать трибологический процесс, т.к. его можно контролировать по некоторым механическим характеристикам: прочность при разрыве, относительное удлинение и твердость (микротвердость) [1–5].

Известно, что если все соответствующие безразмерные комбинации, составленные из размерных величин, описывающие два процесса, одинаковы, то процессы подобны [6]. В этом случае изучение интересующего нас натурального явления мы заменяем изучением физически подобного явления, которое удобнее и выгоднее осуществить. Необходимо отметить, что при радиоллизе термопластичные полимеры переходят из высокоэластического состояния в стеклообразное. Оптимизация такого процесса может быть осуществлена при помощи серии ДТА (ДСК) по кривым плавления или по кривым ТМА. Прямым подтверждением подбора оптимальных механических свойств при радиоллизе является эксперимент, в частности – наличие высокой износостойкости материала. Однако можно пойти обратным путем: учитывая взаимосвязь между изменением механических характеристик полимера при облучении и износостойкостью, можно прогнозировать поведение кривой изнашивания по характерным точкам (экстремум, точка перегиба), не делая эксперимента. Важно определить минимальную дозу облучения, при которой соотношение механических характеристик (соотношение между прочностью и пластичностью) будет оптимально.

В качестве материалов для исследования были выбраны поливинилиденфторид (ПВДФ), полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), фторопласт-40 (Фт-40).

Рассмотрим математическую модель, в которой предполагается, что каждое экспериментально полученное значение может быть представлено в виде линейно независимых векторов  $c_{ij} \cdot x_j$ , оказывающих суммарный вклад на интенсивность изнашивания полимеров. Задача, которую предстоит решить, ставится следующим образом: выяснить корреляцию между изменением механических характеристик в процессе облучения и интенсивностью изнашивания при трении полимерных материалов.

Решая систему в виде четырех алгебраических уравнений с четырьмя неизвестными, в которой значения поглощенной дозы и механические характеристики получены экспериментальным путем для каждого полимерного материала, определяем безразмерные параметры коэффициентов механических характеристик в виде  $L_i = \left( \frac{\sigma_i^p}{\Delta l_i \cdot \sigma_i^m} \right)$ , где суммирование по  $i$  не производится ( $i = 1 \dots 4$ ).

Методом регрессионного анализа определим аналитический вид функции, описывающей зависимость интенсивности изнашивания (например, ПВДФ) от поглощенной дозы. Запишем уравнение регрессии:

$$f(x) = 2,031 \cdot 10^{-11} x^3 - 8,214 \cdot 10^{-11} x^2 - 8,161 \cdot 10^{-11} x + 1,62 \cdot 10^{-9}.$$

На рисунке 1 приведены кривые, построенные по экспериментальным точкам и по уравнению регрессии.

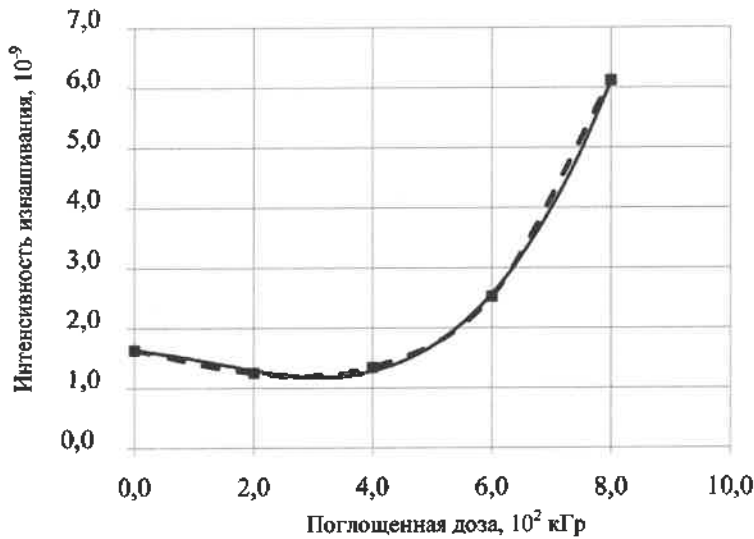


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности изнашивания от дозы облучения: пунктирная линия – экспериментальные точки; сплошная – уравнение регрессии

Видно, что уравнение регрессии достаточно хорошо описывает экспериментальные точки.

Определим безразмерные параметры коэффициентов механических характеристик для ПВДФ, ПЭВП и Фт-40 П как

$$(LK^{ПВДФ})_i = \frac{(\sigma_{ПВДФ}^p)_i}{(\Delta I_{ПВДФ})_i (\sigma_{ПВДФ}^m)_i}; (LK^{ПЭ})_i = \frac{(\sigma_{ПЭ}^p)_i}{(\Delta I_{ПЭ})_i (\sigma_{ПЭ}^m)_i}; (LK^{Ф40П})_i = \frac{(\sigma_{Ф40П}^p)_i}{(\Delta I_{Ф40П})_i (\sigma_{Ф40П}^{HB})_i},$$

где суммирование по  $i$  не производится ( $i = 1 \dots 4$ ).

На рисунке 2 приведены зависимости интенсивности изнашивания, полученные на основании методов теории подобия и уравнения регрессии.

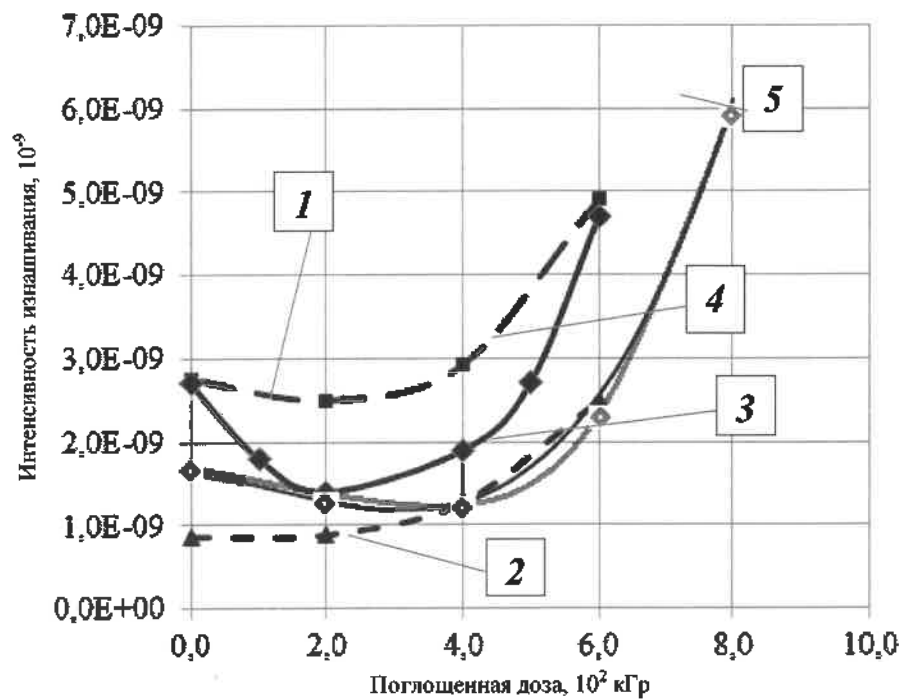


Рисунок 2 – Интенсивность линейного изнашивания как функция дозы облучения: 1 – расчет на основании механических характеристик ПЭ; 2 – расчет на основании механических характеристик Ф-40П; 3 – по уравнению регрессии для ПВДФ; 4, 5 – полученные экспериментальным путем для ПЭВП и ПВДФ на машине трения АЕ-5 по схеме палец – диск при нагрузке 3,6 МПа и скорости скольжения 0,27 м/с среднем пути трения, равном 150 км [7, 8]

Видно, что кривую интенсивности изнашивания, полученную комбинацией механических характеристик ПВДФ [5], с достаточной точностью можно описать при помощи уравнения регрессии [3]. Следовательно, можно полагать, что между дозой облучения ПВДФ, изменением его механических характеристик и интенсивностью изнашивания существует не только некоторая статистическая связь, но эта связь с учетом единственности решения исходных уравнений носит причинно-следственный характер.

Из сравнения кривых [1] и [4] рисунок 2 видно, что интенсивность изнашивания кривой, полученной экспериментальным путем, несколько отличается от интенсивности изнашивания кривой, полученной расчетом. Однако необходимо отметить достаточно хорошее подобие в поведении кривых, что позволяет с высокой достоверностью выбрать дозу облучения для оптимизации прочностных и деформационных характеристик ПЭВП, не проводя длительного эксперимента. Располагая данными зависимости механических характеристик сшивающихся полимерных материалов от дозы облучения, можно прогнозировать ресурс изделия.

Относительно Ф-40П можно также по точке перегиба кривой [2] качественно определить необходимую дозу облучения для прогнозирования ресурса.

#### Список литературы

- 1 Влияние радиационного облучения на свойства полиолефинов и их смесей с другими полимерами / Л. М. Сергеева [и др.] // Полимерный журнал. – 2006. – Т. 28, № 4. – С. 271–283.
- 2 Влияние облучения на прочностные свойства стеклопластиков на основе полиэтиленовой матрицы / С. Р. Аллаярлов [и др.] // Химия высоких энергий. – 2005. – Т. 39, № 5. – С. 343.
- 3 Gel Fractions and Chain Reactions in Irradiated Polyethylenes / R. A. Jones [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 1999. – Vol. B 151. – P. 213–217.
- 4 Триботехническое материаловедение и триботехнология : учеб. пособие / Н. Е. Денисова [и др.]; под общ. ред. Н. Е. Денисовой. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. – 250 с.
- 5 Gamma-Ray Irradiation Effect of Polyethylene on Dimaleimides as a Class of New Multifunctional Monomers / I. J. Lee [et al.] // Journal of Applied Polymer Science. – Vol. 88. – P. 2339–2345.
- 6 Седов, Л. И. Механика сплошной среды. В 2 т. Т. 2 / Л. И. Седов. – М. : Наука, 1984. – 560 с.
- 7 Влияние радиационного сшивания на интенсивность изнашивания поливинилиденфторида при трении в жидкости / В. П. Селькин [и др.] // Трение и износ. – 2008 (29). – № 1. – 58–63.
- 8 Смирнов, В. В. Радиационно-модифицированные полимерные композиты на основе полиолефинов для машиностроения : дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.01 / В. В. Смирнов. – Гомель, 1997. – 333 с.

УДК 539.31

### ФУНКЦИЯ ВЛИЯНИЯ ДЛЯ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С ПОКРЫТИЕМ ТИПА МЕМБРАНЫ

*Э. И. СТАРОВОЙТОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Е. Ю. МИХАЙЛОВА*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

*Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

При решении линейных динамических задач для деформируемых тел большую роль играют функции влияния. Они являются результатом решения задач при задании на границе деформируемого тела одной из компонент перемещения или напряжения в виде произведения дельта-функций Дирака по пространственным координатам и времени. Функция влияния для полупространства с покрытием типа мембраны является решением начально-краевой задачи о воздействии на мембрану, лежащую на поверхности упругого полупространства, сосредоточенной мгновенной нормальной нагрузки.

На мембрану, лежащую на поверхности упругого изотропного полупространства, воздействует сосредоточенное мгновенное нормальное давление вида  $p = \delta(\tau)\delta(x)$ . Контакт между мембраной и полупространством происходит в условиях свободного проскальзывания (рисунок 1). До начала взаимодействия полупространство и мембрана находятся в невозмущенном состоянии

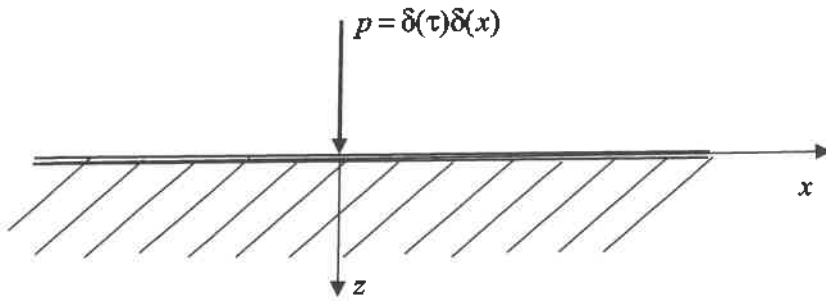


Рисунок 1

Положим, что полупространство занято однородной изотропной линейно-упругой средой с постоянными  $\lambda$ ,  $\mu$  и плотностью  $\rho$ . Введем прямоугольную декартову систему координат  $Oxyz$ , в которой координатная плоскость  $z=0$  совпадает с недеформируемой свободной поверхностью полупространства, и ось  $Oz$  направлена вглубь полупространства (см. рисунок 1.)

Математическая модель [1–3] включает в себя:

– уравнения движения упругой среды

$$\ddot{\phi} = \Delta\phi, \quad \eta^2 \ddot{\psi} = \Delta\psi, \quad \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}; \quad (1)$$

– соотношение, связывающее упругие потенциалы с отличными от нуля компонентами вектора перемещения  $u$  (вдоль оси  $Ox$ ),  $w$  (вдоль оси  $Oz$ ),

$$u = \frac{\partial\phi}{\partial x} - \frac{\partial\psi}{\partial z}; \quad w = \frac{\partial\phi}{\partial z} + \frac{\partial\psi}{\partial x}; \quad (2)$$

– соотношение, связывающее компоненты вектора перемещения и тензора напряжений,

$$\sigma_{11} = \frac{\partial u}{\partial x} + \kappa \frac{\partial w}{\partial z}, \quad \sigma_{22} = \kappa \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} \right), \quad \sigma_{33} = \kappa \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z}, \quad \sigma_{13} = \frac{1-\kappa}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right); \quad (3)$$

– уравнение движения мембраны

$$\ddot{v}(\tau, x) = a^2 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + p + \sigma_{330}, \quad \sigma_{330} = \sigma_{33}|_{z=0}; \quad (4)$$

– начальные условия

$$v|_{\tau=0} = \dot{v}|_{\tau=0} = \psi|_{\tau=0} = \dot{\psi}|_{\tau=0} = \phi|_{\tau=0} = \dot{\phi}|_{\tau=0} = 0; \quad (5)$$

– граничные условия

$$\sigma_{13}|_{z=0} = 0, \quad v = w|_{z=0}; \quad (6)$$

– условия, характеризующие отсутствие возмущений в бесконечно удаленной точке,

$$\lim_{\kappa \rightarrow \infty} \phi = \lim_{\kappa \rightarrow \infty} \psi = 0, \quad r^2 = x^2 + y^2. \quad (7)$$

Все переменные и параметры приводятся к безразмерному виду (штрих соответствует размерным величинам):

$$\tau = \frac{c_1 t}{L}, \quad v = \frac{v'}{L}, \quad u = \frac{u'}{L}, \quad w = \frac{w'}{L}, \quad x = \frac{x'}{L}, \quad z = \frac{z'}{L}, \quad p = \frac{p' L}{c_1^2 \rho_m}, \quad a = \frac{a'}{c_1}, \quad c_1^2 = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho_p}, \quad (8)$$

$$c_2^2 = \frac{\mu}{\rho_p}, \quad \eta^2 = \frac{c_1^2}{c_2^2}, \quad \phi = \frac{\phi'}{L^2}, \quad \psi = \frac{\psi'}{L^2}, \quad \sigma_{ij} = \frac{\sigma'_{ij}}{\lambda + 2\mu}, \quad k = \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu},$$

где  $\rho_m$ ,  $\rho_p$  – плотность мембраны и полупространства;  $c_1$ ,  $c_2$  – скорости волн растяжения-сжатия и сдвига в упругом полупространстве;  $u'$ ,  $w'$ ,  $\phi'$ ,  $\psi'$ ,  $\sigma'_{ij}$  – тангенциальные и нормальные перемещения, потенциалы упругих смещений, компоненты тензора напряжений в полупространстве,  $v'$  – прогиб мембраны;  $L$  – характерный размер;  $a$  – скорость волны в мембране,

Для решения поставленной задачи к формулам (1)–(6) применяются преобразования Лапласа по времени и Фурье по координате  $x$ :

$$\begin{cases} -q^2\varphi^{FL} + \frac{\partial^2\varphi^{FL}}{\partial z^2} = s^2\varphi^{FL}, \\ -q^2\psi^{FL} + \frac{\partial^2\psi^{FL}}{\partial z^2} = \eta^2 s^2\psi^{FL}, \end{cases}$$

$$s^2v = -q^2 a^2 v^{FL} + 1 + \sigma_{330}^{FL}, \quad \sigma_{33}^{FL} = -iku^{FL} + \frac{\partial w^{FL}}{\partial z}, \quad (9)$$

$$w^{FL} = \frac{\partial\varphi^{FL}}{\partial z} - iq\psi^{FL}, \quad u^{FL} = -iq\varphi^{FL} - \frac{\partial\psi^{FL}}{\partial z},$$

$$\sigma_{13}^{FL} = \frac{1-k}{2} \left( \frac{\partial u^{FL}}{\partial z} - iqw^{FL} \right).$$

Решая данную систему уравнений, находим изображение функции влияния

$$v^{FL} = \frac{k_1(s, q)\eta^2 s^2}{k_1(s, q)[-a^2\eta^2 q^2 s^2 - \eta^2 s^4 + 2k_2 q^2(s, q)(k-1)] + (\eta^2 q^2 s^2 + 2q^4)(1-k) + \eta^2 s^4 + 2q^2 s^2}, \quad (10)$$

$$k_2(s, q) = \sqrt{q^2 + \eta^2 s^2}, \quad k_1(s, q) = \sqrt{q^2 + s^2}, \quad k_m(s, q) = \sqrt{s^2 + a^2 q^2}.$$

Оригинал функции влияния определяется с применением численно-аналитического алгоритма. При этом оригинал по Лапласу определяется аналитически, а по Фурье – численно.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 18-58-00008 Бел\_а).

#### Список литературы

- 1 Михайлова, Е. Ю. Плоская нестационарная задача об ударе по мембране / Е. Ю. Михайлова, Д. В. Тарлаковский // Актуальные проблемы развития транспортных систем и строительного комплекса : тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2001. – С. 318–319.
- 2 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. Fedotenko // Mechanics of Solids. – 2011. – Vol. 46, No. 2. – P. 239–247.
- 3 Михайлова, Е. Ю. Нестационарный контакт сферической оболочки и упругого полупространства / Е. Ю. Михайлова, Г. В. Федотенков, Д. В. Тарлаковский // Труды МАИ: электронный журнал. – 2014. – Вып. 78 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=53499>. – Дата доступа : 20.06.19.

УДК 629.5.01

## ПРИМЕНЕНИЕ И РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ, РАБОТАЮЩИХ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

*Э. И. СТАРОВОЙТОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Ю. М. ПЛЕСКАЧЕВСКИЙ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

*М. Ю. РЯЗАНЦЕВА*

*НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация*

Трехслойные конструкции широко применяются в технике, авиа- и судостроении, промышленности и строительстве. В интерьере современных пассажирских самолетов около 80 % конструкций самолета выполнены из трехслойных сотовых панелей, что объясняется их довольно высокой удельной прочностью и жёсткостью, по сравнению с традиционными монолитами. Это позволяет уменьшить толщину оболочек, панелей и число ребер жесткости и уменьшить массу конструкции, что приводит к экономии не только материалов, но и горючего.

Постепенный рост объемов производства авиационной техники ставит перед конструкторами задачу экономической эффективности при создании современного высокотехнологичного интерьера самолета. Элементы конструкции летательных аппаратов, выполняемые в виде многослойных конструкций, применяются для истребителя-перехватчика SAAB-37 «Вигтен», истребителя-бомбардировщика F-111A, пассажирского самолета Ил-96-300, космического корабля «Спейс шаттл».

Большое распространение в судостроении получили трёхслойные конструкции, набранные из полимерных материалов, используемых в качестве несущих слоев, а также для заполнителя. Соединение слоёв в подобных конструкциях осуществляется склеиванием друг с другом. Если рассматривать преимущества стеклопластиков перед традиционными однослойными материалами, используемыми в судостроении (деревом, сталью, алюминиево-магниевыми сплавами), то это высокая удельная прочность, позволяющая уменьшать массу судовых конструкций.

Помимо возможности уменьшения массы, трехслойные судовые конструкции обладают и рядом других положительных качеств. В большинстве случаев, кроме своей основной функции – образовывать корпусную конструкцию, они выполняют и ряд других. Например, придают свойства тепловой и звуковой изоляции, обеспечивают запас аварийной плавучести и т.п.

Трёхслойные сэндвич-панели, набранные из материалов на полимерной основе, всё чаще используются в строительной практике. В таких конструкциях средний слой служит теплоизолятором или звукопоглотителем, для этого используются материалы, имеющие низкий коэффициент теплопроводности и хорошие звукоизоляционные свойства. Прочность, устойчивость и внешний вид конструкции придают наружные облицовочные слои, поэтому их выполняют из материалов с высокими прочностными характеристиками и высокими потребительскими свойствами.

Следует отметить, что 95 % всех сэндвич-панелей, производимых за рубежом, имеют наполнители из пенополиуретана. Пенополиуретан является неплавкой термореактивной пластической массой с ячеистой структурой. В его объеме 97 % занимают полости и поры, заполненные газом фторхлорметаном с низкой теплопроводностью. Это придаёт материалу высокую механическую прочность. Сэндвич-панели – продукт, обладающий рядом несомненных преимуществ перед кирпичом, бетоном и другими строительными материалами.

Теория слоистых элементов конструкций начала разрабатываться в конце 40-х годов XX века. Существенный вклад в ее развитие внесли Александров, Болотин, Горшков, Григолюк, Королев, Новичков, Чулков, ряд зарубежных авторов, а также белорусская школа механики. На сегодняшний день создание общей теории квазистатического деформирования трехслойных элементов конструкций еще не завершено и интенсивно продолжается.

В качестве примера здесь приведено аналитическое решение краевой задачи о термосиловом деформировании трехслойной круговой пластины локальной нагрузкой в температурном поле. Численная апробация решения проведена в случае металлополимерного стержня.

**1 Постановка краевой задачи.** Рассматривается несимметричная по толщине трехслойная круговая пластина. Постановка задачи и ее решение проводится в цилиндрической системе координат  $r, \varphi, z$ . Срединная плоскость заполнителя принимается за координатную. Для тонких внешних несущих слоев принимаются гипотезы Кирхгофа, для толстого жесткого заполнителя, воспринимающего нагрузку в тангенциальном направлении, справедлива гипотеза Тимошенко о прямолинейности и несжимаемости деформированной нормали.

Считаем, что к наружной поверхности первого несущего слоя приложены осесимметричные распределенные нагрузки  $q(r), p(r)$  и подводится тепловой поток  $q_r$ . Поверхность  $z = -c - h_2$  и контур пластины теплоизолированы. Это позволяет температурное поле  $T(z)$  вычислять по известной формуле. Для связи деформаций и напряжений воспользуемся соотношениями закона Гука в девиаторно-шаровой форме:

$$s_{\alpha}^{(k)} = 2G_k(T_k)\varepsilon_{\alpha}^{(k)}, \quad \sigma^{(k)} = 3K_k(T_k)(\varepsilon^{(k)} - \alpha_{0k}T_k) \quad (k=1,2,3), \quad s_{rz}^{(3)} = 2G_k(T_k)\varepsilon_{rz}^{(3)} \quad (\alpha=r,\varphi),$$

где  $s_{\alpha}^{(k)}, \varepsilon_{\alpha}^{(k)}$  – девиаторные,  $\sigma^{(k)}, \varepsilon^{(k)}$  – шаровые части тензоров напряжений и деформаций;  $G_k(T_k), K_k(T_k)$  – температурно-зависимые модули сдвига и объемного деформирования;  $\alpha_{0k}$  – коэффициент линейного температурного расширения материала  $k$ -го слоя.

Рассмотрим изгиб круговой трехслойной пластины нагрузкой, равномерно распределенной по кольцу относительного радиуса  $a \leq r \leq b$ , перпендикулярно внешнему слою:

$$q = q_0(H_0(b-r) - H_0(a-r)).$$

Общее решение краевой задачи следующее. Сдвиг в заполнителе  $\psi(r)$ :

$$\psi = C_2 I_1(\beta r) + C_3 K_1(\beta r) + \frac{\gamma_1 q_0}{2\beta^2} H_0(b-r) \left[ \frac{b^2}{r} - r + 2b(K_1(\beta b)I_1(\beta r) - I_1(\beta b)K_1(\beta r)) \right] -$$

$$-\frac{\gamma_1 q_0}{2\beta^2} H_0(a-r) \left[ \frac{a^2}{r} - r + 2a(K_1(\beta a)I_1(\beta r) - I_1(\beta a)K_1(\beta r)) \right] + \frac{C_1 \gamma_1}{\beta^2 r}.$$

Прогиб  $w(r)$  и радиальное перемещение  $u(r)$  круговой трехслойной пластины под действием кольцевой нагрузки:

$$w = \frac{1}{b_3} \left[ b_2 \left( \frac{C_2}{\beta} I_0(\beta r) + \int \psi_r dr \right) - \int \left( \frac{a_2}{a_1} L_2^{-1}(p) - L_3^{-1}(q) \right) dr + \frac{C_3 r^2}{4} + C_4 \right],$$

$$u = \frac{a_3}{a_1 a_6 - a_3^2} \left[ L_3^{-1}(q) - \frac{a_6}{a_3} L_2^{-1}(p) + \left( a_5 - \frac{a_2 a_6}{a_3} \right) \psi + C_7 r \right],$$

где

$$\int L_3^{-1}(q) dr = q_0 \left[ \frac{r^4 - 5b^4}{64} - \frac{b^4}{16} \ln\left(\frac{r}{b}\right) - \frac{b^2 r^2}{8} \ln\left(\frac{r}{b}\right) + \frac{b^2 r^2}{16} \right] H(b-r) -$$

$$- q_0 \left[ \frac{r^4 - 5a^4}{64} - \frac{a^4}{16} \ln\left(\frac{r}{a}\right) - \frac{a^2 r^2}{8} \ln\left(\frac{r}{a}\right) + \frac{a^2 r^2}{16} \right] H(a-r),$$

$$\int \psi dr = \frac{C_2 I_0(\beta r)}{\beta} - \frac{C_3 K_0(\beta r)}{\beta} + \frac{C_1 \gamma_1}{\beta^2} \ln(r) + \frac{\gamma_1 q_0}{2\beta^2} H_0(b-r) \times$$

$$\times \left[ \frac{b^2 - r^2}{2} + b^2 \ln\left(\frac{r}{b}\right) + \frac{2b}{\beta} (K_1(\beta b)I_0(\beta r) + I_1(\beta b)K_0(\beta r)) - \frac{2}{\beta^2} \right] - \frac{\gamma_1 q_0}{2\beta^2} \times$$

$$\times H_0(a-r) \left[ \frac{a^2 - r^2}{2} + a^2 \ln\left(\frac{r}{a}\right) + \frac{2a}{\beta} (K_1(\beta a)I_0(\beta r) + I_1(\beta a)K_0(\beta r)) - \frac{2}{\beta^2} \right].$$

Константы интегрирования при шарнирном опирании контура:

$$C_4 = \frac{b_2}{b_3} \left( -\frac{C_2 I_0(\beta)}{\beta} + \frac{C_3 K_0(\beta)}{\beta} \right) - \frac{1}{4b_3} (C_1 + C_5),$$

$$C_5 = q_0 \frac{a_3^2 - a_1 b_3 + a_7 a_1}{4a_1(a_6 + a_7)} \left( b^2 \left( 1 - \frac{b^2}{2} \right) - a^2 \left( 1 - \frac{a^2}{2} \right) \right) - \frac{6b_3}{a_6 + a_7} \sum_{k=1}^3 \alpha_{0k} \int_{h_k} K_k T_k z dz,$$

$$C_7 = \frac{2a_3}{a_1(a_6 + a_7)} \left( 3 \sum_{k=1}^3 \alpha_{0k} \int_{h_k} K_k T_k z dz + \frac{q_0 b^2}{4} \left( 1 - \frac{b^2}{2} \right) - \frac{q_0 a^2}{4} \left( 1 - \frac{a^2}{2} \right) \right),$$

Численные расчеты показали существенное влияние температуры на перемещения в пластине.  
Работа выполнена при финансовой поддержке БР ФФИ (проект Т18Р-090).

УДК 539.37

## ВЗАИМОВЛИЯНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОТВЕРСТИЙ В НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОЙ КОМПОЗИТНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКЕ

Е. А. СТОРОЖУК, В. А. МАКСИМЮК, И. С. ЧЕРНЫШЕНКО  
Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, г. Киев

Тонкие цилиндрические оболочки, как несущие элементы современных конструкций, находят широкое применение в авиа- и судостроении, ракетостроении, химическом и нефтяном машиностроении, на транспорте. В большинстве случаев эти элементы по конструктивным или технологическим соображениям имеют отверстия различной формы.

Рассмотрим тонкую цилиндрическую оболочку радиуса  $R$  и толщины  $h$ , которая изготовлена из ортотропного композитного материала (КМ) и ослаблена двумя или большим количеством прямоугольных отверстий (рисунок 1). Отнесем оболочку к ортогональной системе координат  $(x, y, \gamma)$ , где  $x, y, \gamma$  – длины образующей, направляющей и нормали к срединной поверхности оболочки.

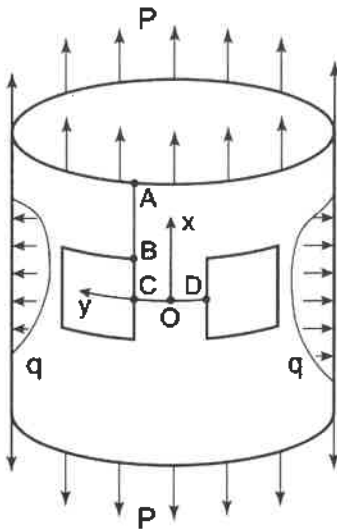


Рисунок 1 – Цилиндрическая оболочка с прямоугольными отверстиями

Геометрические соотношения представим в векторной форме согласно теории неполигих оболочек, в которой имеют место гипотезы Кирхгофа-Лява:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \cdot \bar{e}_x; & \varepsilon_{22} &= \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \cdot \bar{e}_y; & \varepsilon_{12} &= \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \cdot \bar{e}_y + \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \cdot \bar{e}_x; \\ \mu_{11} &= -\frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial x} \cdot \bar{e}_x; & \mu_{22} &= -\frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial y} \cdot \bar{e}_y; & 2\mu_{12} &= -\frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial x} \cdot \bar{e}_y - \frac{\partial \bar{\varphi}}{\partial y} \cdot \bar{e}_x; \end{aligned} \quad (1)$$

$$e_{11} = \varepsilon_{11} + \gamma \mu_{11}; \quad e_{22} = \varepsilon_{22} + \gamma \mu_{22}; \quad e_{12} = \varepsilon_{12} + 2\gamma \mu_{12},$$

где  $\varepsilon_{ij}$  и  $\mu_{ij}$  – компоненты мембранной и изгибной деформаций оболочки;  $\bar{u} = u\bar{e}_x + v\bar{e}_y + w\bar{n}$  – вектор перемещений точек срединной поверхности;  $\bar{e}_x, \bar{e}_y, \bar{n}$  – орты ортогональной системы координат  $(x, y, \gamma)$ ;  $\bar{\varphi} = \varphi_x \bar{e}_x + \varphi_y \bar{e}_y$  – вектор углов поворота касательных к координатным линиям, которые определяются по формулам:  $\varphi_x = \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \cdot \bar{n}$ ;  $\varphi_y = \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \cdot \bar{n}$ .

Предполагая, что нагружение простое, воспользуемся нелинейными физическими соотношениями деформационной теории пластичности анизотропных сред:

$$\begin{aligned} e_{11} &= \left( \frac{1}{E_{11}} + \Psi q_{1111} \right) \sigma_{11} + \left( -\frac{\nu_{12}}{E_{22}} + \Psi q_{1122} \right) \sigma_{22}; \\ e_{22} &= \left( -\frac{\nu_{21}}{E_{11}} + \Psi q_{2211} \right) \sigma_{11} + \left( \frac{1}{E_{22}} + \Psi q_{2222} \right) \sigma_{22}; \\ e_{12} &= \left( \frac{1}{G_{12}} + 4\Psi q_{1212} \right) \sigma_{12}, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $E_{11}, E_{22}, G_{12}, \nu_{12}, \nu_{21}$  – упругие постоянные КМ;  $q_{1111}, q_{2222}, q_{1122}, q_{1212}$  – компоненты тензора, учитывающего анизотропию нелинейных свойств композита;  $\Psi$  – функция, описывающая нелинейное деформирование материала.

Систему разрешающих уравнений получим из принципа возможных перемещений с использованием метода дополнительных напряжений и метода конечных элементов.

В качестве числового примера представим результаты исследования нелинейно-упругого состояния ортотропной цилиндрической оболочки радиуса  $R/h=100$ , ослабленной двумя одинаковыми квадратными отверстиями со стороны  $a/h=20$ . Длина оболочки составляет  $L/h=200$ , а расстояние между контурами отверстий (длина перемычки CD) при выполнении расчетов изменялось в пределах  $10 \leq d/h \leq 80$ . Оболочка изготовлена из слоистого органопластика, в котором в качестве армирующего наполнителя используют жгут СВМ и связующего – эпоксидную смолу ЭДТ-10.

На рисунке 2 показана зависимость максимальных осевых напряжений  $\tilde{\sigma}_{\max}$  ( $\sigma_{\max} = \tilde{\sigma}_{\max} \cdot 10^5$  Па) от приведенной длины перемычки  $\tilde{d} = d/a$  при действии на торцах оболочки растягивающих усилий интенсивности  $\tilde{P} = 1400$  ( $P/h = \tilde{P} \cdot 10^5$  Па). Пунктирная кри-

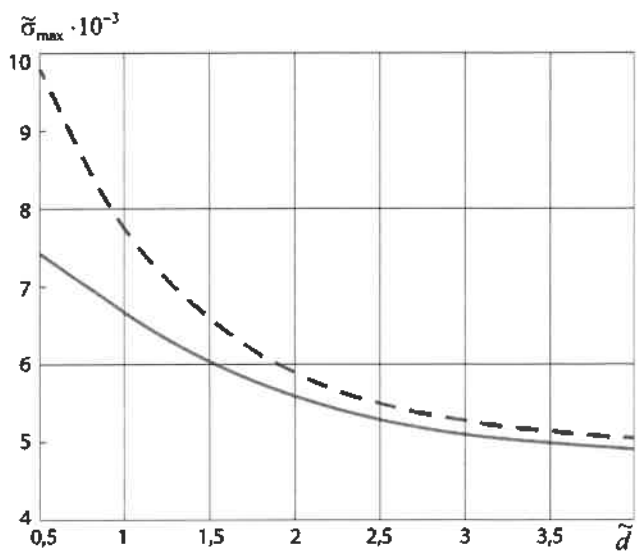


Рисунок 2 – Зависимость максимальных напряжений от длины перемычки



вая соответствует решению линейно-упругой задачи (ЛЗ), а сплошная – решению нелинейной задачи (НЗ).

Из полученных результатов следует, что наибольшие напряжения в оболочке имеют место в угловой точке В на внешней поверхности. С уменьшением длины перемычки наибольшие напряжения увеличиваются в 2,8 раза как для ЛЗ, так и НЗ. Учет физической нелинейности приводит к уменьшению максимальных напряжений по сравнению с результатами линейно-упругого решения, соответственно, на 19,2 % для  $\tilde{d} = 0,5$ , на 5,5 % для  $\tilde{d} = 2,0$  и на 2,8 % для  $\tilde{d} = 4,0$ .

Анализ представленных результатов также позволяет сделать вывод о том, что при исследовании напряженно-деформированного состояния композитных цилиндрических оболочек, ослабленных двумя квадратными отверстиями, с учетом нелинейных свойств материала для длины перемычки, превышающей четыре длины стороны отверстия, взаимным влиянием контуров отверстий можно пренебречь.

УДК 656.11

### **К ВОПРОСУ О МАКРОСКОПИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В МЕГАПОЛИСАХ**

*И. Э. СУЛЕЙМЕНОВ, Ш. Б. КАБДУШЕВ, К. Н. КАДЫРЖАН, В. Н. ЕВСТИФЕЕВ, Е. С. ВИТУЛЁВА  
НАО «Алматинский университет энергетики и связи», Казахстан*

С изменением экономической модели в крупных городах постсоветского пространства возникла вполне определенная проблема, связанная с возникновением многочисленных заторов на дорогах. В таком городе, как Алматы резкая интенсификация автомобильного движения приводит к многочисленным негативным последствиям, к числу которых относится резкое увеличение аварийности, а также загрязнение воздушного бассейна. Для регулирования автомобильного движения в Алматы предпринимаются самые различные меры: строятся новые развязки, расширяются существующие магистрали, в последние годы часть улиц в центре города были сделаны односторонними.

Однако все эти меры не приводят к кардинальному изменению ситуации. В связи с этим проблема регулирования, в том числе и макроскопического, транспортных потоков остается более чем актуальной.

Одно из предложений, которое было высказано уже давно, связано с индивидуальными действиями водителей, нацеленными на выбор ими оптимального маршрута. Действительно, современные навигационные системы в сочетании с картами, отражающими реальную обстановку на дорогах, позволяют выбрать маршрут, оптимальный не только с точки зрения географии, но и с точки зрения реальной загруженности трассы. При условии, что оптимизация осуществляется в массовом порядке, существует возможность оптимизировать транспортный поток в целом. Однако существующие системы, обеспечивающие сбор информации на дорогах, обладают целым рядом недостатков. Во-первых, сбор информации происходит с использованием не вполне надежных источников, а во-вторых, эти системы не обеспечивают прогнозирование загруженности улично-дорожной сети с горизонтом хотя бы в одни сутки.

В настоящей работе показано, что существует возможность для системного решения этой проблемы на основе той информации, которая может быть собрана при помощи сведений, которые уже находятся в распоряжении операторов сотовой связи. Действительно, операторы сотовой связи фактически отслеживают перемещение любого из абонентов, как минимум в части перемещения абонента из одной соты в другую; в противном случае невозможно было бы определить соту, в которой абонент находится в данный момент, и обеспечить связь с ним.

Поскольку размеры сот в настоящее время являются достаточно малыми, то фиксация перехода абонента из одной соты в другую фактически означает, что отслеживается его перемещение в пределах города. Учитывая, что данная информация может быть получена в течение достаточно длительного времени, то есть характер перемещения каждого абонента по городу де-факто известен,

существует возможность прогнозировать макроскопическое распределение автотранспорта в пределах улично-дорожной сети с достаточно большим горизонтом прогноза.

Именно это и составляет принципиальное отличие той информации, которая может быть получена на основании данных, имеющихся в распоряжении оператора сотовой связи, от всех других, собираемых иными средствами, например с помощью видеонаблюдения.

В свою очередь, возможность обеспечения долгосрочного прогноза позволяет водителям автотранспорта существенно пересмотреть характер использования навигационных систем (при условии их комплектации программными продуктами, обеспечивающими прогноз). А именно, каждый из водителей приобретает возможность осуществить планирование своих поездок не только ситуативно (то есть в тот момент, когда он уже выехал на дорогу), но и оптимизировать их заранее (то есть выбрать оптимальное для себя время, выбрать оптимальный маршрут и вносить в него минимальные коррективы непосредственно в процессе поездки).

Далее, та информация, которая находится в распоряжении операторов сотовой связи, в сочетании с теми рекомендациями, которые получает каждый пользователь, позволяет оценить, насколько эффективным является информационное воздействие, оказываемое в форме выдачи рекомендаций. Эта информация в свою очередь может служить основой для того, чтобы выдавать прогнозы с учетом характера поведения водителей. Иными словами, прогноз может быть выдан с предварительным внесением корректировок на реакцию сообщества водителей на рекомендации. Это означает, что в этом случае возникает возможность для прямой оптимизации движения на дорогах в целом.

Этот подход будет работать тем эффективнее, чем выше уровень доверия водителей к системам прогнозирования. В силу этого представляется целесообразным, в том числе, разработать и дополнительные средства, обеспечивающие привлекательность такого рода систем для водителей автотранспорта, по крайней мере в таком городе, как Алматы.

В данной работе предложен ряд мер, которые будут способствовать популяризации прогностических автотранспортных систем среди пользователей. Один из вариантов непосредственно связан с обеспечением прогностическими средствами транспортных и логистических компаний. Их заинтересованность в такого рода средствах является очевидной в силу того, что обеспечивается экономия рабочего времени доставщиков той или иной продукции, а также экономия горюче-смазочных материалов. Менее очевидной областью применения является разработка прогностических систем, которая предназначена для индивидуальных пользователей. Следует подчеркнуть, что именно популяризация прогностических систем среди индивидуальных пользователей в большей степени отвечает решению поставленной задачи в силу того, что именно они и создают основную нагрузку на улично-дорожную сеть.

В данной работе предложен нетривиальный подход к решению данной проблемы, основанный на том, что представление о резко негативном воздействии факторов окружающей среды на здоровье человека в городе Алматы являются весьма широко распространенными среди населения. Иначе говоря, подавляющее большинство жителей города твердо отдает себе отчет в том, что экологическая обстановка является крайне неблагоприятной, и им необходимо принимать индивидуальные меры, поскольку решение её на уровне муниципальных властей в обозримом будущем не ожидается. В первую очередь это связано с проблемами сугубо экономического характера. Попытки ограничить интенсивность транспортного движения в Алматы неизбежно вызовут резко негативные экономические последствия. Иначе говоря, решение данной проблемы должно идти снизу непосредственно от горожан, которые, будучи вооруженными соответствующими программными средствами, вполне смогут внести существенный вклад.

Конкретно речь идёт о том, чтобы дать в распоряжение горожан программные средства, обеспечивающие оптимизацию их маршрута движения по городу с точки зрения снижения негативного влияния положения на дорогах на их личное здоровье. Целый ряд объективных данных показывает, что уровень загрязненности в городе Алматы существенным образом варьируется как в пределах суток, так и по географическим зонам. Упрощая, загрязнённость в отдельных районах центра города значительно выше нежели на окраинах. Кроме того, даже визуальное наблюдение с гор, окружающих город Алматы, отчётливо показывает, что в утренние часы воздух является практически чистым, тогда как к 11 часам утра город практически полностью покрыт облаком смога, и строения становятся уже неразличимыми даже для наблюдателя, находящегося на предгорьях, примыкаю-

щих к городу. Следовательно, наличие резко неоднородного распределения загрязнения в пространстве и по времени позволяет поставить задачу следующим образом. Каков должен быть оптимальный маршрут с точки зрения максимального снижения вредного влияния на здоровье водителя? По крайней мере можно указать вполне определенную категорию граждан, для которых такой вопрос станет более чем актуальным, в том числе это молодые родители.

В данной работе соответствующий программный продукт был реализован. Основой для него является геолокация, проводимая на основе типовых приемов, связанных с функционированием базовых станций сотовой связи, а также экологическая карта города, встроенная непосредственно в программный продукт. С использованием данного программного продукта пользователь может определить относительную величину воздействия негативных факторов окружающей среды на его собственный организм. Следующим шагом могут стать программные продукты, которые позволяют спланировать поездки по городу с точки зрения максимального снижения экологического риска. Подчеркнем, что данный фактор для жителей города Алматы является отнюдь не абстракцией. Резкое увеличение степени загрязнённости вблизи наиболее оживленных автотрасс в часы пик ощущается органолептически. Следовательно, даже сама постановка вопроса о создании такого рода продуктов является определенным шагом на пути снижения экологического риска, во-первых, а во-вторых, отвечает базовой задаче данной работы – популяризации прогностических систем индивидуального пользования.

УДК 678.84/.86

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ

*ТАНГ ЗИН ХЭЙН, ЧЖО ЙЕ КО, Л. Н. РАВИНСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Рассматриваются полимерные материалы, модифицированные введением сферических включений. Для повышения тепловых характеристик таких материалов в них добавляют частицы с высокими тепловыми свойствами. Исследования показали на существенное изменение тепловых и прочностных свойств материала. Показано, что на физические свойства действуют и характерный размер включения, их форма, а также их распределение по объему матрицы. В рамках данного исследования рассматриваются сферические включения, равномерно распределенные по объему. Для моделирования подобной структуры применяется программное обеспечение Digimat. В качестве матрицы использовалась эпоксидная смола, а в качестве включений – стеклянные сферы, с характерным размером сферы порядка 70 мкм. Для фиксации распределения частиц по объему для образца проводилась рентгеновская томография. Каждый образец испытывался на теплопроводность и последующее испытание на трех точечный изгиб. После механических испытаний для характерного образца делался шлиф и производилась микроскопия образца. Выбрано оптимальное процентное значение с учетом тепловых и механических свойств материала. Приводятся примеры расчетов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-01-00837).

### Список литературы

- 1 Nonlinear deforming of laminated composite shells of revolution under finite deflections and normals rotation angles / V. G. Dmitriev [et al.] // Russian aeronautics. – 2017. – Vol. 60. – No. 2. – P. 169–176.
- 2 Плоская задача дифракции акустической волны давления на криволинейном препятствии / А. Г. Горшков [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия Механика твердого тела. – 2003. – № 3. – С. 148–155.
- 3 Нестационарная задача дифракции цилиндрической акустической волны давления на тонкой оболочке в форме эллиптического цилиндра / А. Г. Горшков [и др.] // International journal for computational civil and structural engineering. – 2007. – Vol. 3. – No. 2. – P. 82–93.
- 4 Fabrication of porous silicon nitride ceramics using binder jetting technology / L. Rabinskiy [et al.] // International Seminar on Interdisciplinary Problems in Additive Technologies : IOP conference Series: materials Science and Engineering. – 2016. – P. 12–23.

## РЕШЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК РАЗЛИЧНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ, ЗАЖАТЫХ МЕЖДУ АБСОЛЮТНО ЖЕСТКИМИ ПЛАСТИНАМИ

*АУНГ ЧДКО ТХУ, Л. Н. РАБИНСКИЙ*

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Для зажатой между абсолютно жесткими пластинами цилиндрической оболочки круглого, овального и прямоугольного сечений, находящейся под давлением, исследовалась зона контакта. Каждая оболочка располагалась между жесткими плитами без зазора, и подвергалась одинаковому давлению, равному 10 атм. Для каждого варианта оболочки производилось численные расчеты на основе конечно-элементной модели и использовалось аналитическое решение, построенное на основе модели тонких пластин Кирхгоффа и оболочки Кирхгоффа-Лява, нагруженных равномерным давлением, в приближении малых и больших прогибов и с учетом наличия контактного взаимодействия с жесткой поверхностью. Аналитические расчеты проводятся в упругой постановке в приближении плоского деформированного состояния. В результате численного решения контактной задачи в геометрически-нелинейной постановке дается оценка ширины зоны контакта. Трехмерные модели оболочек построены с использованием элементов типа shell и модели Миндлина-Рейсснера. Для рассматриваемых металлических оболочек используется критерий Мизеса для оценки прочности. Каждый вариант расчета подтверждался экспериментальным исследованием на испытательном стенде. Приводятся примеры расчетов по определению зоны контакта для оболочек различного поперечного сечения.

Работа выполнена в Московском авиационном институте в рамках выполнения гранта РФФИ (проект № 20-01-00517).

### Список литературы

- 1 Nonlinear deforming of laminated composite shells of revolution under finite deflections and normals rotation angles / V. G. Dmitriev [et al.] // Russian Aeronautics. – 2017. – Vol. 60. – No. 2. – P. 169–176.
- 2 Плоская задача дифракции акустической волны давления на криволинейном препятствии / А. Г. Горшко // Известия Российской академии наук : Серия Механика твердого тела. – 2003. – No. 3. – С. 148–155.
- 3 Formalev, V. F. Localization of thermal disturbances in nonlinear anisotropic media with absorption / V. F. Formalev, E. L. Kuznetsova, L. N. Rabinskiy // High Temperature. – 2015. – Vol. 53. – No. 4. – P. 548–553.
- 4 Нестационарная задача дифракции цилиндрической акустической волны давления на тонкой оболочке в форме эллиптического цилиндра / А. Г. Горшков [и др.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2007. – Vol. 3. – No. 2. – P. 82–93.
- 5 Fabrication of porous silicon nitride ceramics using binder jetting technology / L. Rabinskiy [et al.] // International Seminar on Interdisciplinary Problems in Additive Technologies : IOP conference Series : materials Science and Engineering – 2016. – P. 012023.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ БЕЗОПАСНОСТИ

*О. И. ТКАЧЕНКО, К. А. ТКАЧЕНКО*

*Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина*

*А. А. ТКАЧЕНКО*

*Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина*

Моделирование транспортных объектов и процессов обеспечения их безопасности может основываться на разных моделях, выбор которых определяется поставленными задачами и предметной областью. Авторы предлагают использовать моделирование на основе многоуровневой модели особого класса семантических сетей (СМ) – ситуационно-семантических сетей (ССМ), в которых ситуации обуславливают не только описание модели на любом ее уровне, но и переход от одного уровня к другому. СМ, которая используется, представляет собой систему знаний предметной области, что имеет

определенное содержание в виде целосного образа сети, узлы которой отвечают транспортным объектам (понятиям предметной области, компонентам системы, составным элементам процесса обеспечения безопасности некоторого транспортного объекта), а дуги – отношениям между ними.

Формализация СМ возможна при условии ее систематизации. Например, в модели функции отношений между понятиями систематизируются с помощью таких признаков: *отношения* (например, «абстрактное – конкретное», «целое – часть», «причина – следствие»); *условия* применения отношений; *связи* (конъюнктивные, дизъюнктивные, исключаяющее ИЛИ).

СМ может быть задана тройкой:  $M_{sm} = \{G_{sm}, H_{sm}, U_{sm}\}$ , где  $G_{sm}$  – множество элементарных транспортных объектов (узлов),  $G_{sm} \neq \emptyset$ ;  $H_{sm}$  – множество связей между узлами (дуг),  $H_{sm} \subseteq (G_{sm} \cup G_{sm})$ ;  $\text{dom}(H_{sm}) \cup \text{ran}(H_{sm}) = G_{sm}$ , где  $\text{dom}(H_{sm}) = \{y \in G_{sm} | \exists x \in G_{sm}, (x, y) \in H_{sm}\}$ ,  $\text{ran}(H_{sm}) = \{y \in G_{sm} | \exists x \in G_{sm}, (x, y) \in H_{sm}\}$ , то есть любой узел СМ инцидентен хотя бы одному узлу СМ.  $U_{sm}$  – множество нагрузок на элементы  $H_{sm}$ .  $G_{sm} = \{G_{sm}^i\}$ , где  $G_{sm}^i$  –  $i$ -й узел СМ,  $H_{sm} = \{H_{sm}^j\}$ , где  $H_{sm}^j$  –  $j$ -я дуга,  $U_{sm} = \{U_{sm}^{jk}\}$ , где  $U_{sm}^{jk}$  –  $k$ -я нагрузка на  $j$ -й дуге СМ.

При построении СМ количество элементов и их связей не ограничивается, а систематизация отношений между транспортными объектами сети необходима для последующей формализации. Систематизация отношений СМ является сложной проблемой и зависит не только от конкретных транспортных объектов, но и от происходящих процессов (в частности, процессов обеспечения безопасности транспортных объектов). При систематизации важную роль играет иерархия отношений, которые можно поделить: на общезначимые (характерные почти для всех транспортных объектов), значимые (характерные для многих транспортных объектов), специфические (характерные для отдельных транспортных объектов). Выделяют такие виды СМ:

1 *Логико-семантическая*, описывающая транспортный объект в терминах предметной области (в нашем случае – транспортной сферы), включая все непротиворечивые утверждения и факты.

2 *Структурно-функциональная*, рассматривающая транспортный объект как целостный, разделяя его на отдельные важные элементы.

3 *Причины-следственная*, использующаяся для описания динамики сложных процессов обеспечения безопасности транспортных объектов.

Авторами предлагается ССМ, которая учитывает еще и ситуативность функционирования транспортных объектов и процессов обеспечения их безопасности. Все ситуации, согласно которым осуществляется моделирование транспортного объекта или процесса обеспечения его безопасности, можно поделить на штатные и нештатные. Штатные ситуации можно поделить на общезначимые, значимые, специфические. Использование ситуаций и их типизации способствует многоуровневости предложенной модели (ССМ).

Формально ССМ можно задать так:  $M_{ssm} = \{G_{ssm}, H_{ssm}, U_{ssm}, S_{ssm}\}$ , где  $G_{ssm}$  – множество транспортных объектов (узлов),  $G_{ssm} \neq \emptyset$ ;  $H_{ssm}$  – множество связей между узлами (дуг),  $H_{ssm} \subseteq (G_{ssm} \cup G_{ssm})$ ;  $\text{dom}(H_{ssm}) \cup \text{ran}(H_{ssm}) = G_{ssm}$ , где  $\text{dom}(H_{ssm}) = \{y \in G_{ssm} | \exists x \in G_{ssm}, (x, y) \in H_{ssm}\}$ ,  $\text{ran}(H_{ssm}) = \{y \in G_{ssm} | \exists x \in G_{ssm}, (x, y) \in H_{ssm}\}$ , то есть любой узел ССМ инцидентен хотя бы одному узлу ССМ;  $U_{ssm}$  – множество нагрузок на элементы  $H_{ssm}$ ;  $S_{ssm}$  – множество ситуаций, в которых происходит функционирование ССМ.  $G_{ssm} = \{G_{ssm}^i\}$ , где  $G_{ssm}^i$  –  $i$ -й узел ССМ;  $H_{ssm} = \{H_{ssm}^j\}$ , где  $H_{ssm}^j$  –  $j$ -я дуга ССМ;  $U_{ssm} = \{U_{ssm}^{jk}\}$ , где  $U_{ssm}^{jk}$  –  $j$ -я нагрузка на  $j$ -й дуге ССМ;  $S_{ssm} = \{S_{ssm}^i\}$ , где  $S_{ssm}^i$  – ситуация, которая определяет семантику  $i$ -го узла ССМ.

*Маршрут* – последовательность узлов  $x_1, \dots, x_k$  сети  $M_{ssm}$  таких, что  $P_{ssm}^{1k} = \{(x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k)\} \in H_{ssm} \times H_{ssm}$ . Путь  $P_{ssm}^{1k} = \{x_1, \dots, x_k\}$  ведет из узла  $x_1$  в узел  $x_k$ . Маршрут  $P_{ssm}^{xy}$  из узла  $x$  в узел  $y$  является циклом, если ни один из узлов не появляется в нем больше одного раза, дуга  $(x, y) \in H_{ssm}$  и ее начало  $x$  совпадает с ее концом  $y$ .

Анализ результатов выполнения модели (СММ) предусматривает сообщение о ситуациях, в которых находился (или не находился) транспортный объект (процесс обеспечения безопасности транспортного объекта), какие ситуации для транспортного объекта недостижимы и невозможны. Анализ функционирования транспортного объекта на основе ССМ предоставляет количественные и качественные характеристики его состояний. Если в ССМ найдены недостатки, то модель модифицируется несколько раз до получения модели, адекватной транспортному объекту.

Компоненты ССМ и их действия выступают как события. Примерами событий могут быть, в частности: ситуационное определение маршрута на ССМ, согласно которому происходит вычисление значений критериев, определяющих ситуацию. Каждое событие может произойти один раз, много раз или не состояться ни разу. Это означает, что событие заблокировано и не будет реализовано до выполнения соответствующих условий.

Ситуационность модели обуславливается функционированием транспортных объектов и соответствующим классом задач. Для того, чтобы событие относительно транспортного объекта (процесса обеспечения безопасности транспортного объекта) состоялось, необходимо появление ситуаций, при которых это событие может быть реализовано.

*Ситуация* – совокупность условий возникновения события. Событие реализуется, если выполнены условия его реализации. Условие может быть невыполнено (его емкость равна нулю), выполнено (его емкость равна единице), выполнено с  $n$ -кратным запасом (его емкость равна  $n$ , где  $n$  – натуральное число).

*Показатели количественной оценки ССМ:* связность, достижимость, избыточность, компактность. Показатель связности  $\gamma_{зв}$  для ССМ с  $n$  узлами  $\gamma_{зв} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(c)}$ . Показатель избыточности

$\alpha = \gamma_{зв} - 1$ . Показатель достижимости  $\delta_d = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(d)}$ . Показатель компактности  $\kappa = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(p)}$ .

$a_{ij}^{(c)}, a_{ij}^d, a_{ij}^p$  – элементы соответствующих матриц смежности, достижимости и расстояний.

ССМ должна быть: достоверной; адекватной; целенаправленной; простой и понятной пользователю; полной; надежной; такой, что предполагает модификацию. Для адекватного отражения связи между входом и выходом в ССМ используются понятия «состояние» и «ситуация». Состояние  $z(t_i)$  является совокупностью свойств (состояний, ситуаций) ССМ, знания которых в момент времени  $t_i$ , позволяет определить его поведение в моменты времени  $t > t_i$ .

Моделирование процессов функционирования транспортных объектов, процессов обеспечения безопасности транспортных объектов должно начинаться с описания всех компонент общесистемной модели, определения их содержания и областей изменений. Необходимо определить: интервал времени, в котором происходит функционирование ССМ; входные и выходные воздействия и области их возможных изменений; множества характеристик состояния и область их возможных изменений.

Предложенная модель (ССМ): позволяет прогнозировать поведение сложных транспортных объектов, а также процессов обеспечения их безопасности; учитывает (в силу ее динамичности) возможность появления нового вида транспортных объектов и процессов обеспечения их безопасности; адекватно реагирует на локальные и глобальные факторы влияния на транспортные объекты; динамически изменяет свою форму и позволяет учитывать новые данные для более точного прогнозирования развития и совершенствования соответствующих транспортных объектов или процессов обеспечения их безопасности.

УДК 629.7.048.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ТЕПЛОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

О. В. ТУШАВИНА

*Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Система тепловой защиты летательного аппарата (ЛА) представляет собой комплекс технических средств, предназначенных для обеспечения в процессе полета необходимого эксплуатационного уровня температур как конструкции аппарата, так и его отсеков.

При создании новых летательных аппаратов ракетно-космической техники на этапе их проектирования ставится задача выбора рациональной системы тепловой защиты. При этом в качестве исходных данных для проектирования таких систем должны учитываться различные физико-химические факторы, действующие на тепловую защиту, время и место их действия, размеры и геометрическая форма ЛА, степень требуемой надежности т.д. Многолетний опыт создания таких систем показал, что неучет при разработке системы хотя бы одного из этих факторов может привести к очень серьезным, нежелательным последствиям. Классификация систем тепловой защиты определяется классом летательного аппарата. Их структура характеризуется программой, поставленной перед летательным аппаратом данного класса.

В работе рассматривается комплекс мер, позволяющий эффективно управлять активным и пассивными системами тепловой защиты ЛА.

Сделан анализ различных теплозащитных принципов, например организации транспирационного, пористого охлаждения конструкции вдувом газа в пограничный слой через проницаемую стенку и использования их при работе конструкции в кислородосодержащих средах.

Приведены примеры использования систем тепловой защиты при различных перепадах температур.

Работа выполнена в Московском авиационном институте в рамках выполнения гранта РФФИ (проект № 20-08-00880).

УДК 629.7.048.7

## МЕТОДОЛОГИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ СРЕД

*О. В. ТУШАВИНА*

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

На основе всесторонних исследований изложены основные принципы по разработке тепловой защиты современных летательных аппаратов в экстремальных условиях.

Из комплекса задач, возникающих при исследовании и разработке тепловой защиты летательных аппаратов ракетно-космической техники, наиболее сложной является изучение особенностей механизма разрушения теплозащитных материалов (ТЗМ) в условиях, соответствующих траекторным факторам воздействия. Как отмечалось ранее, физическая природа этих факторов и диапазон изменения их параметров достаточно широк. Например, в случае теплосилового воздействия температура торможения набегающего потока может меняться от нескольких сот градусов до нескольких тысяч и даже десятков тысяч градусов, а давление торможения – от  $10^3$  Па до  $10^7$  Па. Тепловая защита многофазовой космической системы, начиная с момента предстартовой подготовки и до момента завершения летной программы-посадки, должна выдержать различные внешние факторы [1–4]. В силу сложности большинства физико-химических процессов, сопутствующих механизму разрушения ТЗМ, последний может быть детально изучен только с помощью широких экспериментальных исследований. Наконец, сочетание теории и результатов экспериментальных исследований дает возможность разработать математические модели расчета тепловой защиты, сконструированной из комплекса самых разнообразных по назначению ТЗМ.

Экспериментально-теоретические принципы теплозащиты предполагают совместное проведение стендовых климатических испытаний [5, 6] теплозащитных материалов многофазового использования. На основе полученных данных проводится математическое моделирование и численный эксперимент для получения основных конструктивных параметров системы тепловой защиты современных летательных аппаратов.

Работа выполнена в Московском авиационном институте в рамках выполнения гранта РФФИ (проект № 20-08-00880).

### Список литературы

1 Афанасьев, В. А. Тепло- и массообмен при взаимодействии космических тел с высокоскоростным газовым потоком / В. А. Афанасьев, О. В. Тушавина, Ю. В. Чудецкий // Международная конференция «Тунгуска-96». – Болонья (Италия), 1996. – С. 31.

2 Проблемы испытаний углерод-углеродных композитов для тепловой защиты высокоскоростных летательных аппаратов / В. А. Афанасьев [и др.] // Полет. – 2004. – № 3. – С. 40–45.

3 Исследование свойств пористых теплозащитных материалов в условиях резкого изменения давления, бароудара / В. А. Афанасьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия Авиационная техника. – 2017. – № 4. – С. 158–161.

4 Tushavina, O. V. Reducing the infiltration at vacuum chambers to obtain ultrahigh vacuum / O. V. Tushavina // Russian Engineering Research. – 2017. – Vol. 37. – No. 5. – P. 397–400.

5 Афанасьев, В. А. Методы и средства экспериментальной обработки многофазовых теплозащитных материалов в условиях климатических воздействий / В. А. Афанасьев, О. В. Тушавина // Вестник Московского авиационного института. – 2016. – Т. 23. – № 4. – С. 95–102.

6 Rabinskiy, L. N. Experimental investigation and mathematical modelling of heat protection subjected to high-temperature loading / L. N. Rabinskiy, O. V. Tushavina // Periodico Teche Quimica. – 2018. – No. 15(1). – P. 321–329.

## ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БОКОВОЙ РАМЫ ДВУХОСНОЙ ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Ш. С. ФАЙЗИБАЕВ, Т. Т. УРАЗБАЕВ, Ж. Х. НАФАСОВ

*Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Республика Узбекистан*

Рассмотрены вопросы повышения механических свойств боковой рамы грузовых вагонов путем добавления комплексных модификаторов в сталь марки 20ГЛ в стопорном ковше.

Рассматривается способ улучшения стали проволочным модификатором типа (Fe-Al) добавлением в стопорный ковш кусками в определённой пропорции.

**Актуальность темы.** Подвижной состав железнодорожного транспорта имеет тенденцию к увеличению скоростей и общей нагрузки. Поэтому стальные литые детали подвижного состава железнодорожного транспорта подвергаются большим динамическим и ударным нагрузкам и при этом работают в тяжелых условиях при неблагоприятном температурном режиме, в том числе при отрицательных температурах. Актуальной задачей является повышение эксплуатационной стойкости таких деталей путем обеспечения более высоких свойств стали и особенно её ударной вязкости.

Целью работы является повышение механических свойств боковой рамы двухосной тележки путём добавлением комплексных модификаторов в электросталь 20ГЛ при расплавленном металле индукционной печи.

**Методы исследования.** Опытные плавки проводились на ДП «Литейно-механический завод» в индукционной печи типа “Otto Junker” емкостью 6 тонн с основной футеровкой. В качестве шихтовых материалов использовали отходы стали марки 20ГЛ. После расплавления твердой шихты удаляли шлак и снимали первую пробу на химический анализ. В индукционных печах процесс дефосфорации расплава происходит частично, то есть ниже температуры 1550 °С идёт процесс удаления фосфора и других вредных примесей.

1-й этап. Эксперимент начинался введением в новый шлак извести 16,6 кг и плавящего шпата 5 кг для десульфурации на 1 тонну стали. В результате добавок образовался белый шлак, который ускорила процесс десульфурации. После десульфурации удалили шлак и сняли вторую пробу для проведения химического анализа. Затем модифицировали химический состав расплава с добавлением ферросилиция и ферромарганца до требуемого содержания [1]. После расплавления ферросплавов брали третью пробу для проведения химического анализа. Когда состав сплава соответствует марке 20ГЛ, далее корректируется температура расплава с помощью погружной термопары, затем передаётся в ковш. Конечное раскисление расплава проводилось с добавлением кускового алюминия в стопорный ковш в количестве 0,9–1,2 кг на тонну стали, перед заливанием металла в форму. Измеряется итоговая температура сплава при помощи погружной термопары, если температура расплава соответствует заливочной температуре сплава, то тогда горячий сплав можно передавать в заливочный участок. Во время заливки отбирается ковшовая четвёртая проба для итоговой проверки химического анализа.

2-й этап. Эксперимент проводился аналогично последовательно с первым после раскисления расплава алюминием добавлением комплексных модификаторов типа «Феррованадий-алюминий-кальциевую (Fe-V-Al-Ca)» проволоку с непрерывной подачей в ковш, в пропорции 1,6–2,5 кг на тонну стали во время заливки металла в ковш.

Результаты экспериментов приведены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Химсостав расплава без комплексного модификатора

Плавка № 1125	Массовая доля содержания элементов, %					
	C	Si	Mn	S	P	V
				не более		
Проба 1	0,175	0,345	0,335	0,039	0,028	0,012
»	0,150	0,447	0,337	0,014	0,024	0,015
»	0,208	0,464	1,45	0,014	0,029	0,020
<b>Ковшовая проба № 4</b>	<b>0,186</b>	<b>0,495</b>	<b>1,41</b>	<b>0,010</b>	<b>0,025</b>	<b>0,020</b>
Плавка № 1126						
Проба 1	0,162	0,204	0,330	0,035	0,022	0,008
»	0,242	0,403	0,340	0,014	0,028	0,008
»	0,198	0,414	1,31	0,016	0,027	0,009
<b>Ковшовая проба № 4</b>	<b>0,212</b>	<b>0,513</b>	<b>1,34</b>	<b>0,014</b>	<b>0,021</b>	<b>0,009</b>



Таблица 2 – Химсостав расплава с комплексными модификаторами

Плавка № 1132	Массовая доля содержания элементов, %					V
	C	Si	Mn	S	P	
				не более		
Проба 1	0,138	0,264	0,320	0,029	0,030	0,045
»	0,178	0,330	0,318	0,011	0,029	0,030
»	0,192	0,335	1,21	0,014	0,028	0,020
<b>Ковшовая проба № 4</b>	<b>0,192</b>	<b>0,335</b>	<b>1,21</b>	<b>0,016</b>	<b>0,025</b>	<b>0,063</b>
Плавка № 1133						
Проба 1	0,165	0,155	0,269	0,046	0,025	0,006
»	0,182	0,379	0,270	0,017	0,023	0,015
Проба 3	0,158	0,345	1,25	0,018	0,025	0,015
<b>Ковшовая проба № 4</b>	<b>0,158</b>	<b>0,345</b>	<b>1,19</b>	<b>0,018</b>	<b>0,025</b>	<b>0,068</b>

Таблица 3 – Результаты механических испытаний образцов

Наименование параметра	По НД	Фактические номер плавки				Соответствие параметров
		1125	1126	1132	1133	
		Среднее значение				
Предел текучести, МПа	Не менее 343	390	413	493	507	Соответствует
Временное сопротивление, МПа	»	617	603	641	666	Соответствует
Относительное удлинение, %	»	19,7	22,1	20,7	23,9	Соответствует
Относительное сужение, %	»	40	42,2	31,3	51	Соответствует
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup> при (-60 °С)	»	204	212	221	221	Соответствует

**Заключение.** Исследование показало, что процесс десульфурации металла добавлением извести в количестве 16,6 кг и плавящего шпата 5 кг на тонну сплава улучшает удаление вредных примесей, таких как сера на 60 %, а фосфор – от 10–15 %.

Результаты исследования показывают, что за счёт добавления в расплав комплексных модификаторов типа (Fe-Al-V-Ca) улучшаются механические свойства стали 20ГЛ на  $\sigma_s = 666$  МПа, а  $KCV = 221$  кДж/м<sup>2</sup>.

Исходя из проведённых исследований, модифицирование стали марки 20ГЛ комплексными модификаторами является целесообразным для выплавки литых деталей тележек грузовых вагонов.

#### Список литературы

- 1 Анализ причин повреждения и возможности продления срока службы боковых рам тележек грузовых вагонов / В. И. Сенько [и др.] // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2010. – № 4. — С. 13–18.
- 2 Температурная зависимость десульфурации металла в сталеплавильных агрегатах / Г. И. Котельников [и др.] // Электromеталлургия. – 2010. – № 8.
- 3 Григорович, К. В. Анализ процессов комплексного раскисления расплавов углеродистых сталей / К. В. Григорович, А. К. Гарбер // Металлы. – 2011. – № 5.
- 4 Сойфер, В. М. Выплавка стали в кислых электропечах / В. М. Сойфер. – М. : Машиностроение, 2009.

УДК 536.2

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ СОЛИТОНОВ В ОГРАНИЧЕННЫХ ОБЛАСТЯХ

В. Ф. ФОРМАЛЕВ, С. А. КОЛЕСНИК, Е. Л. КУЗНЕЦОВА  
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Теоретически волновой теплоперенос описывается уравнением теплопроводности гиперболического типа, имеющим волновое слагаемое (вторая производная температуры по времени) и диссипативное слагаемое (первая производная температуры по времени).

На основе этого уравнения волновой теплоперенос рассматривался в работах [1–10]. В работе [11] приведен анализ волнового теплопереноса на основе двух времен релаксации (по теплопереносу и по упругости).

Следует отметить, что волновой теплоперенос возникает не только из-за наличия времени релаксации, но также из-за нелинейности теплофизических характеристик среды, зависящих от температуры [12–15].

В работе на основе анализа задач о волновом теплопереносе в ограниченных телах развита теория тепловых изолированных волн (солитонов) для исследования процессов теплопереноса в окрестности начального момента времени и в окрестности границ ограниченного тела, то есть масштабы времени соизмеримы с временем релаксации (наносекунды), а масштабы пространственной переменной измеряются в нанометрах. Получено новое аналитическое решение задачи волнового теплопереноса на основе уравнения теплопроводности гиперболического типа под действием серии солитонов, с помощью которого проанализировано взаимодействие отдельных солитонов друг с другом, поглощение и отражение солитонов от границ тела. Анализ большого числа численных результатов показал, что тепловые солитоны отражаются не так как механические, поскольку на теплоизолированных стенках вначале происходит поглощение стеной тепловой энергии солитона, а затем происходит отвод энергии теплопроводностью в противоположном направлении. Результаты работы могут использоваться при тепловом взаимодействии мощных излучений с поверхностями твердых тел, а также в задачах квантовой механики.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-01-00446А, №18-01-00444А и гранта Президента РФ № МД-1250.2018.8.

#### Список литературы

1 **Соболев, С. Л.** Процессы переноса и бегущие волны в условиях локально-неравновесных систем / С. Л. Соболев // Успехи физических наук. – 1991. – Т. 161. – № 3. – С. – 5–16.

2 **Шашков, А. Г.** Волновые явления теплопроводности / А. Г. Шашков, А. В. Бубнов, С. Ю. Яновский. – М. : УРСС, 2004. – 248 с.

3 **Карташов, Э. М.** Математическое моделирование теплопроводности с двухфазным запаздыванием / Э. М. Карташов // Инженерно-физический журнал. – 2015. – Т. 89. – № 2. – С. 338.

4 **Формалев, В. Ф.** Методология решения обратных коэффициентных задач по определению нелинейных теплофизических характеристик анизотропных тел / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник // Теплофизика высоких температур. – 2013. – Т. 51. – № 6. – С. 875–883.

5 **Формалев, В. Ф.** Моделирование теплового состояния композиционных материалов / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, С. В. Миканев // Теплофизика высоких температур. – 2003. – Т. 41. – № 6. – С. 935–941.

6 **Формалев, В. Ф.** Аналитическое исследование теплопереноса при плёночном охлаждении тел / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, А. А. Чипашвили // Теплофизика высоких температур. – 2006. – Т. 44. – № 1. – С. 107–112.

7 **Формалев, В. Ф.** Об обратных коэффициентных задачах теплопроводности по восстановлению нелинейных компонентов тензора теплопроводности анизотропных тел / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник // Инженерно-физический журнал. – 2017. – Т. 90. – № 6. – С. 1371–1379.

8 **Колесник, С. А.** Идентификация компонентов тензора теплопроводности анизотропных композиционных материалов / С. А. Колесник // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т. 18. – № 1. – С. 111–120.

9 **Формалев, В. Ф.** Математическое моделирование аэрогазодинамического нагрева затупленных анизотропных тел / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник. – М. : Изд-во МАИ, 2016. – 160 с.

10 **Формалев, В. Ф.** Методика, алгоритм и программный комплекс по определению теплового состояния охлаждаемых микроракетных двигателей / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник // Труды МАИ. – 2014. – № 78.

11 **Формалев, В. Ф.** О волновом теплопереносе в окрестности начального момента времени при интенсивном конвективно-кондуктивном нагреве / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, Е. Л. Кузнецова // Теплофизика высоких температур. – 2018. – Т. 56. – № 3. – С. 412–416.

12 **Формалев, В. Ф.** Волновой теплоперенос в ортотропном полупространстве под действием нестационарного точечного источника тепловой энергии / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, Е. Л. Кузнецова // Теплофизика высоких температур. – 2018. – Т. 56. – № 5. – С. 799–804.

13 **Формалев, В. Ф.** Локально-неравновесный теплоперенос в анизотропном полупространстве под действием нестационарного точечного источника тепловой энергии / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, И. А. Селин // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. – 2018. – № 5. – С. 99–111.

14 **Формалев, В. Ф.** Теплоперенос в полупространстве с трансверсальной анизотропией под действием сосредоточенного источника теплоты / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник // Инженерно-физический журнал. – 2019. – Т. 92. – № 1. – С. 55–63.

15 **Формалев, В. Ф.** Влияние продольной неизотермичности на сопряженный теплообмен между пристенными газодинамическими течениями и затупленными анизотропными телами / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, Е. Л. Кузнецова // Теплофизика высоких температур. – 2009. – Т. 47. – № 2. – С. 456–463.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕНЗОРА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ ОТ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ

*В. Ф. ФОРМАЛЕВ, Ек. Л. КУЗНЕЦОВА*

*Московский авиационный институт, (НИУ), Российская Федерация*

В условиях высокоинтенсивного аэрогазодинамического нагрева элементов конструкций гиперзвуковых летательных аппаратов в качестве теплозащитных материалов используются анизотропные материалы (графиты, графитосодержащие, композиционные материалы и др.). Теплозащитные материалы с высокой степенью продольной анизотропии (отношение продольного компонента тензора теплопроводности к поперечному) можно использовать для регулирования тепловых потоков от газодинамического пограничного слоя. Действительно, если спроектировать анизотропную теплозащиту таким образом, чтобы продольная степень анизотропии составляла десятки, а то и сотни единиц, то появляется возможность канализировать тепловые потоки в теле от непосредственно затупления в хвостовую часть затупленного тела, что приводит к повышению температуры хвостовой части, уменьшению градиента температуры на границе «газ – тело» со стороны газа и, как следствие, к уменьшению тепловых потоков от газа к боковой поверхности затупленного тела.

Аналогичные исследование с помощью аналитических решений задач теплопроводности рассматривались в работах Аттеткова А. В., Волкова И. К. [1], Формалева В. Ф. и Колесника С. А. [3–10]. Однако аналитическое решение двумерной задачи анизотропной теплопроводности в условиях конвективно-кондуктивного теплообмена получено и исследовано впервые.

В работе, на основе впервые полученного аналитического решения задачи теплопереноса в анизотропном композиционном материале в условиях конвективно-кондуктивного теплообмена при обтекании высокотемпературным газодинамическим пограничным слоем, исследовано влияние компонентов тензора теплопроводности композиционного теплозащитного материала на тепловые потоки от газа к телу. Такой анализ позволил установить заметное снижение тепловых потоков к боковой поверхности затупленного анизотропного тела в случае, если использовать композиционный теплозащитный материал с высокой степенью продольной анизотропии (например, использовать пиролитические графиты, у которых отношение продольного коэффициента теплопроводности к поперечному может достигать ста и более). Основной вклад в уменьшение тепловых потоков вносит уменьшение градиента температур на границе газа и тела со стороны газа за счет повышения температуры тела вниз по потоку. Кроме этого, при повышении температуры газа на стенке увеличивается динамическая вязкость и уменьшается плотность, что уменьшает местные числа Рейнольдса и также содействует уменьшению тепловых потоков.

Полученные результаты показывают, что увеличение чисел Фурье, вычисленных по продольной теплопроводности ортотропного тела, существенно снижают тепловые потоки не только за счет уменьшения коэффициента теплоотдачи, но и за счет значительного продольного перетока теплоты из-за высокой степени продольной анизотропии.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ: №18-01-00444А, №17-01-00587А.

### Список литературы

- 1 Аттетков, А. В. Температурное поле анизотропного полупространства, подвижная граница которого содержит пленочное покрытие / А. В. Аттетков, И. К. Волков // Известия РАН. Сер. Энергетика. – 2015. – № 3. – С. 39.
- 2 Формалев, В. Ф. О сопряженном теплообмене при аэродинамическом нагреве анизотропных тел с высокой степенью анизотропии / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, И. А. Селин // Тепловые процессы в технике. – 2016. – Т. 8. – № 9. – С. 388–394.
- 3 Колесник, С. А. Метод идентификации нелинейных компонентов тензора теплопроводности анизотропных материалов / С. А. Колесник // Математическое моделирование. – 2014. – Т. 26. – № 2. – С. 119–132.
- 4 Колесник, С. А. Идентификация компонентов тензора теплопроводности анизотропных композиционных материалов / С. А. Колесник // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т. 18. – № 1. – С. 111–120.
- 5 Формалев, В. Ф. Математическое моделирование аэрогазодинамического нагрева затупленных анизотропных тел / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник. – М.: Изд-во МАИ, 2016. – 160 с.

- 6 **Формалев, В. Ф.** Методика, алгоритм и программный комплекс по определению теплового состояния охлаждаемых микроракетных двигателей / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник // Труды МАИ. – 2014. – № 78.
- 7 **Formalev, V. F.** Temperature-dependent anisotropic bodies thermal conductivity tensor components identification method / V. F. Formalev, S. A. Kolesnik // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2018. – Vol. 123. – P. 994–998.
- 8 **Формалев, В. Ф.** О волновом теплопереносе в окрестности начального момента времени при интенсивном конвективно-кондуктивном нагреве / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, Е. Л. Кузнецова // Теплофизика высоких температур. – 2018. – Т. 56. – № 3. – С. 412–416.
- 9 **Формалев, В. Ф.** Локально-неравновесный теплоперенос в анизотропном полупространстве под действием нестационарного точечного источника тепловой энергии / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник, И. А. Селин // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. – 2018. – № 5. – С. 99–111.
- 10 **Формалев, В. Ф.** Теплоперенос в полупространстве с трансверсальной анизотропией под действием сосредоточенного источника теплоты / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник // Инженерно-физический журнал. – 2019. – Т. 92. – № 1. – С. 55–63.

УДК 652.225.078

## **ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ «ГРУЗ – УПАКОВКА – ВАГОН» НА УСКОРЕНИЕ ГРУЗА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ В КРЫТОМ ВАГОНЕ**

*О. С. ЧАГАНОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Надежность крепления грузов на железнодорожном транспорте представляет собой один из важнейших факторов обеспечения безопасности движения поездов. В последнее время наблюдается тенденция переключения перевозок ценных грузов с железнодорожного на автомобильный транспорт, которая связана с несохранностью грузов, обусловленной ненадежным креплением. Напряжения и деформации в элементах упаковки и вагона, которые могут привести к несохранной перевозке груза, могут возникать вследствие движения вагонов и производства маневровых операций. Наличие недостатков в конструкции и содержании сортировочных горок также зачастую приводит к повреждению как вагонов, так и находящихся внутри тарно-упаковочных грузов, большинство которых относится к ценным и хрупким. Указанные обстоятельства наряду с постоянным увеличением номенклатуры тарно-упаковочных грузов вызывают необходимость совершенствования методик расчета креплений.

Обеспечение прочности креплений при осуществлении перевозки, проведении погрузочно-разгрузочных работ требует информации о значениях сил, действующих на груз при перевозке, в том числе низкочастотных, ударных и вибрационных нагрузок. На незакрепленный груз, находящийся в крытом вагоне, помимо сил тяжести и трения, действуют силы инерции в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. Продольные инерционные силы возникают при переходных режимах движения поезда, во время маневров и роспуска с горок. Воздействие на груз поперечных и вертикальных сил инерции обусловлено колебаниями движущегося вагона, основными видами которых являются: подпрыгивание, галомирование или продольная качка, боковая качка, боковые колебания в поперечном направлении или поперечный относительный сдвиг и вилание.

Для анализа влияния параметров крепления и свойств упаковочной тары на динамику системы «груз – упаковка – вагон» разработана обобщенная расчетная схема, включающая перевозимый груз, упаковку и кузов вагона. Между грузом и упаковкой, а также упаковкой и вагоном имеются упруго-вязкие связи, моделирующие деформативность упаковки. Кроме того, между полом вагона и упаковкой имеются силы сухого трения. Также было учтено, что материалы, из которых изготовлена упаковка и средства крепления, могут иметь различные свойства. Помимо сил упругости, в общем случае нелинейно зависящих от относительного смещения тел (используется степенная зависимость с показателем  $n$ ), также принимаются во внимание силы неупругого сопротивления движению груза относительно упаковки и упаковки относительно вагона. Силы неупругого сопротивления пропорциональны скорости изменения относительного смещения тел. С учетом подстановки выражений ускорений груза и ряда преобразований получена система дифференциальных уравнений второго порядка, описывающая движение груза и упаковки:

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 = \frac{k_1}{m_1}(x_2 - x_1)^{n_1} + \frac{\alpha_1}{m_1}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1), \\ \ddot{x}_2 = -\frac{k_1}{m_2}(x_2 - x_1)^{n_1} - \frac{k_2}{m_2}x_2^{n_2} - \frac{\alpha_1}{m_2}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - \frac{\alpha_2}{m_2}\dot{x}_2 - \frac{F_{\text{тр}}}{m_2}, \end{cases}$$

где  $m_i$ ,  $\ddot{x}_i$  – массы и ускорения каждого тела системы.

Чтобы обеспечить возможность сопоставления результатов для разных показателей степени  $n$ , значения коэффициента жесткости  $k$  были приняты исходя из условия, чтобы работы сил упругости при смещении груза на заданное расстояние (например,  $x_{\text{max}} = 5$  см) были одинаковыми вне зависимости от показателя степени  $n$ . При этом условии обеспечивается преобразование одинаковой кинетической энергии в потенциальную для разных показателей степени при смещении груза, связанном с деформацией упаковки и креплений на величину  $x_{\text{max}}$ .

Связи с показателем степени  $n < 0,3$  не позволяют креплениям адекватно обеспечивать сохранность груза при проведении маневровых и поездных работ. Для сравнения были приняты значения больше и меньше указанного. Связи со значениями  $n \leq 1$  относят к связям с мягкими характеристиками, а со значениями  $n > 1$  – с жесткими. Выполнено несколько вариантов расчета по полученной модели в соответствии с системой уравнений с применением программного комплекса MathCAD методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности, отличающихся параметрами внутренних сил.

При учете только сил упругости установлено, что увеличение показателя степени  $n_1$  в выражениях смещения ведет к росту ускорения груза и при  $n_1 = n_2 = 4$  достигает величины 30g. Изменение коэффициентов жесткости практически не влияет на смещение груза относительно упаковки и ведет к перемещению упаковки относительно пола вагона. Увеличение показателя степени  $n_2$  для связи между упаковкой и вагоном приводит к росту ускорения груза. Ускорение груза растет резко при значениях показателя степени  $n_2$  от 0 до 1, далее на участке от 1 до 4 наблюдается монотонный характер роста ускорения. При наличии жесткой связи между упаковкой и грузом с показателем степени  $n_1 = 4$  и постоянном значении  $k_1$  появляется локальный минимум с ускорением, превышающим 13g. При увеличении значений  $k_1$  в случае постоянного коэффициента жесткости  $k_2$  на графиках ускорения сохраняется наличие локального минимума. Однако величина ускорения в нем возрастает с увеличением значений  $k_1$ . Анализ показывает, что при увеличении значения коэффициента жесткости характер роста ускорения изменяется незначительно.

Анализ результатов расчета по варианту модели, где учитывалось действие только сил упругости, показал, что с точки зрения минимизации ускорения груза наиболее приемлема характеристика упругой связи, которая соответствует показателю степени  $n_1$  от 0,3 до 1,0, обеспечивающая наименьшие значения ускорения груза при ударных нагрузках и создающая наилучшие условия для сохранной перевозки. Следует указать, что при увеличении жесткости связи между грузом и упаковкой ускорение груза растет значительно, чем при изменении жесткости связи между упаковкой и вагоном. Это следует учитывать при разработке упаковки грузов.

При учете не только сил упругости, но и сил сопротивления движению и силы трения, характер зависимостей остается схожим. Анализ результатов расчета показывает, что при увеличении показателя степени  $n$  увеличивается и максимальное ускорение груза.

Также рассмотрен вариант модели, в котором помимо сил упругости учитывается наличие сил сопротивления движению. В этом случае установлено, что наиболее приемлемые свойства упругой связи между вагоном и упаковкой обеспечиваются при наличии мягкой характеристики и показателя степени  $n = 0,3$ , соответствующей наименьшему значению ускорения груза при ударных нагрузках и создающей наилучшие условия для сохранной перевозки. При увеличении жесткости связи между вагоном и упаковкой тарно-упаковочного груза ускорение груза растет более резко, чем при изменении жесткости связи между грузом и его упаковкой. Полученные зависимости ускорения от коэффициентов удельного сопротивления показали, что при увеличении коэффициента удельного сопротивления между грузом и упаковкой скорость груза растет монотонно и при значении коэффициента  $\alpha_1 = 50$  кН·с/м составляет 7,7g. При дальнейшем увеличении коэффициента  $\alpha_1$  ускорение груза стремительно растет. Аналогичная картина наблюдается при изменении коэффициента удельного сопротивления между упаковкой и вагоном.

Далее рассмотрен вариант модели, учитывающей наличие сил упругости, сил сопротивления движению и сил сухого трения между полом вагона и упаковкой груза. Исходные данные для этого варианта аналогичны предыдущим вариантам модели. Принятое значение коэффициента трения составляет  $f = 0,4$ . Анализ результатов этого расчета показал, что ускорение груза при наличии мягкой характеристики связи между упаковкой и грузом возрастает несущественно и, достигнув значения  $5,1g$ , остается почти постоянным при увеличении жесткости крепления упаковки к полу вагона. В соответствии с результатами расчета зависимости ускорения груза от коэффициента сухого трения между полом вагона и упаковкой груза при наличии связей между ними с мягкими характеристиками определено, что ускорение груза возрастает с увеличением значений коэффициента трения. Однако наличие сухого трения приводит к еще более существенному уменьшению ускорения груза, относительно моделей расчета, где этот параметр не учитывался.

Анализ полученных результатов расчётов по всем трем вариантам расчетной модели показал, что наиболее приемлемыми видами крепления грузов в крытом вагоне являются крепления с мягкими характеристиками при показателях степени  $n$  от 0,3 до 1,0. При наличии таких креплений ускорения возрастают не так интенсивно, как при более жестких креплениях. Одним из вариантов крепления, обеспечивающих такой вид характеристики связи, являются пневмооболочки.

УДК 629.4.082:536.581

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ УТЕЧКИ ТЕПЛА ИЗ ТЕРМОСТАТА ОТ ВНУТРЕННЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

*А. А. ЧИКМАРЕВА, В. И. ПОРТНОВ*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Термос – один из наиболее востребованных в пассажирском транспорте бытовых аксессуаров. Поэтому экспериментальное исследование способности термосов сохранять тепло очень актуально. Особенно при огромном количестве различных моделей.

Целью работы являлось экспериментальное подтверждение теории о том, что зависимость утечки тепла из подобной ёмкости от времени нелинейна. В данной работе в качестве теплоизолированного сосуда для горячей воды был взят термос объёмом 1 л.

Работа проходила в следующие этапы:

1) в изолированном помещении включался кондиционер, который непрерывно на протяжении эксперимента поддерживал температуру в комнате постоянной (+26 °С) при относительной влажности воздуха 23 %;

2) термос предварительно нагревался изнутри;

3) нагретая до 100 °С вода заливалась в термос, который плотно закрывался;

4) по истечении заданного времени  $\Delta t$  термостат открывался, и с помощью спиртового термометра измерялась температура воды;

5) эксперимент (начиная с пункта 2) повторялся для другого промежутка времени  $\Delta t$ .

Всего было проведено 16 измерений, в общей сложности занявших одну неделю.

Мы пришли к выводу, что зависимость потока тепла от разницы температур внутри и вне термостата имеет нелинейный характер, причём при малой разнице температур поток тепла заметно уменьшается.

Причины такого уменьшения могут заключаться в следующем:

– уменьшение температуры влечёт за собой уменьшение внутреннего давления, и пробка термоса сильнее прижимается к корпусу;

– уменьшение температуры влечёт за собой снижение вязкости воды, следовательно, конвекция воды внутри термоса ослабевает;

– изменение температуры может приводить к небольшим изменениям физических параметров корпуса, что также может повлиять на его теплопроводность.

По результатам измерений был построен график зависимости температуры воды  $T$  внутри термостата от времени  $t$  (практические данные представлены на рисунке кружочками, теоретические – линией).

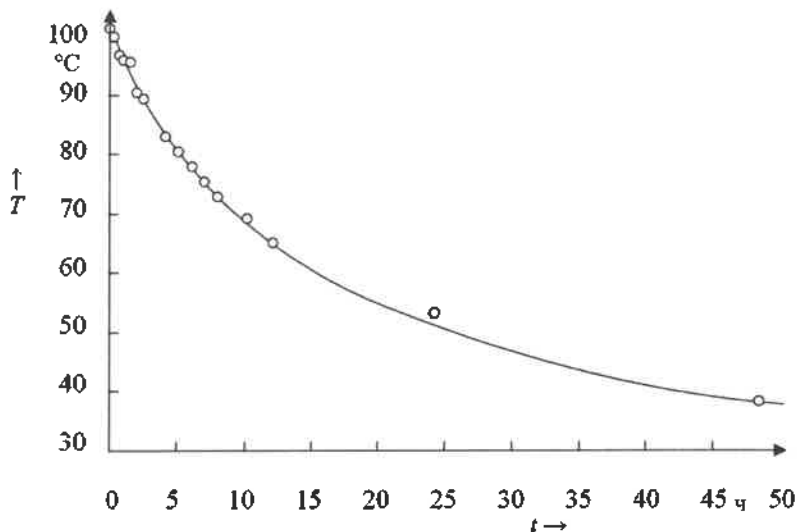


Рисунок 1 – Зависимость температуры воды в термосе от времени

Теоретическое описание эксперимента основывалось на модифицированном законе Фурье для теплопроводности, который в приближении постоянной теплоёмкости имеет вид

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{\text{комн}}) \left( 1 + \frac{(T - T_{\text{комн}})^2}{A^2} \right), \quad (1)$$

где  $T_{\text{комн}}$  – температура окружающей среды,  $k$  – скорость релаксации температур, имеющая размерность  $\text{с}^{-1}$ , зависящая от теплопроводности стенок колбы и от теплоёмкости воды;  $A$  – параметр нелинейности, равный характерному перепаду температур, при котором надо учитывать нелинейность. Решение уравнения (1) возможно в общем виде:

$$T = T_{\text{комн}} + A \left\{ \exp(2k(t - t_0)) - 1 \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Подбором параметров  $A$ ,  $k$  и  $t_0$  по методу наименьших квадратов удалось получить приемлемое соответствие экспериментальных и теоретических значений. Рассчитанная по этим параметрам (делённая на теплоёмкость термоса) зависимость потока тепла от температуры (т.н. кубическая парабола) приведена на рисунке 2.

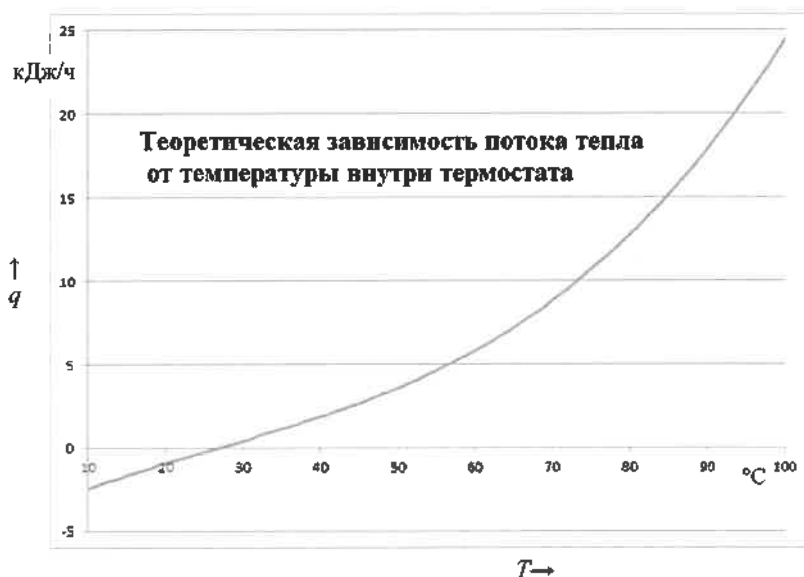


Рисунок 2 – Утечка тепла как функция внутренней температуры

Из вышесказанного следует, что в реальных термосах вода может довольно долго (около 10 часов) оставаться относительно горячей, годной для заварки чая или доширака, однако температура крутого кипятка (~90 °С) держится не больше двух часов, да и то при принятии специальных мер вроде предварительного подогрева термоса. Для преодоления подобных проблем необходимо либо иметь возможность внутреннего электроподогрева, либо пользоваться изоляционными материалами лучшего качества.

#### Список литературы

1 Калашников, А. С. О характере распространения возмущений в задачах нелинейной теплопроводности с поглощением / А. С. Калашников // Журнал вычисл. матем. и матем. физ. – 1974. – Т. 14. – № 4. – С. 891–905.

УДК 539.37

## МОДЕЛЬ НЕЛИНЕЙНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЛОИСТО-ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

Е. Н. ШИКУЛА

Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина

При достаточно высоком уровне нагрузок многие композитные материалы, применяемые в судостроении, авиастроении и т.п., проявляют нелинейный характер зависимостей между макронапряжениями и макродеформациями вследствие физически нелинейного деформирования компонентов. Такой вид нелинейности характерен для композитов на основе пластической металлической матрицы, а также на основе полимеров при повышенных температурах.

Однако экспериментальные исследования показывают, что при достаточно высоких температурах нелинейно деформируются также высокомодульные материалы типа стекловолокон. На рисунке 1 приведены графики экспериментальной зависимости напряжения от деформации для органического стекла при различных температурах. Как видим, при температуре 80 °С зависимость между напряжением и деформацией имеет параболический характер. Поэтому представляет интерес исследование физически нелинейного деформирования композитных материалов при нелинейном деформировании как матрицы, так и волокон.

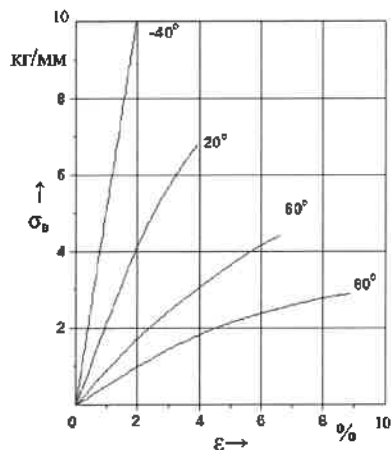


Рисунок 1 — Экспериментальная зависимость напряжения от деформации для органического стекла при различных температурах

Нелинейные волокнистые и слоисто-волокнистые композитные материалы изучались многими авторами. Однако авторы или рассматривали материалы с нелинейной или упругопластической матрицей и упругими волокнами, или применяли упрощенную теорию трансверсально-упругой пластичности. Деформирование волокнистых композитов в случае нелинейного деформирования как связующего, так и волокон было рассмотрено в работах Л. П. Хорошуна, Е. Н. Шикеры. Исследования для слоисто-волокнистого материала с нелинейными компонентами не проводились.

В настоящей работе предложена модель и алгоритм для определения эффективных деформативных свойств и напряженно-деформированного состояния слоисто-волокнистых композитных материалов.

Будем рассматривать слоисто-волокнистые материалы коугольной намотки, т.е. слоистые материалы, в которых каждый слой представляет собой однонаправленный волокнистый композитный материал, причем возможны два типа слоев с углами ориентации:  $\gamma_1 = \gamma$  и  $\gamma_2 = \gamma$ , при этом объемное содержание слоев с различной ориентацией волокон одинаково, кроме того, одинаковы упругие характеристики и объемные содержания волокон и связующего в слоях с различной ориентацией волокон.



Определение эффективных деформативных характеристик слоисто-волоконистых материалов проводилось в два этапа.

На первом этапе, исходя из значений упругих постоянных для волокон  $K_1, \mu_1$  и связующего  $K_2, \mu_2$  на линейном участке их деформирования, а также заданных в волокнистом материале деформаций  $\epsilon$ , в предположении, что объемные деформации компонентов являются линейными, т.е. модули объемного сжатия  $K_1, K_2$  не зависят от деформаций, а сдвиговые деформации описываются заданными нелинейными диаграммами, т.е. модули сдвига зависят от деформаций в компоненте  $\mu_1 = \mu_1(\epsilon_1), \mu_2 = \mu_2(\epsilon_2)$ , методом условных моментов Л. П. Хорошуна были определены нелинейные деформативные характеристики волокнистого композитного материала  $\lambda_{11}^*, \lambda_{12}^*, \lambda_{13}^*, \lambda_{33}^*, \lambda_{44}^*$ , а также деформации в волокнах  $\epsilon_1$  и связующем  $\epsilon_2$ .

На втором этапе по известным свойствам слоев  $\lambda_{11}^*, \lambda_{12}^*, \lambda_{13}^*, \lambda_{33}^*, \lambda_{44}^*$ , представляющих собой однонаправленный волокнистый материал, и заданным в слоисто-волоконистом материале макродеформациям  $\langle \epsilon \rangle$  методом усреднения были получены характеристики для слоисто-волоконистого композитного материала в целом  $l_{11}^*, l_{22}^*, l_{33}^*, l_{12}^*, l_{13}^*, l_{23}^*, l_{44}^*, l_{55}^*, l_{66}^*$  и определены деформации в слоях  $\epsilon$ .

Таким образом, была получена система нелинейных уравнений относительно деформаций в компонентах материала. Для ее решения был предложен алгоритм, позволяющий по заданным макродеформациям  $\langle \epsilon \rangle$  и деформативным характеристикам для волокон  $K_1, \mu_1 = \mu_1(\epsilon_1)$  и связующего  $K_2, \mu_2 = \mu_2(\epsilon_2)$  определить эффективные деформативные характеристики для слоисто-волоконистого композитного материала, а также изучить деформации в компонентах и слоях. При реализации алгоритма использовалась итерационная схема. В качестве нулевого приближения было выбрано решение для соответствующей линейной задачи.

Было исследовано влияние нелинейности и угла намотки на деформирование композита. Установлено, что нелинейность компонентов и величина угла намотки существенно влияют на эффективные деформативные свойства и напряженно-деформированное состояние слоисто-волоконистых композитов. На рисунках 2 и 3 показаны кривые зависимостей соответственно макронапряжения  $\sigma_{11}$  от макродеформации  $\epsilon_{11}$  и макронапряжения  $\sigma_{22}$  от макродеформации  $\epsilon_{22}$  для разных значений угла намотки  $\gamma$  при различных значениях объемного содержания волокон в материале  $c_1$ .

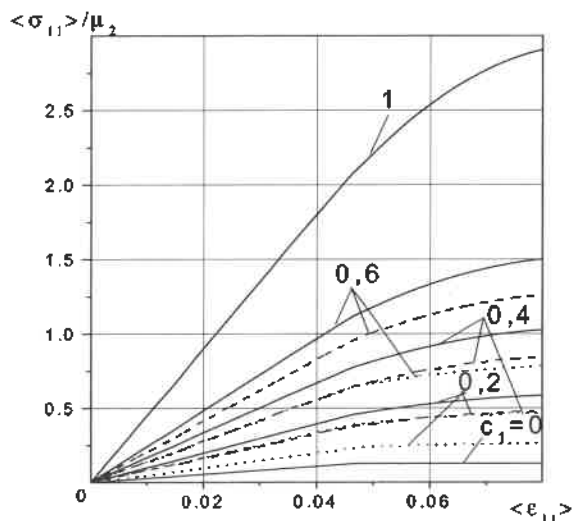


Рисунок 2 – Кривые зависимостей макронапряжения  $\sigma_{11}$  от макродеформации  $\epsilon_{11}$  для разных значений угла намотки  $\gamma$  при различных значениях объемного содержания волокон в материале  $c_1$

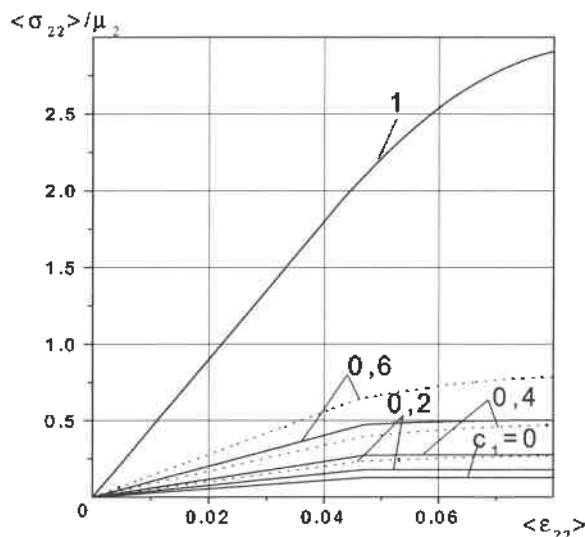


Рисунок 3 – Кривые зависимостей макронапряжения  $\sigma_{22}$  от макродеформации  $\epsilon_{22}$  для разных значений угла намотки  $\gamma$  при различных значениях объемного содержания волокон в материале  $c_1$

## ЭРГОНОМИКА ВОСПРИЯТИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. Н. ШИНКЕВИЧ

*Белорусская государственная академия авиации, г. Минск*

Информация проходит через несколько этапов переработки, превращаясь из начального возбуждения в ответную реакцию. В авиационном транспорте используется огромное количество средств индикации, несущих информацию о состоянии систем летательных аппаратов. До настоящего времени в авиационных средствах передвижения используются стрелочные приборы индикации. Главным в принятии решений после получения информации является выбор среди нескольких альтернативных линий поведения или вариантов, которые определяются таким образом, что выбор одного из них исключает выбор всех других. В условиях полета выбор конкретного действия определяет главную характеристику полета – безопасность пассажиров, экипажа, груза и летательного аппарата. В работе анализируется считывание информации со стрелочных авиационных приборов. Эргономические эксперименты восприятия информации проводилась для 12 стрелочных авиационных приборов: авиагоризонт, гироскопический комплекс, указатель давления, высотомер, курсоглиссальная система, радиовысотомер, топливомер, указатель авиагоризонта, указатель оборотов двигателя, указатель расхода воздуха, указатель скорости, указатель температуры и давления.

Предъявление стрелочной информации проводилось в три этапа. Время считывания каждого показания – 1, 2, 3 с. Перед проведением опыта экспериментатор предупреждает испытуемого (реципиента) о виде прибора, с которого будут считываться показания, и доводит до реципиента цену деления прибора и предельное значение измеряемой величины (максимальное значение величины по шкале прибора).

Экспериментатор подает предупредительный сигнал (в виде визуального индикатора или речевым способом). Через 1–2 с на экране возникает шкала прибора с выставленным параметром. Этот параметр демонстрируется 1 с. Затем все повторяется для времени экспозиции 2 и 3 с. Испытуемый заносит считанные показания в предварительно подготовленную таблицу.

Абсолютная погрешность эксперимента  $\Delta A$  рассчитывается по формуле

$$\Delta A = A_s - A_n$$

где  $A_s$  – величина конкретного показания прибора;  $A_n$  – результат считывания.

$\Delta A$  записывается в протокол без учета ее знака, так как нужна констатация факта: совершена ошибка ( $\Delta A \neq 0$ ) или нет ( $\Delta A = 0$ ).

Приведенная погрешность считывания вычисляется по формуле

$$\beta_{пр} = \frac{A_s - A_n}{A_{max}} \cdot 100 \%,$$

где  $A_{max}$  – предельное значение измеряемой величины по шкале прибора. Введение приведенной погрешности определяется дифференцированным подходом к ошибкам считывания.

Приводятся результаты экспериментов по определению приведенной погрешности  $\beta$  количественной информации для времени экспозиции 1, 2 и 3 с. Анализировался стрелочный прибор курсоглиссальной системы. Реципиенту предъявлялись три показания прибора. Результаты расчетов приведенной погрешности отсчета приведены на диаграмме (рисунок 1).

Как видно из диаграммы, увеличение времени экспозиции положительно сказывается на точности считывания показаний прибора. Не установлена связь между величиной выставленных показаний прибора и точностью считывания информации. Величина этих показаний составляла 5,1; 34,4 и 28,6, соответственно.

Экспериментально установлено, когда реципиенты с первого раза не смогли определить показания прибора. Число реципиентов варьировалось от 20 до 37 курсантов. Результаты экспериментов приведены в таблице 1. Проценты в таблице 1 соответствуют количеству реципиентов, не определивших показание за 1, 2 и 3 с. Существует определенный адаптационный период для восприятия количественной информации со стрелочных авиационных приборов.

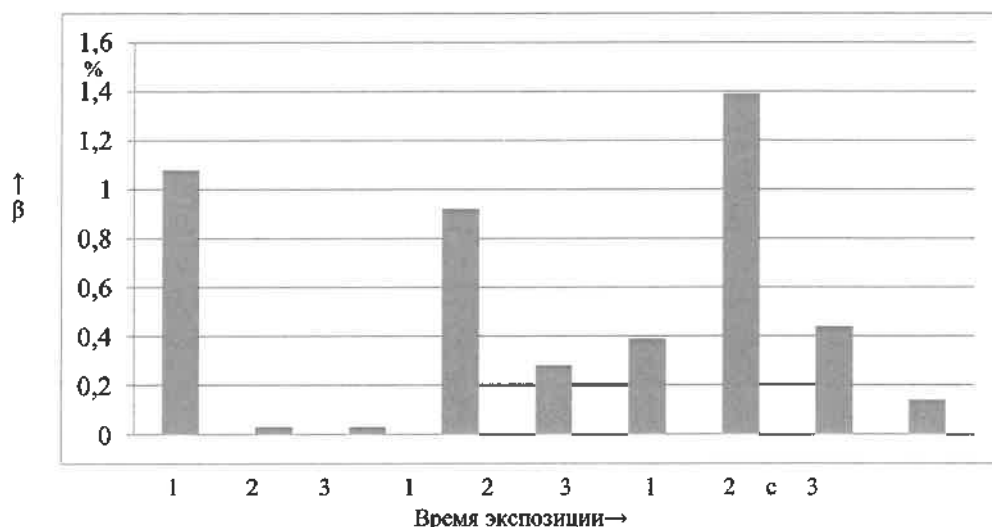


Рисунок 1

Таблица 1 – Результаты определения количественных показаний от первого до третьего считываний

Время экспозиции, с	Первое измерение, %	Второе измерение, %	Третье измерение
1	90,00	2,70	Нет
2	27,59	Нет	
3	3,88		

По результатам определена вероятность безошибочного считывания для соответствующих уровней приведенной погрешности. Выбраны уровни:  $\beta_{пр} = 0\%$ ;  $\beta_{пр} = 2\%$ ;  $\beta_{пр} = 4\%$  (т.е. 1, 2, 3 наименьших деления шкалы). Вероятность безошибочного считывания определялась по формулам

$$P_{б.с} = \frac{m_0}{N}, \quad P_{б.с} = \frac{m_1}{N}, \quad P_{б.с} = \frac{m_2}{N},$$

где  $m_0, m_1, m_2$  – число абсолютно правильных отсчетов; общее число правильных отсчетов и тех, где ошибка не превышала одного наименьшего деления шкалы; общее число правильных отсчетов и тех, где ошибка не превышала двух наименьших делений шкалы, соответственно;  $N$  – общее число предъявленных показаний. Результаты расчетов показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Вероятность безошибочного считывания

Номер измерения	Время экспозиции, с	$\beta_{пр} = 0\%$ (точное)	$\beta_{пр} = 2\%$ (1 деление)	$\beta_{пр} = 4\%$ (2 деления)
1	1	0,05	0,84	0,84
	2	0,04	0,93	0,93
	3	0,20	0,94	0,97
2	1	–	0,11	0,68
	2	0,05	0,42	0,66
	3	0,08	0,61	0,84
3	1	–	0,13	0,50
	2	0,03	0,43	0,76
	3	0,03	0,58	0,84

Как видно из результатов, увеличение времени экспозиции повышает достоверность отсчитываемых количественных данных. Меньшие по значению показания отсчитываются более верно. Отмечено, что реципиенты склонны отсчитывать дробные показания, округляя их до целых значений (в первом измерении, где значение составляло 5,1 – что ясно видно на шкале прибора – курсанты записывали значение 5,0). Таких отсчетов отмечено 61, что составляет 74,7 % от всех экспериментальных результатов.

**ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ  
ЛОКАЛЬНЫМИ НАГРУЗКАМИ С УЧЕТОМ НЕПОЛНОГО ОПИРАНИЯ  
НА УПРУГОЕ ОСНОВАНИЕ**

А. В. ЯРОВАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В строительстве, транспортном машиностроении широко используются трехслойные элементы конструкций, которые изготавливают из различных материалов, в том числе полимерных, композиционных, функционально-градиентных и т. д. Расчет параметров напряженно-деформированного состояния слоистых стержней, пластин и оболочек при непрерывных и локальных нагрузках представляет собой важную задачу, так как во многих случаях эти конструкции являются элементами сложных и ответственных сооружений. Иногда приходится сталкиваться со случаями, когда конструкция не полностью опирается на основание. Причиной появления зазора между конструкцией и основанием могут быть как техногенные условия в зоне строительства, так и природные условия. Это приводит к изменению расчетной схемы и напряженно-деформированного состояния рассматриваемого элемента, что в ряде случаев может привести к его преждевременному разрушению.

Рассматривается прямоугольная трехслойная пластина длиной  $l$ , шириной  $b_0$  и высотой  $h$  (рисунок 1).

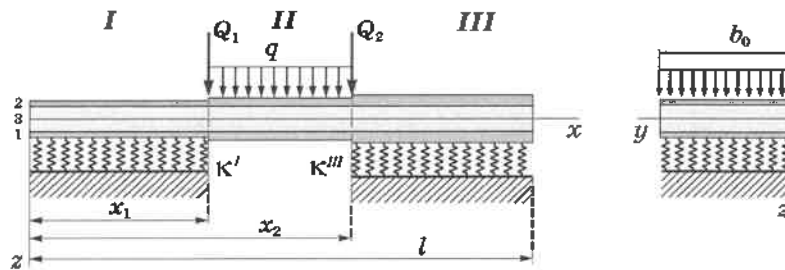


Рисунок 1 – Расчетная схема прямоугольной трехслойной пластины

Система координат  $x, y, z$  связана со срединной плоскостью заполнителя. Номер слоя обозначен индексом  $k$  ( $k = 1, 2, 3$ ). На верхний внешний слой пластины действует распределенная локальная нагрузка  $q$  и сосредоточенные усилия  $Q_1, Q_2$ . По длине пластины выделим три участка:  $I$  ( $0 \leq x \leq x_1$ ),  $II$  ( $x_1 \leq x \leq x_2$ ),  $III$  ( $x_2 \leq x \leq l$ ). Обозначим:  $h_1^n, h_2^n, c^n$  ( $n = I, II, III$ ) – толщины 1-го и 2-го несущих слоев и половина толщины заполнителя на  $n$ -м участке. Пластина опирается на два участка упругого основания Винклера, через  $k^n$  обозначен коэффициент жесткости упругого основания на  $n$ -м участке. Реакция основания  $q_R^n(x)$  пропорциональна прогибу  $w^n(x)$ :  $q_R^n(x) = k^n w^n(x)$ .

Для описания кинематики трехслойного пакета используется гипотеза «ломаной» линии: прямолинейная до деформирования нормаль при изгибе становится ломаной; в несущих слоях нормаль остается перпендикулярной к деформированной оси стержня; в заполнителе за счет сдвига она поворачивается на дополнительный угол. Слои несжимаемы по толщине. Деформации малые. Материалы слоев проявляют упругие свойства, для них справедлив закон Гука.

Постановка и решение задачи проводятся в перемещениях. В качестве искомых величин принимаются функции  $w^n(x), u^n(x)$  – прогиб и продольное перемещение срединной плоскости заполнителя, а также  $\psi^n(x)$  – угол поворота нормали в заполнителе за счет сдвига (угол сдвига) на  $n$ -м участке. В точках сопряжения участков должны соблюдаться условия непрерывности перемещений.

К деформированной пластине применяется принцип возможных перемещений Лагранжа, который выражает условие равновесия системы внутренних и внешних сил. Для этого необходимо составить выражения возможных работ внешних и внутренних сил и приравнять их. Из полученного равенства следуют дифференциальные уравнения равновесия в усилиях

$$N^n{}_{,x} + b_0 p^n = 0; \quad H^n{}_{,x} - Q^n = 0; \quad M^n{}_{,xx} - b_0 q_R^n + b_0 q^n = 0, \quad (1)$$

силовые граничные условия и условия для внутренних усилий в точках сопряжения участков. Здесь  $N^n, M^n, Q^n, H^n$  – внутренние усилия на  $n$ -м участке. При этом нагрузка  $q^I = q^{III} = 0$ ;  $q^II = q$ ; реакция основания  $q_R^II = 0$ . Для  $x = x_1$  условия для внутренних усилий следующие:

$N^I(x_1) - N^{II}(x_1) = 0$ ;  $M^I(x_1) - M^{II}(x_1) = 0$ ;  $M^I{}_{,x}(x_1) - M^{II}{}_{,x}(x_1) = Q_1$ ;  $H^I(x_1) - H^{II}(x_1) = 0$ ,  
аналогичные условия будут для  $x = x_2$ .

Связь напряжений  $\sigma_x$  и деформаций  $\epsilon_x$  при цилиндрическом изгибе ортотропной пластины:

$$\sigma_x = A_x \epsilon_x; A_x = \frac{E_x}{1 - \nu_{xy} \nu_{yx}}, \quad (2)$$

где  $E_x$  – модуль Юнга;  $\nu_{xy}$ ,  $\nu_{yx}$ ,  $\nu_{xz}$  – коэффициенты Пуассона.

**Выражение внутренних усилий через перемещения.** Применяя соотношения (2), выразим компоненты тензора напряжений в слоях через перемещения, и далее внутренние силы и моменты через искомые функции. Полученные выражения подставим в уравнения (1). Получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений равновесия упругой трехслойной пластины в перемещениях. Для участков I и III, связанных с упругим основанием, эта система имеет вид:

$$\begin{aligned} a_1^n u''_{,xx} + a_6^n \psi''_{,xx} - a_7^n w''_{,xxx} = 0, \quad a_6^n u''_{,xx} + a_2^n \psi''_{,xx} - a_3^n w''_{,xxx} - a_5^n \psi^n = 0, \\ a_7^n u''_{,xxx} + a_3^n \psi''_{,xxx} - a_4^n w''_{,xxx} - \kappa^n w^n = 0 \quad (n = I, III). \end{aligned} \quad (3)$$

Для участка II, не связанного с упругим основанием и нагруженного поперечной нагрузкой, система имеет вид

$$\begin{aligned} a_1^n u''_{,xx} + a_6^n \psi''_{,xx} - a_7^n w''_{,xxx} = 0, \quad a_6^n u''_{,xx} + a_2^n \psi''_{,xx} - a_3^n w''_{,xxx} - a_5^n \psi^n = 0, \\ a_7^n u''_{,xxx} + a_3^n \psi''_{,xxx} - a_4^n w''_{,xxx} = -q^n, \quad (n = II). \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь  $a_1^n, \dots, a_7^n$  – параметры, характеризующие геометрические и упругие свойства слоев на  $n$ -м участке:

$$a_1^n = A_x^{(1)} h_1^n + A_x^{(2)} h_2^n + 2A_x^{(3)} c^n; a_2^n = c^{n2} [A_x^{(1)} h_1^n + A_x^{(2)} h_2^n + \frac{2}{3} A_x^{(3)} c^n]; \dots \quad (5)$$

Соотношения для сдвига в заполнителе  $\psi^n(x)$ , прогиба  $w^n(x)$  и продольного перемещения средней плоскости заполнителя  $u^n(x)$  получим, решив соответствующие системы уравнений равновесия (3), (4). Заметим, что аналитический вид решений зависит от типа упругого основания.

Для первого и третьего участков ( $n = I, III$ ) на упругом основании средней жесткости выражение для прогиба имеет вид

$$w^n(x) = C_1^n \operatorname{sh}(\lambda_1^n x) + C_2^n \operatorname{ch}(\lambda_1^n x) + C_3^n \operatorname{sh}(\lambda_3^n x) + C_4^n \operatorname{ch}(\lambda_3^n x) + C_5^n \operatorname{sh}(\lambda_5^n x) + C_6^n \operatorname{ch}(\lambda_5^n x) + w_p^n. \quad (6)$$

Для второго участка ( $n = II$ ), не связанного с упругим основанием,

$$w^n(x) = C_1^n (\alpha_{17}^n b_{11}^n x + \alpha_{18}^n x^3 / 6) + C_2^n b_{14}^n \operatorname{ch}(\beta_3^n x) + C_3^n b_{14}^n \operatorname{sh}(\beta_3^n x) + C_4^n x^2 / 2 + C_5^n x + C_6^n + g_2^n(x). \quad (7)$$

В выражениях (6), (7)  $C_1^n, \dots, C_6^n$  – константы интегрирования,  $w_p^n(x)$  – частное решение, зависящее от вида нагрузки, коэффициенты  $b_i^n$ ,  $\alpha_i^n$ ,  $\beta_i^n$  и функция  $g_2^n(x)$  выражаются через параметры  $a_i^n$  (5).

Для определения констант интегрирования необходимо учесть граничные условия и условия сопряжения участков друг с другом. Если пластина, кроме опирания на упругое основание, жестко или шарнирно закреплена на торцах, удобнее условия в перемещениях. На границах первого и второго ( $x = x_1$ ) и второго и третьего ( $x = x_2$ ) участков должны выполняться условия равенства перемещений и внутренних усилий с учетом приложенных сосредоточенных внешних сил. Граничные условия на торцах и условия сопряжения на границах участков позволяют составить систему 24 линейных алгебраических уравнений для определения констант интегрирования.

Далее, объединяя решения для отдельных участков, получаем перемещения пластины. Выражение для прогиба имеет вид

$$w(x) = w^I(x) + [w^{II}(x) - w^I(x)] H_0(x - x_1) + [w^{III}(x) - w^{II}(x)] H_0(x - x_2). \quad (8)$$

В выражении (8)  $H_0$  – функция Хевисайда.

Был составлен комплекс программ в среде MathCad, с помощью которого получены числовые результаты для нескольких типов трехслойных пакетов при сосредоточенных и распределенных локальных нагрузках. Разработанная методика применена при проектировании конструкции сборно-разборного дорожного настила, который может быть использован для устройства проезжей части колеечного или сплошного типа.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (проект T18P-090).

## 9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

УДК 656.02 : 339.542

### ТРАНСПОРТНЫЕ КОРИДОРЫ В МИРОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЯХ

*А. В. АСТАФЬЕВ, П. В. КУРЕНКОВ, А. Н. НИКИТИНА, А. А. ЦУЦКОВ*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Одним из характерных направлений развития международных перевозок в условиях глобализации мировой экономики является создание международных транспортных коридоров (МТК). Эти коридоры переходят из одних государств в другие через пограничные переходы, на которых происходит взаимодействие транспортных систем соседних государств с разной организацией и технологией перевозок, с различными правовыми режимами, а нередко и с разной шириной железнодорожной колеи.

Транспортный коридор можно определить как постоянное направление транспортировок грузов с большими объемами перевозок. Транспортный коридор иногда рассматривается только как поток грузов, но нередко под этим понятием подразумевают и некоторые организационные структуры и технические средства, обеспечивающие эффективность процессов перевозок. Большинство из них пересекает европейский континент в различных направлениях с севера на юг и с запада на восток с различными ответвлениями и разветвлениями.

Основные Критские (Панъевропейские) коридоры:

1 Хельсинки – Петербург – Таллин – Рига – Варшава (Финляндия – Россия – Прибалтика – Польша).

2 Берлин – Брест – Минск – Москва (Германия – Польша – Беларусь – Россия).

3 Лейпциг – Краков – Львов – Киев (Германия – Польша – Украина).

4 Нюрнберг – Прага – Братислава – София – Стамбул (Германия – Турция).

5 Вена – Ужгород – Львов – Киев (Австрия – Венгрия – Украина).

6 Катовица – Варшава – Гданьск (по Польше в меридианном направлении).

7 Греция – Сербия – Австрия – Германия.

8 Дуррес – Тирана – София – Варна (поперек Балканского полуострова).

9 Хельсинки – Петербург (или Москва) – Псков – Киев – Одесса.

В последующие годы эти коридоры удлинились (в основном в сторону России) и в настоящее время через Россию проходят два основных коридора: Запад – Восток и Север – Юг (развитие 2-го и 9-го Критских коридоров). Важнейшие из Азиатско-Европейских коридоров:

– Запад – Восток: Хельсинки – Транссиб; – Находка (с ответвлениями Екатеринбург – Достык – Шанхай; Улан-Удэ – Наушки – Пекин – Тяньцзинь (или Улан-Удэ – Улан-Батор – Пекин – Тяньцзинь) и Чита – Забайкальск – Харбин – Далянь);

– Север – Юг: Хельсинки – Петербург – Москва – Астрахань – Тегеран (или Актау, или Туркмен-Баши, или Баку) – Бендер-Аббас (Иран) – Мумбай (Индия). Международные транспортные коридоры за последние годы становятся одним из основных направлений развития мировой торговли. По ним перемещаются большие грузопотоки между странами, континентами и регионами внутри стран.

Основными преимуществами транспортного коридора считаются: сокращение срока доставки грузов, надежность и сохранность грузов, более низкая стоимость доставки по сравнению с другими маршрутами перевозок. Формирование сети МТК преследовало основную цель – ускорить продвижение грузопотоков в международной торговле и усовершенствовать организацию перевозок в соответствующих направлениях.

Важное значение для торговых связей Европы и Азии имеет коридор «Запад – Восток», в котором наибольшую роль может играть Транссибирская магистраль (Транссиб), имеющая наибольшую

провозную способность и наименьший срок доставки грузов из всех коридоров в направлении Запад – Восток. Однако этот коридор имеет и некоторые недостатки: недостаточная сохранность груза, возможности потери деловых партнеров, дополнительные необоснованные платы, возможность внезапного закрытия или банкротства экспедитора и т. д.

В транспортном коридоре могут быть, по меньшей мере, два контейнерных терминала: в его начале и конце. Особенно велика роль терминалов в тех случаях, когда грузопотоки передаются с железной дороги одной ширины колеи на железную дорогу с другой шириной колеи.

Кроме этого стоит учитывать, что на транзитном железнодорожном коридоре часто необходима разгрузка и развозка части грузов автотранспортом по предприятиям промежуточных регионов. Эти работы могут выполняться на промежуточных контейнерных терминалах.

Исходя из тех экономических выгод, которые дает обслуживание международного транзита, многие страны борются за то, чтобы международные транспортные коридоры проходили по их территориям.

МТК влияют на промышленную, продовольственную, демографическую, военную и технологическую безопасность. Это связано не только с глобализацией мировой экономики и переводом промышленных предприятий из Европы в Азию, но и с необходимостью соблюдения единых международных стандартов при всех видах обслуживания международного транспортного коридора. Возросшие требования к качеству транспортной инфраструктуры, транспортным средствам заставляют повышать качество изготовления транспортного оборудования. Повышение требований международной конкуренции обязывает вводить тотальный контроль за прохождением каждого контейнера, каждого движущегося транспортного средства, переходить на логистические методы обслуживания грузопотоков на основе синхронного взаимодействия всех видов транспорта, перегрузочных комплексов, таможенных и пограничных служб. К процессу транспортировки подключаются информационно-аналитические системы и космическая навигация. Транспортно-перегрузочные логистические центры становятся точками технологической активности [1].

Основные грузопотоки внешнеторговых и транзитных перевозок совпадают с главными направлениями перевозок в межрегиональном сообщении внутри России, в районе прохождения которых сосредоточено подавляющее большинство населения и промышленного потенциала Российской Федерации. Из этого следует, что развитие МТК отвечает как внешним, так и внутренним экономическим интересам Российской Федерации [2], но для повышения эффективности их функционирования необходимо создание научно обоснованной сети мультимодальных транспортно-логистических терминалов, методики создания и распределения работ между которыми изложены в работах [3–7]. Стоит отметить, что для осуществления транснациональных перевозок с использованием МТК необходимы ускоренное внедрение информационных сервисов, реализация современных транспортно-логистических технологий, основанных, в частности, на широком внедрении интеллектуальных транспортных систем.

#### Список литературы

1 Международные транспортные коридоры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5006065/page:59/>. – Дата доступа: 04.08.2018.

2 Международные транспортные коридоры и системы складирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znakka4estva.ru/dokumenty/marketing-reklama-torgovlya/mezhdunarodnye-transportnye-koridory-i-sistemy-skladirovaniya>. – Дата доступа: 09.07.2019.

3 Елисеев, С. Ю. Стратегия логистического управления внешнеторговыми перевозками / С. Ю. Елисеев, А. Ф. Котляренко, П. В. Куренков // Транспорт: наука, техника, управление : сб. ОИ / ВИНТИ. – 2004. – № 3. – С. 26–35.

4 Воскресенская, Т. П. Методика и алгоритмизация принятия решений по формированию терминальной сети в регионе / Т. П. Воскресенская, О. Д. Покровская // Вестник УрГУПС. – 2010. – № 3 (7). – С. 74–84.

5 Покровская, О. Д. Классификация объектов железнодорожной терминально-складской инфраструктуры / О. Д. Покровская // Вестник УрГУПС. – 2017. – № 1 (33). – С. 70–83.

6 Покровская, О. Д. Классификация, иерархия и идентификация объектов терминально-складской инфраструктуры / О. Д. Покровская, О. Б. Маликов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2017. – № 8. – С. 13–21.

7 Самуйлов, В. М. Интеграция региональной терминально-логистической сети в международные транспортные коридоры / В. М. Самуйлов, О. Д. Покровская, Т. П. Воскресенская // Инновационный транспорт. – 2013. – № 1 (7). – С. 33–37.

**БЕЛОРУССКИЙ ЭКСПОРТ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ***Т. А. БАРАНОВСКАЯ, В. В. ЗЕКОВА**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время рынок транспортных услуг в Республике Беларусь является динамично развивающимся. Этот рынок предлагает услуги по перевозке грузов всеми видами транспорта, существующими в нашей стране, в международном сообщении. Основополагающую роль в оказании таких услуг играет автомобильный и железнодорожный транспорт, которые в наибольшей степени способствуют развитию внешнеторговых связей Республики Беларусь.

Транспортные услуги длительный период занимают лидирующую позицию в экспорте услуг и являются источником поступления валюты в бюджет страны. Статистические данные показывают, что объем перевозок грузов на протяжении многих лет имеет положительную динамику, что говорит об увеличении спроса в области транспортных услуг. Повышение экспорта транспортных услуг является перспективной тенденцией для развития экономики Республики Беларусь. Выгодное экономико-географическое положение, высокий уровень транзитности позволяют раскрыть потенциал для осуществления международных перевозок. В целом по объему экспорта транспортных услуг Беларусь по данным UNCTAD в текущий момент находится на 18-м месте среди развивающихся стран мира.

К вопросам анализа рынка транспортных услуг, а также прогнозированию экспорта обращались белорусские авторы А. А. Королева, А. А. Дутина. В их работах отмечается, что динамика экспорта транспортных услуг к 2020 г. достигнет 4,87 млрд дол. США. В конечном итоге уровень оказания транспортных услуг в период 2011–2018 гг. не поднимался выше отметки в 3,8 млрд дол. США, поэтому целесообразным становится выявление причин, сдерживающих их рост.

В современных условиях существует много возможностей для расширения деятельности в сфере оказания транспортных услуг и увеличения объема их экспорта. Данные за 2011–2017 гг. показывают, что ситуация, сложившаяся на этом рынке, имеет положительную тенденцию развития. В экспорте транспортных услуг большую их часть занимает перевозка грузов, в которой максимальный доход от перевозок приходится на автомобильный (39,5 %) и железнодорожный транспорт (26,72 %). При оказании услуг населению в перевозках пассажиров наибольшая часть поступлений в бюджет осуществляется от пользования воздушным транспортом (73,3 %), что обуславливается его более высокой стоимостью по отношению к другим конкурирующим видам транспорта.

Стоит отметить, что в 2017 г. экспорт транспортных услуг составил 3455,1 млн дол. США и превысил импорт (1542,7 млн дол. США) почти 2,5 раза, что говорит о правильном выборе курса в развитии сферы транспортных услуг.

Оценивая результаты транспортной работы по грузообороту за 2018 г., можно утверждать, что основная часть перевозок приходится на трубопроводный транспорт (41,8 %). На сегодня наиболее экспортируемыми видами груза является нефть и ее производные.

Ключевая роль в развитии экспорта транспортных услуг отводится железнодорожному транспорту. За 2017 г. железнодорожным транспортом перевезено 11860,10 тыс. т груза, где также преобладает перевозка нефти и нефтепродуктов. При этом наибольшая доля экспортируемых грузов приходится на Российскую Федерацию. Кроме того, часть вагонов и контейнеров следует в морские порты с последующей перевалкой на морское судно для дальнейшей отправки через океан. В структуре грузооборота по видам транспорта за 2018 г. доля железнодорожного транспорта составляет 37,9 %.

Для деятельности железнодорожного транспорта важным является наличие необходимого подвижного состава. В 2018 г. в целях обновления инвентарного парка, увеличения перевозок грузов, а также повышения качества оказываемых услуг Белорусской железной дорогой приобретено 429 единиц подвижного состава, из которых 416 – полувагоны, 10 – крытые вагоны, 3 – фитинговые платформы.

Стоит подчеркнуть, что в настоящий момент сфера транспортных услуг не настолько развита, чтобы быть достаточно конкурентоспособной и привлечь грузопотоки с третьих стран, поэтому доход, получаемый в текущее время, считается не существенным.



В последнее время в мире набирают популярность перевозки грузов в контейнерах автомобильным и железнодорожным транспортом. Преимущество развития контейнерных перевозок состоит в том, что достигается интеграция функционирования всех видов транспорта, а также улучшается качество обслуживания экономики и населения. Сегодня в Республике Беларусь контейнеризация не получила массового распространения и в общем объеме железнодорожных перевозок занимает только 2 %, а учет автомобильных контейнерных перевозок на государственном уровне вовсе отсутствует. Перевозки контейнеров внутренним водным транспортом не осуществляются. Причиной выступает отсутствие спроса со стороны грузовладельцев. Как правило, это связано с его недостатками: низкая скорость доставки, малая доступность в географическом плане, а также сезонность работы.

Наиболее существенное развитие получили транзитные железнодорожные контейнерные перевозки. По территории республики регулярно курсирует 10 контейнерных поездов: «Восточный вектор», «Казахстанский вектор», «Монгольский вектор», «ZUBR», «Викинг», «Фольксваген РУСС», «Пежо-Ситроен», «Москвич», «Находка-Брест», «Чунци-Дуйсбург».

Низкий уровень контейнеризации в Республике Беларусь (3 %) обусловлен отсутствием технических возможностей для работы с контейнерами во многих организациях. При этом общий уровень контейнеризации в мире – 50–60 %, а в ряде европейских портов достигает 90 %. Предполагается, что росту контейнерных перевозок может поспособствовать участие нашей страны в проекте «Китайско-Белорусский индустриальный парк «Великий камень» и инициативе «Экономический пояс Шелкового пути».

Совершенствование взаимодействия подразделений Белорусской железной дороги с органами пограничной, таможенной службы позволит ускорить обработку контейнерных поездов, увеличить пропускную способность, что сделает привлекательным транзит по территории Республики Беларусь.

Центральное место в организации железнодорожных транзитных перевозок играет развитие безбумажной технологии. Использование одной накладной ЦИМ/СМГС на весь путь следования позволит сократить время на оформление перевозочных документов, ускорить доставку грузов, тем самым увеличивая дополнительные объемы транзитных потоков на железнодорожном транспорте.

Осуществление перевозок грузов в контейнерах автомобильным транспортом не получило особую популярность на территории республики, так как отсутствует развитая инфраструктура для их осуществления. В настоящее время возможность работы с контейнерами, перевозимыми автотранспортом, имеют РУП «Белтаможсервис» в Гомеле, Бресте, Могилеве, Витебске, а также на двух ТЛЦ недалеко от Минска.

Современное развитие автомобильных грузовых перевозок, в том числе и контейнерных, заключается в постоянной оптимизации маршрутной сети на основе рациональной организации перевозок грузов; внедрении современных технических средств; обновлении парка автотранспортных средств; развитии аутсорсинга деятельности в области автомобильного транспорта.

В соответствии с Концепцией развития контейнерных перевозок в Республике Беларусь, ввиду отсутствия спроса на перевозки внутренним водным транспортом, финансирование в инфраструктуру в речных портах не производится.

Развитие транспортных услуг имеет поддержку со стороны государства, так как они являются основополагающими в структуре экспортируемых услуг. Анализ показал, что для роста экспорта транспортных услуг необходимо и дальше заниматься совершенствованием и модернизацией инфраструктуры, осуществлять обновление подвижного состава, заниматься оптимизацией технологии взаимодействия транспорта с государственными контролирующими органами, также продолжать внедрение электронного обмена данными, что позволит ускорить доставку грузов и привлечь дополнительный объем перевозок.

Влияние на развитие транзитных перевозок, в том числе и контейнерных, могут оказать геополитические риски, которые в свою очередь обусловлены взаимоотношениями между Европейским Союзом (ЕС) и Российской Федерацией, ЕС и Китаем.

Развитию контейнерных перевозок, в том числе и транзитных, будет способствовать формирование необходимой инфраструктуры грузовладельцев для переработки контейнеров, разработка оптимальных маршрутов доставки, формирование конкурентоспособных тарифов, установление предложений об объемах и источниках финансирования по основным направлениям развития контейнерных перевозок, интеграция с системой междунаrodnых контейнеропотоков.

## Список литературы

- 1 Горчакова, О. В. Анализ функционирования железнодорожного транспорта в России в системе транспортного обеспечения ВЭД и экспорта транспортных услуг / О. В. Горчакова // Российский внешнеэкономический вестник. – № 4. – 2017. – С. 114–122.
- 2 Ефименко, Д. Б. Современное состояние и перспективы развития рынка международных автомобильных перевозок грузов / Д. Б. Ефименко // Транспорт: наука, техника, управление. – № 11. – 2018. – С. 41–45.
- 3 Информация об экспорте и импорте товаров в торговле с государствами-членами Евразийского экономического союза [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/vneshnyaya-torgovlya\\_2/operativnye\\_dannye\\_5/eksport-iport-so-stranami-eaes/](http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/vneshnyaya-torgovlya_2/operativnye_dannye_5/eksport-iport-so-stranami-eaes/). – Дата доступа : 21.05.2019.
- 4 Королева, А. А. Трендовое прогнозирование экспорта грузовых транспортных услуг Беларуси / А. А. Королева, А. А. Дугина // Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. – 2018. – № 1. – С. 14–19.
- 5 Национальный Банк Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.nbrb.by/bv/articles/10345.pdf/>. – Дата доступа : 24.05.2019.
- 6 Структура экспортных перевозок [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cargo-report.info/stat/export-country/>. – Дата доступа : 24.05.2019.
- 7 Холопов, К. В. Современное содержание и формы экспорта транспортных услуг / К. В. Холопов, О. В. Соколова // Российский внешнеэкономический вестник. – № 2. – 2018. – С. 25–31.
- 8 Экспорт транспортных услуг за 2018 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://officelife.media/news/the-exports-of-transport-services-increased-over-the-2018-to-3-5-billion>. – Дата доступа : 24.05.2019.

УДК 338.24

## МОТИВАЦИИ ТРУДА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*О. В. БЫЧЕНКО, О. Г. БЫЧЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожная транспортная система отличается от многих других технологических систем тем, что ее технические средства и технический персонал распределены на огромном пространстве и выполняют одновременно множество технологических процессов и операций. Безопасность работы технических средств во многом определяется профессионализмом и работоспособностью персонала, т. е. опирается на кадровый потенциал как важнейший фактор производственной деятельности. Развитие кадрового потенциала – одна из важнейших задач совершенствования организации перевозочного процесса. Одним из направлений его развития является побуждение персонала с помощью различных стимулирующих факторов к активной трудовой деятельности, т. е. процесс мотивирования труда.

С научной точки зрения система мотивации – это механизм «перепрограммирования» сотрудников для достижения целей производственной деятельности. Для Республики Беларусь система мотивации труда считается эффективной, если она разработана для конкретного предприятия с учетом его отличительных особенностей, например, на железной дороге – непрерывного процесса перевозок.

Система мотивации труда персонала может использовать как моральные, так и материальные стимулы. Наиболее ощутимым рычагом воздействия на повышение эффективности трудовой деятельности работников является рост заработной платы.

Работа, обеспечивающая стратегическое направление улучшения использования трудовых ресурсов, формируется в виде кадровой политики на уровне государства и реализуется внутри отраслей национальной экономики и ее предприятий. Так, на государственном уровне осуществляется:

- выбор курса внешней политики государства с возможностью привлечения в страну иностранных инвестиций, инновационных технологий для обеспечения роста заработной платы естественным путем;
- создание благоприятных условий для продуктивной внешнеэкономической деятельности и повышение заработной платы сотрудникам за счет этих источников;
- улучшение демографической политики страны, повышение размеров пенсионных пособий для того, чтобы люди, достигшие пенсионного возраста, могли окончить свою трудовую деятельность с минимальными финансовыми потерями.

Повышение уровня оплаты труда работников можно осуществлять при условии опережения темпов роста производительности труда по сравнению с темпами роста среднемесячной заработной платы.

С начала 2019 г. в целом по Республике Беларусь была отмечена тенденция превышения темпов роста заработной платы над темпами роста производительности труда. По статистическим данным в среднем реальная заработная плата с учетом инфляции растет в 8 раз быстрее, чем производительность труда [2], кроме того, отмечается постепенное замедление роста обоих показателей. Ко всему прочему, в некоторых регионах (Витебская область) отмечается снижение производительности труда: в январе 2019 г. данный показатель составил 96,8 % по отношению к соответствующему периоду предыдущего года. Это свидетельствует о снижении эффективности мотивации персонала на белорусских предприятиях. Причинами являются: снижение результатов производственной деятельности вследствие стремления повысить выработку сотрудников при их низкой заинтересованности; величина заработной платы не соответствует квалификации и опыту работников; старение кадров.

Современные руководители предприятия уделяют большое внимание подбору высококвалифицированных кадров, их обучению, мотивации и коллективизации. Так, в г. Минске в среднем общие затраты на одного офисного работника на предприятии с численностью персонала в несколько сотен человек достигают практически 100 % [1] заработной платы. Таким образом, реальная стоимость сотрудника в Республике Беларусь почти в 2 раза превышает размер заработной платы. Однако зачастую большая часть таких трат не является спланированной и оправданной. К примеру, в США реальная стоимость работника выше заработной платы на 20–25 % [1], в России – на 50 % [1]. В данную категорию расходов включаются инвестирование в различные социальные программы, аттестация и оценка работы сотрудников, их обучение и развитие, подбор и адаптация персонала, корпоративные мероприятия, деятельность отдела кадров.

Кроме того, отмечается повышенный спрос на специалистов в области управления персоналом, способных проконтролировать точность выполнения кадровой политики, а также оценить и реализовать в полной мере потенциал работников с максимальной пользой для организации. Таким образом, одним из основных направлений работы кадровой службы предприятия является создание не только жизнеспособной, но и эффективной системы мотивации труда и управления персоналом предприятия во главе с опытным, высококвалифицированным руководителем.

В рамках кадровой политики отраслей и производственных предприятий необходимо с учетом специфики работы разрабатывать системы мотивации и оплаты труда.

На Белорусской железной дороге работа по усилению мотивации труда ведется в разных направлениях: корректируются методики расчета производительности труда, совершенствуются системы оплаты труда, предлагаются к использованию рейтинговые оценки качества труда и грейдерные формы оплаты труда.

Для разработки системы мотивации в Гомельской дистанции пути были проведены исследования удовлетворенности работой сотрудников, выделены материальные и нематериальные факторы. В анкетировании приняли участие 30 работников дистанции: руководители – 7, специалисты – 5, служащие – 2, рабочие – 16 человек. Ранжирование факторов показало, что уровень оплаты труда находится в тройке лидеров у всех категорий работников, у рабочих – на первом месте, у остальных категорий – на втором. Степень непосредственного контроля, высокая степень ответственности находятся на последнем месте у всех категорий работников дистанции. Руководители высоко оценили успех и признание результатов работы. Таким образом, разрабатывая системы мотивации труда для разных категорий работников, необходимо делать упор на наиболее значимые для них факторы. Для эффективной реализации системы мотивации на предприятии необходимо обеспечить баланс между материальными и нематериальными способами стимулирования.

Для работников Гомельской дистанции пути была разработана система оплаты труда на основе грейдов, с помощью которой появляется возможность качественной оценки труда работников. Она относится к гибким системам оплаты труда. Грейды – это распределение всех профессий и должностей в зависимости от сложности и напряженности труда, его условий, уровня квалификации работников. Значимость работника для организации оценивается в баллах. Для каждого грейда устанавливается диапазон изменения размеров оплаты труда. Работник, повышающий свое профессиональное мастерство, имеет возможность увеличения заработной платы в рамках одной должности. Достоинство данной системы состоит в том, что она приводит к уменьшению эффекта «выгорания» сотрудников, находящихся длительное время на одной должности, сокращает текучесть кадров, расходы на поиск, адаптацию и обучение работников.

## Список литературы

- 1 Цена сотрудника. Сколько на самом деле стоит работник для компании в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://finance.tut.by/news522822.html.cmd=74904>.
- 2 Зарплаты и производительность труда падают, безработица растет. Как белорусы пережили начало 2019-го [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://finance.tut.by/news631410.html>.
- 3 Отдаемся от заветной 1000 рублей. В Беларуси второй месяц подряд падает средняя зарплата [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://finance.tut.by/news631248.html>.
- 4 В Беларуси заметно выросло число предприятий, которые задерживают зарплаты и платят меньше «минималки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://finance.tut.by/news628894.html?cmd=96578>.
- 5 Без усов и юбок. Четверть белорусов сталкиваются на работе с придирками к внешнему виду [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://finance.tut.by/news629670.html?cmd=35110>.
- 6 «Серьезный вызов – старение кадров». В какой сфере работает больше всего пенсионеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://finance.tut.by/news627393.html>.
- 7 Квалифицированный персонал – залог нашей успешной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gazeta.naftan.by/kvalificirovannyj-personal-zalog-nashej-uspeshnoj-deyatelnosti>.

УДК 656.02.003

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

*И. В. ГАЛКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В условиях перехода к рыночным отношениям и формирования новых хозяйственных связей бесперебойная работа транспорта рассматривается в качестве важнейшего фактора стабилизации социально-экономического положения республики и обеспечения ее экономической безопасности. При этом реализация целей и приоритетов социально-экономического развития требует обеспечить эффективное функционирование и устойчивое развитие рынка транспортных услуг в соответствии с внешним и внутренним спросом на пассажирские и грузовые перевозки на основе организации безопасных и комфортных перевозок с минимальными затратами времени и ресурсов.

Являясь важнейшим объектом экономической безопасности, транспорт обеспечивает не только перемещение грузов и перевозку пассажиров, но и служит катализатором и стимулятором экономического роста. Благодаря ему происходит структуризация рыночной экономики, формируется единое экономическое пространство. Эффективная и безопасная работа транспорта напрямую зависит от совершенствования государственного регулирования его деятельности.

Опыт развития зарубежных стран показывает, что рыночные отношения не исключают, а наоборот предполагают создание развитой и эффективной системы многостороннего государственного регулирования транспортного комплекса. Необходимость государственного регулирования характеризуется следующими предпосылками:

- 1) транспорт выступает важнейшим элементом производственно-социальной инфраструктуры и находится во взаимосвязи с другими инфраструктурными отраслями, подлежащими постоянному контролю со стороны государства;
- 2) необходимость контроля деятельности транспортных предприятий, находящихся в условиях «естественной монополии»;
- 3) необходимость контроля и ограничения уровней транспортных тарифов, т. к. их рост выступает одним из факторов развития инфляционных процессов;
- 4) необходимость обеспечения защиты транспортных предприятий от недобросовестной конкуренции;
- 5) необходимость установления и контроля единых норм, стандартов и правил в области охраны окружающей среды, безопасности движения, условий труда на транспорте, а также единых технических стандартов;
- 6) необходимость эффективного транспортного обеспечения ликвидации последствий стихийных бедствий, аварий и т. д.

Целью государственного регулирования рынка транспортных услуг является обеспечение эффективных экономических условий для функционирования отдельных видов транспорта, транспортных предприятий и качественное удовлетворение потребителей транспортными услугами. Государственное регулирование транспортной деятельности, согласно статье 10 Закона Республики Беларусь «Об основах транспортной деятельности» от 5 мая 1998 года включает:

- проведение единой государственной политики в области транспортной деятельности;
- формирование нормативно-правовой базы, регламентирующей транспортную деятельность;
- формирование системы информационного обеспечения в области транспортной деятельности;
- разработку и реализацию направлений и программ развития транспортной деятельности, а также ее государственную поддержку;
- обеспечение условий для развития рынка транспортных услуг, конкурентной среды в области транспортной деятельности через подтверждение соответствия объектов транспортной деятельности, транспортных работ и услуг требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации, лицензирование, приватизацию;
- разработку требований по обеспечению безопасности транспортной деятельности, а также норм охраны окружающей среды;
- организацию международного сотрудничества в области транспортной деятельности;
- иное государственное регулирование в соответствии с актами законодательства Республики Беларусь.

Государственное регулирование, заменяя конкуренцию или воздействуя на ее развитие, использует совокупность инструментов политического и экономического менеджмента, разрабатывая экономическую стратегию и политику отрасли. В Республике Беларусь управление деятельностью и государственное регулирование предприятий и организаций транспортного комплекса осуществляет Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. В Стратегии инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года определены долгосрочные цели, задачи и направления инновационного развития различных видов транспорта с учетом положений проекта Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года. Данный документ затрагивает различные аспекты участия государства в развитии транспортной системы страны.

Регулирование рынка транспортных услуг должно обеспечивать достижение целей и индикаторов транспортной стратегии как в долгосрочной перспективе, так и в режиме оперативных воздействий. Нормативно-правовые методы государственного вмешательства основаны на силе государственной власти и по своей направленности могут быть подразделены на определяющие безопасность и регулирующие рынок транспортных услуг. Среди экономических методов можно выделить комплексные и частные. Комплексные методы предполагают изменение системы производственных отношений и, в частности, отношений собственности (приватизация, национализация). Частные методы экономического регулирования транспортной деятельности оказывают воздействие на экономический интерес каждого субъекта хозяйственной деятельности (налоги, тарифы, штрафы и т. п.). Синтетические методы регулирования представляют собой синтез нормативно-правовых и экономических мер, которые сложно разделить и обособить.

Под воздействием технического прогресса, структурных сдвигов в экономике на рынке транспортных услуг изменяются принципы и методы регулирования, меняется эффективность используемых методов. В условиях формирования конкурентного рынка транспортных услуг нормативно-правовые методы используются в регулировании деятельности естественных монополий, доступа владельцев транспортных средств, а также экспедиторов и перевозчиков к профессиональной деятельности с использованием механизмов лицензирования или декларирования. Экономические методы формирования рынка транспортных услуг предусматривают реализацию механизмов тарифной, налоговой и инвестиционной политики.

Формирование эффективного механизма государственного регулирования рынка транспортных услуг должно основываться на системе экономических методов: индикаторов развития, встроенных стабилизаторов и регуляторов, управляющих организацией и корректирующих самоорганизацию рынка транспортных услуг. Индикаторы развития – это комплекс показателей-факторов, состояние и изменение которых позволяет оценить динамику конъюнктуры и структуры рынка. Обычно их устанавливает государство, информируя участников рынка транспортных услуг об особенностях прочтения и источниках информации об индикаторах. Встроенные стабилизаторы представляют

собой показатели-факторы, которые являются для участников рынка транспортных услуг нормируемыми со стороны государства. Использование стабилизаторов направлено на сглаживание негативных последствий развития ситуации на рынке транспортных услуг. Регуляторы представляют собой показатели, меры и методы, используя которые, государство настраивает систему национальной экономики и отдельных отраслей на позитивное, бескризисное, эффективное развитие. Использование системы этих показателей-факторов практикуется во многих экономически развитых странах, однако в Республике Беларусь такая система пока не сформирована.

Таким образом, функционирование и развитие транспорта как важнейшего элемента социально-экономической системы страны обусловлено не только рыночными механизмами, но и участием государства, которое является регулятором всех звеньев процесса перевозок грузов и пассажиров в целях обеспечения конкурентоспособности самой отрасли и роста национального богатства, улучшения уровня и качества жизни населения. Совершенствование системы государственного регулирования рынка транспортных услуг должно быть направлено на формирование и поддержание конкурентных преимуществ транспортных организаций на внутреннем и международном рынках, на обеспечение потребителей высококачественными транспортными услугами.

УДК 656.2.08

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ КОНКУРЕНЦИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

*М. А. ГОНЧАР*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Экономическая безопасность транспортной системы оказывает непосредственное влияние на экономическую безопасность страны в целом, обеспечивая потребность производства в перевозках. Любое глобальное изменение ситуации на рынке транспортных услуг может привести к нарушению существующих хозяйственных связей. Перспективным направлением развития железнодорожного транспорта в ближайшее десятилетие является формирование конкуренции в сфере грузовых перевозок. Мероприятия по ликвидации монополии на оказание транспортных услуг по грузовым перевозкам и распределению обязанностей организации перевозки между владельцами инфраструктуры, перевозчиками, операторами подвижного состава успешно реализованы в странах Европы. ОАО «РЖД» осуществляет планомерный переход к конкуренции в сфере грузовых перевозок.

В Республике Беларусь приняты нормативные документы [1], регламентирующие права и обязанности перевозчиков и владельца инфраструктуры, но на практике организация перевозок в настоящее время осуществляется единым перевозчиком. Наличие опыта других стран позволяет заблаговременно предусмотреть все возможные негативные сценарии развития конкуренции на железнодорожном транспорте. При этом необходимо учитывать также специфику особенности существующей технологии организации перевозок и инфраструктуры, которые первоначально были сформированы для плановой экономики и незначительно были адаптированы под современные реалии.

Рассмотрение возможных негативных факторов развития свободной конкуренции в сфере грузовых перевозок позволит разработать соответствующие механизмы взаимодействия различных участников перевозок для обеспечения экономической безопасности.

Первым фактором является дифференциация тарифов на перевозку грузов различной номенклатуры. Тарифы на перевозку грузов как правило устанавливаются исходя из величины транспортной составляющей в цене готовой продукции. Чем больше цена товара на рынке, тем большая стоимость перевозок может быть оплачена без угрозы значительного увеличения конечной цены товара. При этом коммерческие организации, заинтересованные в получении прибыли, приоритетом будут считать оказание услуг грузоотправителям с дорогостоящими грузами. Таким образом, возможно появление неудовлетворенного спроса на услуги перевозок для грузов с низкой стоимостью. Решением в данной ситуации является передача ответственности за перевозку грузов с низкой стоимостью государственному перевозчику для обеспечения стратегически важных отраслей сырьем, комплектующими и готовой продукцией.

Ко второму фактору относится конкуренция со стороны иностранных перевозчиков, имеющих большой опыт в организации перевозок на конкурентной основе. В первую очередь, в сфере интересов иностранных перевозчиков окажутся высокодоходные транзитные направления, пропускающие около 30 % общего грузопотока. При отсутствии ограничений для иностранных перевозчиков возможна ситуация неконкурентоспособности и, как следствие, ликвидации всех местных перевозчиков и монополизации рынка грузовых перевозок республики иностранными. Получение прибыли за оказание всех услуг перевозки иностранными перевозчиками приведет к значительному оттоку денежных средств из страны. С другой стороны, конкуренция со стороны иностранных перевозчиков позволит мотивировать местных перевозчиков к повышению качества оказываемых услуг.

Третий фактор – инвестирование в развитие инфраструктуры. Опыт стран Европы показывает, что тарифы на оплату услуг инфраструктуры перевозчиками [2] обеспечивают только текущее содержание инфраструктуры, но не учитывают необходимость инвестиций в ее развитие. Решением этой проблемы в странах Европы является государственное субсидирование.

Четвертый фактор – проблема дефицита перевозочных средств и пропускной способности. Опыт ликвидации парка инвентарных вагонов ОАО «РЖД» с передачей их операторским компаниям показал, что без соответствующей системы регулирования вагонного парка увеличивается потребность как в перевозочных ресурсах, так и в пропускной способности железнодорожной инфраструктуры [3]. По сравнению с централизованной системой управления парком инвентарных вагонов, каждый оператор-владелец подвижного состава осуществляет обособленное координирование перемещения вагонов, что приводит к значительному увеличению порожних пробегов и, как следствие, к увеличению потребности в вагонном парке, а также к значительной загрузке инфраструктуры.

Перечисленные факторы свидетельствуют о необходимости разработки механизмов взаимодействия перевозчиков, экспедиторов, операторов подвижного состава, владельца инфраструктуры для удовлетворения спроса на перевозки и, как следствие, обеспечения экономической безопасности транспортной системы.

При разработке механизма необходимо обеспечить решение следующих задач:

- безопасность перевозок и надежность перевозчиков;
- контроль платежеспособности грузовладельцев, а также ограничения на дебиторскую задолженность;
- ограничения на монопольную перевозку высокодоходных грузов, в том числе и для иностранных перевозчиков;
- оптимизация порожнего пробега вагонов.

Вышеперечисленные задачи выполнимы только при условии формирования единой системы для организации и управления грузовыми перевозками. В условиях развития тенденций цифровизации экономики появляются необходимые инструменты для реализации такой цели. Прототипом единой системы являются существующие электронные торговые площадки и транспортные биржи, в которых разработаны механизмы для поиска перевозимого груза или подвижного состава, при этом осуществляется контроль надежности перевозчиком и грузовладельцем, а также устраиваются торги для оптимизации тарифов на перевозку в зависимости от соотношения спроса и предложения.

Отличием единой системы для организации и управления грузовыми перевозками от электронной торговой площадки должно быть наличие следующих оптимизационных механизмов в соответствии с поставленными задачами функционирования системы:

- рейтинговая система или накопительная история имиджа и надежности перевозчиков по критериям качества оказываемых услуг и сохранности перевозок для принятия решений по распределению заявок на перевозку в спорных ситуациях;
- рейтинговая система или накопительная история имиджа и надежности грузовладельцев по критериям платежеспособности и своевременного предоставления груза к перевозке;
- система ограничений на долю перевозимых одним перевозчиком высокодоходных грузов относительно общего объема перевозок по заявкам для предотвращения их монополизации одним перевозчиком;
- система подбора заявок на подвижной состав для предложения грузовладельцам вариантов вагонов для перевозки, находящихся на небольших расстояниях от грузовладельцев.

Таким образом, система планирования перевозок должна включать следующие подсистемы: подсистема перевозчиков с накопительной историей о произведенных перевозках, подсистема операторов подвижного состава с рейтинговой системой оценки, подсистема грузовладельцев, подсистема контроля местоположения вагонного парка в реальном режиме времени (существующая система ИАС ПУР ГП), подсистема заявок на перевозку с контролем параметров номенклатурной группы грузов и величины отправки.

Формирование предложенной единой системы планирования и организации перевозок с оптимизацией некоторых параметров взаимодействия грузовладельцев, перевозчиков, операторов подвижного состава позволит повысить эффективность перевозок на конкурентной основе с помощью обеспечения удовлетворения спроса на перевозки, оптимизации использования перевозочных ресурсов, повышения качества оказываемых услуг.

#### Список литературы

1 О некоторых вопросах осуществления доступа к услугам инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования: Постановление Совета Министров Респ. Беларусь 24.07.2015, № 626 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015.

2 Лемешко, В. Г. Инновационные технологии на железнодорожном транспорте (теория, практика, перспективы) / В. Г. Лемешко, И. Н. Шапкин. – М. : ВИНТИ РАН, 2012. – 446 с.

3 Хусаинов, Ф. И. Консолидация вагонного парка: «на этот раз все будет иначе»? / Ф. И. Хусаинов // Вестник транспорта. – М. : ООО «Трансрус», – 2015. – № 8. – С. 11–13.

УДК 625.605:31

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАГОНОВ

*А. Г. ДЕЙНЕКА, В. А. КОТИК*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

Существующая на железнодорожном транспорте отчетность позволяет определить только среднюю себестоимость грузовых перевозок в расчете на единицу транспортной продукции (коп. на 10 т-км, на 10 пассажиро-км). Однако для определения ставок платы за пользование грузовыми вагонами, анализа себестоимости и рентабельности перевозок различных грузов и по различным странам необходимо располагать данными о себестоимости конкретной перевозки (в руб. за вагон, тонну и т. д.), которая зависит от расстояния, типа вагона, его принадлежности, загрузки и других транспортных признаков. Иными словами, себестоимость должна рассчитываться по тем же видам перевозок и их транспортным признакам, по которым дифференцирована и тарифная система. Такой подход может быть реализован на основе построения параметрической модели себестоимости перевозки, структура которой совпадала бы с построением тарифных схем. При этом следует отметить, что существующая методика базируется на среднесетевых издержках. Она также применима для условий местного сообщения, если за основу принимаются дорожные данные. Однако для обоснованного проведения гибкой тарифной политики с установлением исключительных тарифов на определенных направлениях перевозок конкретных грузов необходима специальная методика. Необходимость этой методики заключается в том, что определение ставки платы за пользование грузовыми вагонами по средневзвешенной ставке ставит в неравные условия всех участников перевозочного процесса. Выигрывает в этой ситуации тот перевозчик, ставка платы за пользование грузовыми вагонами которого является в действительности самой низкой и при определении средневзвешенной он находится в выгодной ситуации. И, естественно, наоборот: тот перевозчик, ставка платы за пользование грузовыми вагонами которого является в действительности самой высокой, получает более низкую ставку платы за пользование грузовыми вагонами. Тем не менее разработанный дифференцированный подход является приемлемым и корректным при условии, что взаиморасчеты будут производить при единой системе управления парком грузовых вагонов (ЕСУ ПГВ).



Работа подвижного состава в условиях ЕСУ ПГВ требует расчета научно-обоснованных ставок платы за пользование грузовыми вагонами. Их расчет был выполнен на основании методики определения ставок платы за пользование грузовыми вагонами на примерах ЖА Украины, Беларуси, Латвии, Эстонии, Таджикистана.

Для Украины расчеты дифференцированы в зависимости от коэффициента базовой цены вагона. Дифференциация стоимости вагона была рассчитана с учетом разных цен завода-изготовителя, поэтому коэффициенты были приняты ( $\kappa = 1,1$ ;  $\kappa = 1$ ;  $\kappa = 0,9$ ;  $\kappa = 0,8$ ). Многовариантность расчета обусловлена разными переменными. С целью вариации коридора нижней и верхней границ ставки платы за пользование грузовыми вагонами при единой системе управления рассчитаны три возможных варианта административных затрат (при минимальных, средних и максимальных значениях) в зависимости от годового объема перевозочной работы, значение которых составили (0,12; 0,125; 0,15).

Аналогично был принят и коэффициент рентабельности, значение которого выражено тремя возможными вариантами (0,3; 0,35; 0,4), которые принимаются в зависимости от многих факторов, таких как сезонность, спрос, унификация подвижного состава, дефицит определенного рода подвижного состава и др. Расчеты произведены в швейцарских франках, долларах США и гривневом эквиваленте.

При базовой стоимости вагона, равной 1, были получены значения с учетом курсов швейцарского франка и доллара США в 2018 году, которые были приняты в расчетах. Произведен расчет ставки платы за пользование крытым вагоном при единой системе управления парком грузовых вагонов, которая при нижней границе составила 4238 шв. фр. и 40,15 дол. за сутки.

Вариант 2. Среднее значение ставки платы за использование крытого вагона соответственно составило 44,06 шв. фр. за сутки и 41,74 дол. за сутки.

Вариант 3. Максимальное значение при четко определенных выше параметрах составило 45,95 шв. фр. за сутки и 43,53 дол. за сутки.

Вариант сопоставления. В зависимости от нижней и верхней границ колебание ставки за пользование крытым вагоном соответственно составило 3,57 шв. фр. и 3,38 дол. за сутки.

При применении стоимости вагона с коэффициентом 0,8 ставка платы значительно снижается и приобретает значение при нижней границе 37,56 шв. фр. за сутки и 35,59 дол. за сутки. Соответственно при верхней границе 40,96 шв. фр. за сутки и 38,61 дол. за сутки.

Таким образом, в зависимости от нижней и верхней границы колебание ставки платы за пользование крытым вагоном соответственно составило 3,2 шв. фр. за сутки и 3,02 дол. за сутки.

При стоимости вагона, превышающей базовую на 10 %, ставка платы за пользование крытым вагоном будет составлять при нижней границе 44,79 шв. фр. за сутки и 42,44 дол. за сутки.

Таким образом, в зависимости от нижней и верхней границы колебание ставки за пользование крытым вагоном соответственно составило 3,75 шв. фр. за сутки и 3,55 дол. за сутки. При стоимости полувагона, превышающей базовую на 10 %, ставка платы за пользование вагоном будет составлять при нижней границе 37,96 шв. фр. за сутки и 35,96 дол. за сутки.

При стоимости полувагона, превышающей базовую на 10 %, ставка платы за пользование вагоном будет составлять при верхней границе 41,12 шв. фр. за сутки и 38,95 дол. за сутки.

Таким образом, в зависимости от нижней и верхней границ колебание ставки за пользование полувагоном соответственно составило 3,16 шв. фр. за сутки и 2,891 дол. за сутки.

То есть при равных прочих условиях колебания ставки платы за пользование полувагоном составляет около 15,62 %, при изменении вышеперечисленных переменных колебание ставки платы может уменьшаться или увеличиваться в зависимости от условий заключения договора на перевозку грузов.

Меньшую ставку платы за пользование грузовыми вагонами имеют специализированные вагоны, такие как цистерны и прочие вагоны. При среднем значении ставка платы за пользование цистернами составит 41,4 шв. фр. за сутки и 39,22 дол. за сутки.

По вагонам прочих категорий ставка платы за пользование ими при среднем значении составляет 42,14 шв. фр. за сутки и 39,22 дол. за сутки.

Таким образом, использование парка грузовых вагонов требует индивидуального подхода, поскольку при конкурентной борьбе главным является получение прибыли.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРУДА – ЗАЛОГ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*А. Г. ДЕЙНЕКА, Л. А. ПОЗДНЯКОВА, И. П. ЧИРИЦА, В. В. КАРАБАДЖАК*  
*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

Необходимость ускоренного повышения эффективности обусловлена изменениями в общей хозяйственной, экономической и политической обстановке. Актуальным является определение активной роли отдельных факторов по их влиянию на изменение эффективности функционирования железнодорожного транспорта в современных условиях; необходимо полагаться на сокращение рабочей силы и на значительное повышение производительности труда. Целенаправленная работа по повышению эффективности труда может быть успешной в том случае, если выработано четкое представление об экономическом содержании категории «эффективность производства» и ее влиянии на экономическую безопасность. Теоретические основы нуждаются в совершенствовании в связи с изменениями технологического процесса и условиями труда, поэтому исследуемая проблема является актуальной.

К числу основных элементов эффективности на железнодорожном транспорте можно отнести ускорение научно-технического прогресса, повышение качества обслуживания пассажиров и качества грузовых перевозок, более совершенные формы организации труда и технологических процессов, воплощающих последние достижения научно-технического прогресса, лучшее использование наличного производственного потенциала.

Социально-экономические характеристики трудового потенциала зависят от количества трудовых ресурсов, их половозрастной и профессиональной структуры, уровня образования, квалификации, стажа работы, стабильности трудового коллектива. В условиях усиления взаимосвязи между экономическими и социальными факторами развития необходим более точный анализ состояния производительных сил. В связи с этим возрастает зависимость между динамикой эффективности и социально-экономической безопасностью, политикой: процесс интенсификации обеспечивает продвижение в социальной области, а социальные цели определяют направленность научно-технического прогресса.

Интенсивное развитие означает сокращение затрат на единицу потребительского эффекта. Переход к интенсивному типу воспроизводства ведет к повышению эффективности народного хозяйства, увеличению прироста продукции и национального дохода на гривну затрат. Растущая эффективность – главный источник финансирования экономических и социальных мероприятий при работе в современных условиях. Переход к нему означает не только коренные изменения в производительных силах, но также и совершенствование производственных отношений. Наибольшее значение имеют вопросы измерения интенсификации и эффективности. Поскольку экономия живого труда, сырья, материалов, топлива, энергии происходит вследствие проведенных мероприятий по интенсификации, постольку и интенсивный прирост физического объема национального дохода следует ставить в соответствии не одному лишь росту производительности живого труда, но и повышению фондоотдачи, снижению материалоемкости, энергоемкости, т. е. лучшему, более полному использованию производственных возможностей. Экономическая стратегия указывает на те средства и пути, которые ведут к достижению этой цели: динамичное и пропорциональное развитие транспортного производства, повышение его эффективности и безопасности, ускорение НТП и качества работы во всех звеньях железнодорожного транспорта. Особое внимание уделяется повышению эффективности и безопасности производства как материальной основы в современных условиях.

Эффективность производства выражает производственные отношения, складывающиеся между обществом в целом, коллективами работников и отдельными работниками по поводу хозяйствования на базе частной, общественной и смешанной форм собственности, рационального использования ресурсов производства, а, следовательно, и экономической безопасности. Частными показателями эффективности производства являются: получение максимальной прибыли, рост производительности труда, повышение фондоотдачи и снижение топливо-энергетических затрат, которые ведут к повышению экономической эффективности и безопасности.

Разработана классификация факторов повышения эффективности и безопасности производства, обеспечивающих конкурентоустойчивость, которая классифицируется как научная новизна, полу-

чившая дальнейшее развитие; факторы реализуются посредством трудовой активности масс, разветвления всех форм состязательности за повышение эффективности и качества работы.

Для эффективности транспортного производства, которая обеспечит конкурентоустойчивость, важен выбор и осуществление оптимальных вариантов развития предприятий, капитальных вложений и новой техники, обеспечивающих достижение высоких экономических результатов при минимальном объеме выделенных материальных, трудовых и финансовых ресурсов.

Огромное значение на современном этапе приобретает приоритетность социально-экономических факторов, которая предопределяет расширение информации не только о программных рубежах социального развития, но и путях совершенствования системы планирования и оценки выработки конкретной стратегии ускорения этих процессов. Таким образом, задача сводится к определению потенциальных возможностей реализации социально-экономических факторов. Сложность поставленной проблемы обусловлена отсутствием надежности нормативных показателей, регламентирующих ресурсные и результативные параметры социального прогресса в общей системе механизма управления.

Реализация этих целей открывает перспективу научно обоснованного определения и отбора приоритетов социального развития и оценки их влияния на изменение конечных, экономических результатов функционирования производственных систем.

Это позволяет более обоснованно регулировать ресурсным обеспечением процессы реализации социально-экономических программ. Необходимость нового подхода к оценке роли отдельных факторов в современных условиях становится актуальной, что вызывает объективную необходимость разработки их четкой классификации и определения степени влияния на изменение показателей эффективности и безопасности. Одно из условий выявления и использования социально-экономических факторов повышения эффективности и безопасности производства как неотъемлемого элемента стратегии ускорения – комплексное изучение структуры производства, его характера и содержания.

Одним из его составляющих является повышение эффективности труда. Целью труда является создание возможностей для повышения благосостояния людей, улучшения условий их труда и быта. Основное назначение труда состоит в удовлетворении потребностей индивида и общества, необходимости достижения практических, полезных, утилитарных плодов. Но труд не ограничивается лишь производством материальных благ, призванных удовлетворять человеческие запросы, а видит в нем процесс удовлетворения основной человеческой потребности – потребности в труде.

Будучи порожденным необходимостью удовлетворения жизненных потребностей, труд постоянно формирует и приумножает новые потребности, актуализируя человеческую жизнедеятельность. В современном обществе перенесение центра тяжести в общественном разделении труда на умственный связано с коренным изменением места и роли человека в производстве: работник вместо того, чтобы быть главным агентом процесса производства, становится рядом с ним.

Тенденции развития современного производства таковы, что простой труд оттесняется, правилом становится творческая деятельность, открывающая простор для развития всех дарований, способностей. Изменение содержания труда, все большее наполнение его духовно-мыслительным содержанием, как и открытие в труде важнейшей его человекообразующей функции, – достояние мыслителей прошлого.

Большинство мировых исследователей, раскрывая понятие «содержание труда», связывают его с технико-организационным разделением. Как правило, в данное понятие включают состав и отличительные особенности трудовых функций. Поэтому обычно пишут о «функциональном содержании труда». При этом различия в содержании труда рассматриваются как различия в профессиях и в уровне квалификации работников и их безопасности.

Содержание труда – это совокупность общих, особенных и единичных, необходимых и случайных, постоянных и временных элементов, сторон, функций трудового процесса и взаимодействий между ними. На него могут влиять как преобразования в технике, технологии, так и сезонные колебания, особенности перевозимой в данный момент продукции и транспортной составляющей. Различия в содержании труда и формах оплаты порождают специфику в социально-психологических потребностях, которые в настоящее время проявляются наиболее ярко. Определенная связь удовлетворенности формой и системой оплаты труда, материальным и моральным поощрением, условиями быта, содержанием, условиями и характером труда определяет неоднородность характера труда.

Следовательно, экономическая безопасность транспортного производства и затратный метод производства практически недопустим в современных условиях. Потому реализация нововведений, направленных на повышение эффективности и экономической безопасности транспортного производства, должна осуществляться в соответствии с разработанными научно-обоснованными мероприятиями ученых и практиков.

## ОБОСНОВАНИЕ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА С УЧЕТОМ РИСКОВ

*И. А. ЕЛОВОЙ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. Л. ЖИГАЛОВ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Транспортный процесс доставки продукции от поставщика до потребителя расчленен на отдельные стадии, которые должны функционировать взаимосогласованно, синхронно. Однако в ходе реализации процесса доставки продукции в каждом его модуле (станции, грузовом фронте, железнодорожном пути необщего пользования, участке железнодорожной линии и т. п.) возникают *случайные отклонения*, обусловленные особенностями транспортного процесса: ненадежностью работы технических устройств, несохранностью перевозимых грузов и т. п. Система оперативного управления на железнодорожном транспорте предназначена для обеспечения выполнения нормативных технологий в условиях действия случайных отклонений (случайных воздействий). В функции системы оперативного управления на железнодорожном транспорте входит конкретизация или корректировка реальной технологии на основе оперативной информации о состоянии транспортного объекта с целью уменьшения влияния случайных факторов на ход транспортного процесса.

Следовательно, транспортный процесс испытывает два вида воздействий: управляющие и случайные. Обычно выделяют следующие основные группы случайных воздействий: технологические, организационные, информационные, финансовые, климатические, социально-политические, психофизиологические и медицинские.

В результате выполненных исследований установлено:

1) в основу расчетов нормативной рентабельности железной дороги положены ежемесячные значения доходов и расходов за период с 2012 по 2018 годы. Такой выбор был обусловлен тем, что при расчете рентабельности, исходя из средних доходов и расходов в отдельные месяцы, железная дорога вынуждена была брать кредиты в банке для выплаты ежемесячной заработной платы, а также решения ряда текущих финансовых проблем;

2) значение необходимого уровня рентабельности рассчитывалось на основании исследования динамики изменения доходов и расходов, учитывающей управляющие и случайные воздействия в процессе реализации доставки грузов и принятия управленческих решений на различных уровнях. Данный подход базируется на теории страхования, катастроф и пр., где в основу расчета страховых, кредитных и других ставок закладывается рисковая надбавка, позволяющая иметь минимум страховых финансовых средств, необходимых для стабильного функционирования хозяйствующего субъекта;

3) необходимый уровень рентабельности для железной дороги, определенный на основании статистических данных, должен составлять 35 % вместо расчетного значения 23,6 % и определяется исходя из средних значений доходов и расходов. Следует отметить, что в бывшем Советском Союзе при расчете железнодорожных тарифов закладывалась рентабельность в размере 35 %, причем финансирование значимых проектов осуществлялось из бюджета (массовое обновление тягового подвижного состава, строительство крупных станций, реконструкция железного пути и т. п.). В связи с этим при отсутствии поддержки железнодорожного транспорта со стороны государства или из других источников в тарифах должна учитываться дополнительно инвестиционная составляющая.

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ТАРИФОВ НА ПЕРЕВОЗКУ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

*И. А. ЕЛОВОЙ, Л. В. ОСИПЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одним из главных требований рынка железнодорожных перевозок является обеспечение транспарентности тарифов и возможности их гибкого регулирования. В настоящее время в сфере желез-

нодорожных грузовых перевозок в странах Евразийского экономического союза наблюдается устойчивая тенденция к увеличению доли частных вагонов в грузовых перевозках наряду с сокращением до минимума парка вагонов перевозчика (инвентарных вагонов). Во многих государствах широко обсуждается вопрос о развитии конкуренции в данной сфере, связанной с возможностью осуществления грузовых перевозок сторонними перевозчиками, не входящими в структуру железнодорожного транспорта общего пользования. Кроме этого, следует отметить, что разработка предыдущих унифицированных тарифов осуществлялась в 2012 году на базе статистических данных и расходов 2011 года, и за время, прошедшее с момента их утверждения, тарифы индексировались только один раз на 10 % в 2018 году, в связи с чем потребовал пересмотра и уровень тарифов.

На основании анализа текущей экономической ситуации в Республике Беларусь и опыта развития рынка железнодорожных услуг и тарифообразования в других странах СНГ сформулированы основные принципы, которые должны закладываться в основу тарифной системы:

1) экономическая обоснованность, обеспечиваемая расчетом себестоимости для тарифных целей на базе фактических эксплуатационных расходов и объемных показателей работы Белорусской железной дороги за период, предшествующий расчетному;

2) обоснованный уровень рентабельности для выполнения социальных обязательств, программ ремонта пути, подвижного состава и технических средств, обновления подвижного состава и развития инфраструктуры, возврата заемных средств и др.;

3) отказ от перекрестного финансирования пассажирских перевозок за счет грузовых или, как минимум, снижение финансовой нагрузки на грузовые перевозки в этой части, следуя общемировым тенденциям полного или частичного финансирования убыточных пассажирских перевозок из государственных и (или) региональных бюджетов. В новых тарифах, утвержденных постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли от 18.06.2019 № 51 (далее – постановление МАРТ № 51), это положение не реализовано вследствие ряда причин, в частности, ввиду отсутствия государственной поддержки пассажирских перевозок;

4) сокращение разницы между тарифами на перевозку высоко- и низкостоимостных грузов. Многие грузовые перевозки, в частности, перевозки щебня и лесных грузов, являются глубоко убыточными и субсидируются путем применения высоких тарифов на перевозки, например, нефтепродуктов или черных металлов. Кроме этого, перевозка ряда грузов по тарифам ниже экономически обоснованного уровня приводит к дисбалансу тарифов на грузовой и порожний рейс для вагонов грузоотправителей, грузополучателей, а также к существенной разнице (до 60 %) между тарифами на перевозку таких грузов в вагонах перевозчика и грузоотправителей, грузополучателей. Однако с учетом сложившейся в настоящий момент конъюнктуры рынка, требующей снижения тарифов на перевозку ряда низкостоимостных грузов, в постановлении МАРТ № 51 сохраняется зависимость уровня провозной платы от рода груза. Необходимо отметить, что такой подход адекватно работает в случае осуществления перевозок одним перевозчиком – железной дорогой. При условии либерализации рынка грузовых железнодорожных перевозок могут возникнуть проблемы, связанные с уходом наиболее выгодных перевозок высокостоимостных грузов к частным перевозчикам, которые не несут социальных нагрузок и обязанностей по перекрестному финансированию убыточных перевозок грузов и пассажиров, что может повлечь за собой негативные последствия для Белорусской железной дороги;

5) гибкость тарифной системы, позволяющая оперативно реагировать на изменившиеся условия рынка;

6) применение при разработке тарифов с выделением тарифных составляющих параметрической модели зависимости себестоимости перевозки от массы груза и расстояния транспортирования, как наиболее полно отражающей специфику грузовых железнодорожных перевозок;

7) упрощение тарифной системы (сокращение количества тарифных схем, отказ от дифференциации тарифов в зависимости от тарифного класса груза, упрощение порядка расчета провозной платы);

8) обеспечение регулярной корректировки уровня тарифов с целью приведения в соответствие с текущей экономической ситуацией.

Базой для расчета новых тарифов послужили исходные статистические данные за 2017 год, включая расходы Белорусской железной дороги, связанные с перевозкой грузов, а также ряд количественных показателей, характеризующих работу железнодорожного транспорта. В основу расчета себестоимости для тарифных целей по трем тарифным составляющим легла параметрическая модель, построенная с учетом специфики работы железнодорожного транспорта путем выделения в расходах начально-конечной и движущейся операций.

Выделение как в расходной, так и в доходной части трех тарифных составляющих (инфраструктурной, локомотивной и вагонной) позволяет решить ряд задач:

– дать предпосылки к возможности корректного определения себестоимости перевозки как в случае ее осуществления железной дорогой в вагоне инвентарного парка, так и в иных случаях;  
– создать методическую основу для осуществления ежегодной индексации тарифов в зависимости от изменения параметров себестоимости за предыдущий и на предстоящий год с учетом того, что структура затрат, а следовательно, и их изменение по тарифным составляющим существенно отличаются;

– предоставить возможность расчета себестоимости перевозки груза определенной массы на конкретное расстояние, что актуально при установлении размера скидки, так как до введения в действие новых тарифов при определении возможной скидки с тарифа в качестве нижнего ценового предела перевозки принималась средняя себестоимость по Белорусской железной дороге, определяемая как частное от деления общих эксплуатационных расходов железной дороги по грузовым перевозкам на соответствующий объем эксплуатационной работы и не учитывающая соотношение начально-конечной и движущихся операций в каждом конкретном случае

К несомненным плюсам новых тарифов, утвержденных постановлением МАРТ № 51, следует отнести:

- 1) обеспечение прозрачности механизма формирования тарифных ставок;
- 2) возможность гибкого регулирования тарифов в соответствии с изменениями на рынке;
- 3) упрощенную структуру тарифов и сокращение количества тарифных схем;
- 4) возможность определения себестоимости перевозки груза заданной массы на конкретное расстояние, что особенно актуально при установлении размера скидки с тарифа;
- 5) возможность определения себестоимости перевозки груза локомотивами и вагонами различных форм собственности;
- 6) наличие методики, позволяющей регулярно индексировать тарифы в соответствии с изменением затрат по элементам.

Вместе с тем, постановление МАРТ № 51 имеет и некоторые недостатки, среди которых следует отметить:

- 1) сохранение перекрестного финансирования убыточных пассажирских перевозок за счет грузовых;
- 2) сохранение разницы между уровнем тарифа на перевозку высоко- и низкостоймых грузов, а также сохранение разницы между грузевым и порожним рейсами частного вагона при перевозке низкостоймых грузов;
- 3) разработка прозрачного механизма определения себестоимости для тарифных целей на основании данных о расходах дороги по тарифным составляющим и дальнейшего формирования тарифов повлекла за собой сокращение тарифных схем, что в свою очередь стало причиной дисбаланса, возникшего при наложении и сопоставлении двух тарифных систем.

В заключение следует отметить, что самая главная цель, которая должна быть достигнута в результате разработки и введения проекта тарифов и методики индексации, – это соблюдение баланса интересов железной дороги и клиентов железнодорожного транспорта.

УДК 656.9

## **ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В СТРАНАХ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА ТРУБОПРОВОДНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*Е. Н. ЕФРЕМОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Нефтехимическая отрасль играет ведущую роль в формировании бюджета и основных макроэкономических показателей страны. Она во многом определяет динамику и темпы развития национальных экономик, их конкурентоспособность на мировых рынках и социальное положение населения.

Транспортировка нефти и нефтепродуктов имеет ключевое значение во всем мире. Страны-потребители получают недостающие топливные и энергетические ресурсы. А для государств, поставляющих нефтегазовую продукцию, зачастую данная деятельность является ключевой и обеспечивает устойчивое макроэкономическое развитие.

Деятельность, связанная с транспортировкой нефти и газа, подвергается частым и существенным изменениям, которые обусловлены множеством экономических, политических, технологических, экологических причин.

Нефть и нефтепродукты могут перемещаться автомобильным, водным, железнодорожным и трубопроводным транспортом. Для каждого вида транспорта действует комплекс нормативных правовых актов, регламентирующих правила и особенности перевозки опасных грузов, которые представлены на следующих уровнях:

- 1) международный;
- 2) наднациональный;
- 3) национальный.

Наиболее экономически эффективным и экологически безопасным при транспортировке нефти и нефтепродуктов является трубопроводный транспорт. Можно выделить некоторые особенности совершения таможенных операций в отношении товаров, перемещаемых трубопроводным транспортом:

– осуществление таможенного контроля в отношении данных товаров связано с использованием различных приборов учета, которые могут находиться в том числе на территориях сопредельных государств;

– при осуществлении таможенного оформления, как правило, не требуется предъявление указанных товаров;

– товары помещаются под таможенную процедуру таможенного транзита;

– допускается изменение специфических характеристик товаров вследствие технологических особенностей перевозки в соответствии с техническими регламентами и стандартами, действующими в государствах-членах ЕАЭС;

– перегрузка (перевалка) на таможенной территории ЕАЭС иностранных товаров допускается только с разрешения таможенного органа, в регионе деятельности которого совершается такая грузовая операция.

Анализ использования трубопроводного транспорта в странах ЕАЭС выявил следующие проблемы:

– несоблюдение требований безопасности при транспортировке товаров, перемещаемых трубопроводным транспортом;

– низкий технический уровень оснащения трубопровода;

– поломка либо неисправность приборов системы учета товаров, перемещаемых трубопроводным транспортом;

– незаконная выкачка товаров третьими лицами;

– нарушение транспортировки товаров;

– высокий уровень износа трубопроводов;

– нарушение либо потеря свойств товаров, содержащих химически активные вещества, в процессе транспортировки.

В настоящее время наблюдается рост числа хищений нефтепродуктов с объектов производственной и транспортной инфраструктуры с последующей легализацией и сбытом. Это оказывает негативное влияние на пополнение государственного бюджета, так как экспортные пошлины на нефть и нефтепродукты занимают значительный удельный вес в формировании доходной части государств-членов ЕАЭС.

Наиболее распространенным видом охраны является патрулирование, однако оно имеет целый ряд недостатков:

– патрули не могут находиться в каждый момент времени на всем протяжении трубопровода;

– высок риск совместной работы охранников и правонарушителей;

– сложность выявления скрытой врезки.

Альтернативным методом является охрана с помощью технических средств. Они должны функционировать на всей протяженности трубопровода, а при попытке врезки – немедленно подавать сигнал тревоги с указанием места проникновения злоумышленников. Немедленное реагирование имеет очень важное значение:

– так как позволяет минимизировать экономические потери за счет оперативного реагирования и предотвращения разлива нефти в случае врезки;

– дает возможность поймать преступников на месте преступления, что при эффективной работе правоохранительных органов значительно снижает стимулы к дальнейшему совершению правонарушений.

Еще одной важной проблемой является несоответствие объемов производства отдельных видов нефтепродуктов и объемов их вывоза за территорию стран-участниц ЕАЭС, что свидетельствует о преднамеренной пересортице видов нефтепродуктов в целях ухода от уплаты таможенных платежей.

Основными причинами сложившейся ситуации являются:

- 1) отсутствие оперативного и достаточного обмена данными между органами, осуществляющими контроль и учет добычи, переработки и транспортировки нефтепродуктов;
- 2) проблемы однозначной идентификации производителей нефти и нефтепродуктов на всех этапах добычи, переработки и транспортировки;
- 3) отсутствие гармонизированного классификатора нефтепродуктов и согласованной методики их учета;
- 4) высокая величина погрешностей средств измерения, используемых при добыче, переработке и транспортировке нефтепродуктов.

В настоящее время регулирование общественных отношений, связанных с осуществлением контроля учета добычи, переработки и транспортировки нефтепродуктов носит фрагментарный характер, единая система взаимосвязанных нормативных правовых актов в данной сфере отсутствует.

В рамках ЕАЭС для обеспечения единства подходов, принципов реализации и эффективности контроля деятельности, основанной на применении системы управления рисками, должны быть созданы:

- единое информационное пространство;
- унифицированная информационная поддержка системы управления рисками;
- электронные базы данных и программные средства для их обработки.

Также для решения вышеперечисленных проблем было бы целесообразно:

- провести анализ правоприменительной практики законов и подзаконных актов, регулирующих вопросы учета и контроля добычи, переработки и транспортировки нефтяного сырья и нефтепродуктов, и рассмотреть методы их совершенствования;
- разработать технический регламент на средства измерения, используемые при добыче, переработке и транспортировке нефтяного сырья и нефтепродуктов.

В глобальном масштабе для решения проблем, возникающих при экспорте нефти, необходимо:

- ограничить возможности для оборота нефтепродуктов, произведенных неаккредитованными производителями;
- удалить с рынка контрафактные и некачественные нефтепродукты, не соответствующие требованиям нормативных документов;
- сформировать систему, позволяющую получать достоверную и оперативную информацию о производстве и перемещении нефтепродуктов на территории ЕАЭС, а также об их вывозе за таможенную территорию, в целях экспорта или переработки.

Таким образом, стабильность функционирования нефтепроводов может быть обеспечена благодаря внедрению прогрессивных методов диагностики, совершенствованию организационной системы взаимодействия государственных органов стран-участниц ЕАЭС.

УДК 338.47: 656.2

## ЛОГИСТИКА КАК ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Н. Д. ЖЕРДЕВ, Ю. В. МИРОШНИЧЕНКО, Н. Г. ЧЕЛЯДИНОВА*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

Повышение эффективности производства в первую очередь зависит от состояния логистики. Следует направить внимание специалистов на эффективное распределение движения материальных и финансовых потоков как в государственной, так и в частной деятельности. Поэтому очевидно, что попытка повысить эффективность всегда является важной задачей как для частного, так и для государственного сектора. Чем меньше средств задействовано в определенной деятельности (при неизменном качестве продукции, услуг), тем дешевле будет производство и тем больше средств останется на другую важную деятельность. Существует еще одна причина попытаться сделать производство как можно более эффективным – это проблемы финансирования, возникающие в данном секторе. Тяжелое налоговое бремя влечет за собой



издержки в макроэкономическом масштабе. Высокая эффективность государственного сектора означает, что тяжелого налогового бремени не требуется и, следовательно, побочные эффекты налоговой системы не будут столь опасными. Но проблемы финансирования (финансовых потоков) государственного сектора касаются не только воздействия налоговой системы. Подчас налоговых сборов не хватает, чтобы оплатить полностью государственную деятельность и все трансферты. Тогда в государственном секторе возникает дефицит. Такого рода дефицит при некоторых обстоятельствах может оказывать стимулирующее воздействие на экономику, но он может также давать отрицательные эффекты. Подобные последствия дефицита в государственной деятельности послужили основанием к тому, что в последние годы проблемы государственного сектора стали широко обсуждаться в Украине. Чтобы понять, какие проблемы связаны с этим дефицитом, нам следует вернуться к определению сбережений: Валовые сбережения = Инвестиции + Сальдо платежного баланса.

Таким образом, по логистике сбережение в этом значении – это всякое использование ресурсов, которое не идет на потребление. Но можно также говорить о чистых денежных накоплениях (финансовых потоках). Здесь имеются в виду сбережения, которые не используются для инвестиций: Сбережения – Инвестиции = Чистые денежные накопления. Это значит, что чистые накопления в стране должны быть равны сальдо платежного баланса: Суммарные чистые денежные накопления = Сальдо платежного баланса.

Дефицит платежного баланса означает, что Украина должна брать займы за границей. Ведь иностранный займ является тем же самым, что и «отрицательные» чистые накопления. Если правая часть приведенного выражения – отрицательная величина, т. е. если страна испытывает дефицит платежного баланса, то и левая часть должна быть отрицательной: Украина должна брать займ за границей.

Таким же образом активное сальдо платежного баланса означает, что Украина одалживает деньги другим странам, т. е. эта страна имеет «положительные» чистые денежные сбережения.

Суммарные чистые денежные накопления можно в свою очередь разделить на частное и государственное накопление, в зависимости от того, откуда поступают средства. Государственные чистые денежные накопления (финансовые потоки) – это, попросту говоря, совокупные доходы государственного сектора (налоги, таможенные пошлины, взносы и так далее) за вычетом всех его расходов. Частные чистые денежные накопления состоят как из сбережений домашних хозяйств (например, в банке), так и из накоплений предприятий, из прибылей. Таким образом, это значит: Государственные чистые денежные накопления + Частные денежные накопления = Сальдо платежного баланса.

Исходя из этой формулы, можно догадаться, откуда могут возникнуть проблемы, связанные с ухудшением состояния государственных финансов (финансовых потоков). Сохранение государственных накоплений не является сколько-нибудь значимой проблемой, если вместо этого домашние хозяйства или предприятия свои накопления увеличивают. Но если накопления государственного сектора уменьшаются без соответствующего роста накоплений частного сектора равной величины, то результатом будет ухудшение суммарных чистых денежных накоплений страны, т. е. ухудшение платежного баланса.

Ухудшение платежного баланса не должно представлять какой-то значительной проблемы, если импорт и иностранные займы направляются на инвестиции, дающие быстрый рост и повышение конкурентоспособности, что позволяет решить проблему выплаты долгов и процентов. Но если иностранные займы используются не на инвестиции, а на текущее потребление, то они могут стать дорогим балластом для экономики. К тому же существует риск, что сократившиеся государственные накопления отрицательно скажутся на инвестициях. Инвестиционные издержки и склонность к инвестированию будут испытывать различное воздействие в зависимости от того, как государственный сектор финансирует свой дефицит. Логистика предполагает эффективное управление движением финансовых потоков.

Государственный бюджет включает государственные расходы и доходы. Разница между расходами и доходами называется бюджетным сальдо. Когда государственные расходы больше доходов, то возникает дефицит бюджета, который должен возмещаться с помощью займов. В кризисные годы размер и структура этого дефицита оживленно обсуждались как в Украине, так и в других странах. Большой дефицит бюджета говорит об отсутствии логистического подхода. Здесь и появляется стратегия логистического выбора. Таким образом, логистика как

наука определяет задачи, предмет и метод исследования эффективного движения финансовых потоков. Финансирование бюджетного дефицита имеет решающее значение в том, быть внутренней инфляции или нет. Если значительная часть государственного бюджетного дефицита финансируется за счет займов, т. е. за счет того, что просто печатается больше денег, это может стать мощным рычагом инфляции. Когда дефицит финансируется с помощью «печатного станка», то, естественно, увеличивается денежная масса. Со временем это приводит к обесцениванию денег, иными словами, цены повышаются. В том, что такая связь между денежной массой и уровнем цен существует, согласны все экономисты. Однако у них нет единого мнения о том, насколько жестка эта связь и как быстро изменения денежной массы отражаются на уровне цен. Те, кто утверждает, что эта связь очень тесная, рекомендуют борьбу с инфляцией в первую очередь направить на логистический подход за денежной массой (финансовыми, материальными потоками).

Большинство экономистов же отмечают, что, во-первых, если безработица велика, то имеется достаточный простор для роста денежной массы без непосредственного увеличения инфляции. Если уровень использования мощностей в экономике низок, то покупательная способность, которую «накачивают» в экономику с помощью бюджетного дефицита и выпуска новых денежных знаков, может быть приемлемой, по крайней мере вначале, и не вызывать диспропорций и повышения издержек. Однако предполагается, что в последующие годы возможностей для продолжения такой политики становится все меньше. Эффекты инфляции наступают в экономике быстрее, чем даже при низком уровне использования мощностей. Во-вторых, в такой маленькой и открытой стране, как Украина, значительная доля возросшей денежной массы на практике не отражается на ценах непосредственно. Вместо этого значительные суммы устремляются за границу в виде утечки валюты. Это связано с тем, что люди начинают использовать часть своей возросшей покупательной способности на приобретение импортных товаров; это и вызывает отток валюты. В то же время политика денежной экспансии вызывает тенденцию снижения процента, что может приводить к перемещению валюты. Кроме того, бюджетный дефицит и ускоренная денежная эмиссия вызывают сомнения в том, насколько устойчива такая политика в долгосрочной перспективе. Тогда могут возникнуть ожидания грядущей девальвации, что ведет к усиленной (спекулятивной) утечке валюты.

Отсюда же вытекает и еще одна проблема: длительная утечка валюты будет вынуждать понизить валютный курс. Через некоторое время станет необходима новая девальвация. В свою очередь это усилит инфляцию вследствие повышения импортных цен. Поэтому существует косвенная связь между ростом денежной массы и темпом инфляции. Следовательно, антиинфляционная программа должна включать меры по ограничению бюджетного дефицита и сдерживанию роста денежной массы. Ключевым пунктом такой стратегии является установление центральным банком Украины некоторого определенного темпа прироста денежной массы (финансовых потоков), которого он же сам будет последовательно и твердо придерживаться. Тем самым инфляция направляется в более спокойное русло и одновременно появляется надежда, что резкого повышения цен в перспективе не ожидается. Этот рецепт имеет, однако, два недостатка.

Во-первых, оказалось сложным определить размер и управлять денежной массой. Все время возникают новые типы платежных средств: платежные и кредитные карточки, новые банковские счета, которые одновременно обладают ликвидностью и приносят процент, и так далее. В связи с этим нелегко определить, какие именно типы средств следует включать в состав денежной массы. Поэтому становится трудно решать, чем, собственно, должен управлять центральный банк и какие именно мероприятия действительно влияют на денежную массу (финансовые потоки).

Во-вторых, проблема, связанная с такой политикой, состоит в том, что она грозит основательно повысить безработицу. Если все остальные цели экономической политики должны быть подчинены контролю за денежной массой, то следует также прекратить противодействовать проблеме безработицы с помощью экспансии. Вместо этого, чтобы затормозить рост денежной массы (финансовых потоков), следует, по-видимому, ужесточить бюджетную политику, не принимая во внимание того, что при этом может произойти с занятостью.

## ПОДХОДЫ К ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЮ ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ В КРУПНЫХ МНОГОУРОВНЕВЫХ КОМПАНИЯХ

Н. В. ЗДАНОВСКАЯ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Настоящий этап развития экономики характеризуется ростом компаний, представляющих собой объединения различных субъектов хозяйствования. В экономической литературе такие компании не имеют единого, общего названия (интегрированные структуры, холдинги или холдинговые компании, корпорации, финансово-промышленные группы и т. д.). Но для всех этих компаний верно одно – их объединение обусловлено желанием достижения определенных целей, с использованием синергического эффекта от объединения.

В отличие от компаний, состоящих из одного хозяйствующего субъекта, объединенные компании являются более сложными с точки зрения управления. Особое значение приобретает управление финансовыми взаимоотношениями между субъектами хозяйствования, способствующее достижению поставленных целей. Наиболее сложными с позиции формирования финансовых взаимоотношений являются многоуровневые компании, представляющие собой крупное объединение хозяйствующих субъектов и имеющее для наилучшей реализации управленческих функций несколько уровней управления.

Одним из наиболее важных вопросов, определяющих финансовые отношения между субъектами хозяйствования крупных многоуровневых компаний, является перераспределение финансовых средств между их участниками. При этом следует отметить, что перераспределение финансовых средств является неотъемлемым процессом, обеспечивающим безопасное и эффективное функционирование компании. Подход к выбору способа перераспределения финансовых ресурсов обуславливается следующими факторами:

- оперативными и стратегическими целями компании;
- формой собственности, организационно-правовой формой и отраслевыми особенностями хозяйствования компании;
- нормативно-правовым регулированием финансовых отношений между участниками компании;
- особенностями налогообложения.

Необходимость перераспределения финансовых ресурсов в крупных многоуровневых компаниях обуславливается их спецификой. Часто в практике хозяйствования компаний складывается ситуация когда у одного хозяйствующего субъекта наблюдается избыток финансовых ресурсов, а у других их не хватает для решения текущих задач. Распространенными являются и ситуации, в которых определенные хозяйствующие субъекты нуждаются в дополнительных средствах для инвестиций в долгосрочные проекты. Для удовлетворения потребностей хозяйствующих субъектов и обеспечения развития компании руководство стоит перед выбором финансовых инструментов, способных наилучшим образом учесть особенности компании и выполнить свои функции. Финансовые инструменты, используемые для распределения финансовых ресурсов в крупных многоуровневых компаниях, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Финансовые инструменты, используемые для распределения финансовых ресурсов в крупных многоуровневых компаниях

*Трансфертное ценообразование* является одним из наиболее популярных способов перераспределения средств. Его суть заключается в реализации товаров (работ, услуг) между хозяйствующими субъектами одной компании по специальным внутренним ценам, которые отличаются от рыночных цен. Хозяйствующие субъекты реализуют и приобретают необходимые товары (работы, услуги) по трансфертным ценам, при этом реализуя свою конечную продукцию на сторону уже по рыночной цене. В результате финансовые ресурсы концентрируются в одной, как правило, сбытовой компании, а затем могут перераспределяться в зависимости от потребностей.

Трансфертное ценообразование может использоваться не только для перераспределения финансовых ресурсов, но и для повышения эффективности работы субъектов хозяйствования и их бизнес-единиц, для мотивации руководителей, а также для принятия решений о дальнейшем развитии или реструктуризации.

*Финансирование путем участия в капитале* реализуется посредством внесения взносов в уставный капитал дочерних компаний. В этом случае передача средств может осуществляться как в виде передачи имущества, так и в виде передачи денежных средств. В любом случае перераспределение средств осуществляется через выплату дивидендов.

*Начисление и выплата дивидендов* является наиболее «прозрачным» способом финансирования в корпоративных структурах. Однако в данном случае финансирование осуществляется лишь в одном направлении: от головного общества к его участнику (акционеру). В холдинге – от дочернего общества к материнской компании.

*Предоставление займов между участниками компаний* является одним из самых простых и удобных способов финансирования. Между организациями заключается договор, согласно которому заимодавец передает заемщику деньги, которые тот обязуется вернуть через установленный промежуток времени.

Еще одним вариантом распределения финансовых ресурсов является *выделение компании – хранителя активов*, в рамках которой сосредотачивается вся прибыль многоуровневой компании. Основная деятельность такой компании обычно заключается в предоставлении имущества в аренду хозяйствующим субъектам компании. Арендуя производственные мощности, хозяйствующие субъекты передают часть своей прибыли компании-держателю активов.

Нередко используется вариант перераспределения финансовых ресурсов посредством *создания централизованного фонда* за счет отчислений из прибыли участников многоуровневой компании, остающейся в их распоряжении после уплаты налогов, сборов (пошлин) и других обязательных платежей. Средства централизованного фонда головная компания направляет его участникам для реализации различных целей долгосрочного характера, как правило, финансирование капитальных вложений, НИОКР и т. д.

Наряду с образованием централизованного фонда в многоуровневых компаниях одним из инструментов перераспределения финансовых ресурсов может выступать *безвозмездная передача* денежных средств, товаров и прочего имущества. Такой вариант перераспределения финансовых ресурсов без учета полученных доходов может применяться только в ряде случаев, предусмотренных законодательством.

Как показывает практика, наиболее важным аспектом при выборе компанией инструмента перераспределения финансовых ресурсов является анализ налогообложения совершаемых при этом процедур. Во многих странах для подобного рода компаний устанавливаются льготные режимы налогообложения, поскольку государство заинтересовано в стимулировании роста и развития крупных интегрированных структур. Это позволяет применять такие способы перераспределения финансовых ресурсов, которые позволяют максимально снизить налогооблагаемую базу.

Обзор подходов к перераспределению финансовых ресурсов в практике хозяйствования крупных многоуровневых компаний показал, что существуют различные способы перераспределения финансовых ресурсов. Каждый из этих способов является универсальным, однако имеет особенности, которые определяют его эффективность в каждой конкретной ситуации. Решение о применении того или иного способа финансирования должно применяться с учетом особенностей компании и соответствия использования выбранного способа законодательству.

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ И ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

*Н. А. КЕКИШ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Устойчивое развитие системы означает наличие у нее признаков экономической безопасности. Если говорить о транспортной системе в целом, то экономическая безопасность характеризуется способностью системы противостоять внутренним и внешним экономическим угрозам. Оценка серьезности воздействия на систему производится с помощью мониторинга экономической безопасности, представляющего собой регулярное отслеживание прогнозных значений индикаторов экономической безопасности и сопоставление их с реальными показателями и критическими пороговыми значениями.

Очевидно, что для обеспечения экономической безопасности грузового железнодорожного транспорта как отдельной компании (каковой является в настоящее время Белорусская железная дорога) необходимо одновременно устойчивое финансовое положение и наличие возможностей для развития. Однако если взглянуть на проблему обеспечения экономической безопасности транспорта в национальном масштабе, то очевидно, что здесь возникает противоречие между интересами отдельных предприятий, отдельных видов транспорта и государства в целом. Для обеспечения текущего стабильного финансового положения Белорусская железная дорога должна занимать существенную долю на рынке грузовых перевозок. Соответственно, в условиях конкуренции с автомобильным транспортом это представляется трудновыполнимой задачей, особенно в сегменте ценных немассовых грузов, требующих срочной доставки. Предоставление железной дороге преференций по грузовым перевозкам административными методами, учитывающими масштабы предприятия и его роль в обеспечении социального заказа на пассажирские перевозки, приведет к снижению доходности автопредприятий, многие из которых также являются государственными. Угроза экономической безопасности автомобильного транспорта приведет к нежелательным последствиям связанных отраслей, таких как нефтехимическая и дорожно-строительная. Таким образом, экономическая безопасность отдельного вида транспорта не означает экономической безопасности транспортной отрасли страны в целом. Коммерческо-социальный в правовом и экономическом аспекте характер работы Белорусской железной дороги в настоящее время предопределяет наличие постоянной угрозы экономической безопасности как самой железнодорожной отрасли, так и национальной экономики в целом. Такое противоречие наблюдается в отношении железных дорог соседних государств.

Если говорить об устойчивом развитии как факторе экономической безопасности, то в настоящее время при мониторинге индикаторов экономической безопасности недостаточно учитываются:

- инновационное развитие промышленности и альтернативных видов транспорта;
- цифровизация экономического пространства, связанные с этим новые возможности для развития и потенциальные угрозы.

Транспорт как сфера услуг изначально по своей природе является зависимым от потребителей этих услуг, т. е. от промышленности. Недостаточный учет этого, на первый взгляд, очевидного фактора приводит к недооценке потенциальной угрозы экономической безопасности, связанной с инновационным развитием промышленности. Достигнутый в настоящее время высокий уровень роботизации производства и возможностей использования IoT в промышленности уже запустил два взаимосвязанных процесса в мировой экономике: обратную миграцию производств из регионов с дешевой рабочей силой и размещение производств в районах, близких к сырьевым регионам. Высокотехнологичное производство требует очень небольшого количества работников высокой квалификации, и поэтому процесс обратной миграции предприятий легкой, приборостроительной, машиностроительной и других отраслей промышленности, использующих производство конвейерного типа, вполне закономерен. Возможности работы небольшим коллективом высококвалифицированных сотрудников, а в ряде случаев и возможность удаленного управления большинством технологиче-

ских производственных процессов, делает рентабельным процесс переработки первичного сырья на месте в полуфабрикат или даже готовый продукт. Оба этих процесса означают коренную трансформацию цепей поставок и перспективное снижение объемов массовых перевозок грузов. В первом случае это произойдет из-за сокращения расстояний между основными местами производства и потребления, во втором случае – из-за сокращения объемов перевозки сырья и замены ее перевозкой готовой продукции. Примером такого изменения логистических цепей является развертывание высокоавтоматизированных деревообрабатывающих производств в местах массовой лесозаготовки. Наличие таких предприятий ликвидирует массовый грузопоток круглого леса к традиционным пунктам переработки, заменяя его менее массовым и более разветвленным грузопотоком готовой продукции деревообработки, исключая таким образом целые звенья из логистической цепи. Кроме того, изменение структуры грузопотока потребует и изменения организации технологического процесса и других технических средств перевозок, например, замены перевозок в открытом подвижном составе на перевозки в контейнерах. Как основной наземный транспортировщик массовых грузов железнодорожный транспорт ощутит существенное снижение потребности в перевозках в своем сегменте транспортного рынка, что закономерно скажется на значениях индикаторов его экономической безопасности, опасно приблизив их к пороговым, за пределами которых его деятельность становится экономически неэффективной.

Другим фактором является инновационное развитие энергетики. Технологические инновации в создании автономных элементов питания и рекордные темпы их внедрения, прежде всего в автомобилестроении и жилищно-коммунальном хозяйстве, угрожают не только существенным сокращением традиционно крупного сегмента железнодорожных перевозок, но и перевозкам нефтехимических грузов для топливно-энергетической отрасли. Вкупе с активным тестированием и промышленным внедрением систем автовождения транспортных средств в перспективе это означает выход на новые показатели эффективности и экологичности для автомобильного транспорта – основного конкурента железной дороги, что не может не сказаться на показателях ее экономической безопасности. Если же говорить о еще более инновационных решениях в области транспорта, таких как проект Hyperloop, то здесь речь идет уже о потенциальной полной утрате сегмента контейнерных перевозок – самого динамично развивающегося сегмента в железнодорожных перевозках – на основных магистральных внутриконтинентальных маршрутах. Игнорирование инновационного развития промышленности и его влияния на перспективы транспортной отрасли в целом и железнодорожного транспорта в частности может привести к катастрофической нехватке времени и ресурсов для адаптации к этим процессам.

Цифровизация экономического пространства предполагает, прежде всего, эффективное использование имеющегося объема цифровых данных, порождаемых как самой транспортной системой в процессе ее эксплуатации, так и организациями-пользователями транспортных услуг, государственными организациями, просто пользователями интернета. Организация цифрового взаимодействия и открытие доступа к отдельным базам данных железной дороги с целью разработки сторонних программных продуктов, приложений может стать действенным инструментом маркетинговой политики, способствующим увеличению объемов перевозок и повышению их качества, о чем свидетельствует мировой опыт такой интеграции. В свою очередь, железная дорога также может использовать многочисленные открытые источники информации, агрегировать полученные данные и использовать их в своей коммерческой деятельности. Однако при этом не стоит забывать и о рисках, связанных с расширением доступа к собственным информационно-управляющим системам. Прежде всего, речь идет о более высокой степени уязвимости частично открытых систем к кибератакам по сравнению с полностью изолированными системами. Другая категория рисков – это потенциальные затраты, связанные с использованием недостоверных и/или неактуальных данных, полученных из внешних источников, для решения технологических задач. Наличие таких рисков в то же время не должно быть основанием для отказа от работы с внешними поставщиками и потребителями данных.

Следует понимать, что повлиять на негативные с точки зрения экономической безопасности инновационные процессы в экономике железнодорожный транспорт не в силах. Единственным действенным инструментом защиты экономической безопасности является постоянный мониторинг происходящих в связанных отраслях изменений и поиск путей своевременной адаптации к таким изменениям.

**РЫНОЧНОЕ РЕФОРМИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В КОНТЕКСТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ***И. А. КОЖЕВНИКОВА**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В системе национальной экономической безопасности целесообразно выделение транспортной составляющей в качестве самостоятельного блока, где особое значение имеет железнодорожный транспорт. Его роль заключается в обеспечении устойчивой работы отраслей материального производства, сокращении удельных затрат в стоимости продукции за счет транспортной составляющей, увеличении эффективности пользования ресурсами, стимулировании процессов стабилизации экономики, решении социальных задач [2, с. 15].

Одной из ключевых социально-экономических проблем, характерных практически для всех стран мира и непосредственно влияющих на национальную экономическую безопасность, является перманентная убыточность общественных пассажирских перевозок (далее – ОПП). Необходимость повышения экономической эффективности ОПП привела к рыночным реформам в данной сфере во многих странах, в частности и к демонополизации железной дороги. Анализ протекания указанных реформ, как и, в целом, их необходимость, в частности в России и Казахстане, привели к острым дискуссиям, в которых мнения ученых разделились на два лагеря – «либеральный» и «консервативный».

Либеральную позицию в отношении рыночных реформ на железнодорожном транспорте отстаивали ученые Петербургского университета путей сообщения, в их числе профессора А. А. Зайцев, А. Н. Ефанов, В. П. Третьяк и А. И. Гурьев, которые утверждали, что оптимальной для железнодорожного транспорта является акционерная форма собственности. Специалист по истории железных дорог, канд. ист. наук А. И. Гурьев так характеризовал сложившуюся систему управления железнодорожным транспортом: «В целом, существовавшие на железнодорожном транспорте экономические отношения, как и во всем народном хозяйстве, носили затратный характер. Они не содержали внутренних двигателей или стимулов для наращивания эффективности работы, создания более качественных и по возможности менее дорогостоящих продуктов или услуг. В этом заключался самый глубинный недостаток советской модели железнодорожного транспорта, заводящий ее, как и всю социалистическую систему, в неизбежный тупик» [4, с. 18]. Приверженцы либеральной позиции подчеркивали, что в сохраняемой советской модели государственного регулирования железной дороги приоритетной целью выступало выполнение показателей качества эксплуатационной работы по отношению к требованиям потребителей.

К числу главных идеологов консервативной позиции относительно реформ железнодорожного транспорта можно отнести бывшего министра путей сообщения СССР д-ра техн. наук профессора Н. С. Конарева, который утверждал, что акционирование железнодорожной дороги есть не что иное, как «антигосударственный проект планового разрушения отрасли», [4, с. 18]. Крайне консервативных позиций также придерживаются д-р экон. наук профессор В. А. Персианов, а также д-р техн. наук, профессор Ю. М. Дьяков и другие.

Обобщая исследование эволюции научных подходов к пониманию конкуренции как основного механизма рыночных преобразований, необходимо подчеркнуть, что даже в рамках классической школы конкуренция не рассматривалась как абсолютное благо и ключ к решению экономических проблем. А. Смит указывал на то, что конкуренция уместна лишь до тех пор, пока она содействует максимизации общественного благосостояния; Милль отмечал, что не во всех сферах она уместна. Сисмонди, Пигу, Маркс, Шумпетер указывали, что конкуренция провоцирует экономические диспропорции и кризисы. Пигу подчеркивал, что конкуренция обостряет противоречия не только между частными и общественными интересами, но и между общественными интересами настоящего и будущего периодов [1, 3].

Однако негативные проявления конкуренции не означают, что ее действие необходимо устранять административными методами. Сложность проблематики заключается в определении сферы применения конкуренции и ее границ, определении экономической сущности конкуренции в соответствии с современными реалиями экономической жизни и критерия ее эффективности. На основании данных научных положений, с учетом многогранности термина «конкуренция», на наш взгляд, следует дополнить сущность исследуемой категории еще одной содержательной гранью. Таким образом, предлагаем следующее определение конкуренции:

Конкуренция – процесс притязания экономического субъекта на более выгодные условия ведения хозяйственной деятельности, более высокий качественный уровень выпускаемой продукции (оказываемых услуг), более высокий экономический и социальный эффект за счет внедрения инновационных достижений.

Преимущества предлагаемого подхода к пониманию конкуренции заключаются, во-первых, в том, что он определяет динамический характер конкуренции (процесс), а также указывает на его направление – повышение уровня качества; во-вторых, соответствует современным концепциям «новой конкуренции», которые базируются не на соперничестве, а на взаимовыгодном сотрудничестве; в-третьих, определяет критерий эффективности применения конкуренции – экономический и социальный эффект, а также указывает на средства его достижения – внедрение инноваций.

Такой подход наиболее целесообразно применять для определения конкуренции в сфере общественных пассажирских перевозок, которые обладают двойственной социально-экономической природой и по своей сущности представляют собой частно-общественное благо.

Традиционно конкуренция в транспортной отрасли представлена в форме монополистической конкуренции, которая характеризуется четкой дифференциацией услуг, сочетанием монополии и конкуренции, а также частной и государственной формы собственности перевозчиков. Главной отличительной особенностью монополистической конкуренции транспортного рынка является отсутствие равных внутриотраслевых условий для перевозчиков различных видов транспорта, а именно:

- автомобильные перевозчики государственной формы собственности получают государственные дотации и не содержат дорожную инфраструктуру;

- железная дорога не получает государственных дотаций и содержит железнодорожную инфраструктуру.

Данная особенность дополнительно указывает на невозможность понимания конкуренции как состязания (соперничества) между различными видами транспорта. Кроме того, в контексте международного сравнения необходимо подчеркнуть, в Республике Беларусь, в отличие от основных стран-партнеров по ЕАЭС, железная дорога является естественной монополией, где убыточные пассажирские перевозки продолжают финансироваться за счет прибыли от грузовых перевозок, что сдерживает внедрение инноваций, направленных на повышение скорости и качества железнодорожных перевозок, и создает дискриминационные условия для Белорусской железной дороги на внутривнутриреспубликанском рынке ОПП и на рынке транспортных услуг ЕАЭС.

Сформулированные фундаментальные положения относительно содержания и специфики конкуренции на рынке ОПП необходимо учитывать при реформировании отрасли, внедрении рыночных инструментов и построении организационно-экономического механизма управления железнодорожными пассажирскими перевозками.

#### Список литературы

1 История экономических учений : учеб. пособие / Г. А. Шмарловская [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Шмарловской. – 5-е изд., стер. – Минск : Новое знание, 2006. – 340 с.

2 Коришева, О. В. Управление экономической устойчивостью транспортных компаний в сфере грузовых железнодорожных перевозок / О. В. Коришева. – М. : ВИНТИ РАН, 2017. – 160 с., ил.

3 Тарануха, Ю. В. Конкуренция и конкурентоспособность : [монография] / Ю. В. Тарануха. – М. : Русайнс, 2017. – 336 с.

4 Хусаннов, Ф. И. Железные дороги и рынок : сб. статей / Ф. И. Хусаннов. – М. : Наука, 2015. – 582 с.

УКД 656.07:338.2

## ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ КОМПАНИИ

*О. В. КОРИШЕВА*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Обеспечение экономической безопасности – задача национального масштаба, которая с каждым годом не только не теряет своей актуальности, но и требует постоянной работы и развития в усло-



виях новых вызовов мировой экономики и политики [3, 7, 8]. Подтверждением важности вопросов экономической безопасности является, в частности, утверждение Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года. На заседании Совета Безопасности, посвященном обсуждению проекта Стратегии экономической безопасности, Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин сказал: «Мы видим глубокие масштабные процессы, которые происходят в мире: формируются новые центры мирового экономического роста; с каждым годом возрастает конкуренция за рынки, технологии, капиталы; экономические ограничения, давление, санкции все чаще используются в политических целях, а под видом политических целей часто просто в конкурентной борьбе. Мы должны учитывать эти тенденции, превентивно реагировать на риски и угрозы. При этом наш главный, фундаментальный ответ заключается в том, чтобы наращивать свой собственный экономический потенциал. Не закрываться при этом от мировой экономики, а повышать свою эффективность. Это даст нам ресурсы для развития, для решения социальных задач, позволит надежно, гарантированно обеспечивать национальные интересы и безопасность страны» [1]. В. В. Путин отмечает, что задача повышения эффективности позволит обеспечить не только национальные интересы, но и развить свой экономический потенциал, что необходимо для экономической безопасности. Кроме того, Владимир Владимирович выделяет задачу превентивного реагирования на риски и угрозы, что позволит минимизировать возможный ущерб от них.

Решением задачи выявления и предотвращения угроз является формирование системы оценки экономической безопасности компании, являющейся ключевым элементом системы управления для обеспечения экономической устойчивости и безопасности в целом. Система оценки экономической безопасности должна формироваться с учетом особенностей функционирования компании, отраслевых аспектов, а также действующего законодательства, предусматривающего конкретные правила и нормы ее деятельности. Алгоритм и методы расчета должны быть функционально удобными при регулярном использовании и обеспечивать достоверную и комплексную оценку. Соответственно, методологический подход к оценке должен обеспечивать такие результаты оценки, по итогам которых возможно формирование рекомендаций по управлению деятельностью компании, а также принятие решения по нейтрализации обнаруженных угроз и рисков.

В целом система экономической безопасности хозяйствующего субъекта должна быть построена с соблюдением таких принципов, как системность, законность, плановость, функциональная эффективность, экономичность, взаимодействие, разумная достаточность, надежность, непрерывность, баланс гласности и конфиденциальности, компетентность, эшелонирование.

При этом формируемая система экономической безопасности хозяйствующего субъекта должна быть уникальной, комплексной и автономной.

При выборе метода оценки экономической безопасности хозяйствующего субъекта целесообразно исходить из установленной в экономике гипотезы непрерывности деятельности компании, согласно которой «организация будет продолжать свою деятельность в обозримом будущем, у нее отсутствуют намерения и необходимость ликвидации или существенного сокращения деятельности, и, следовательно, обязательства будут погашаться в установленном порядке» [2].

Важно учитывать, что решения по многочисленным финансовым и хозяйственным вопросам принимаются в условиях лимитированности ресурсов, времени, при этом параллельно требуется решать сопутствующие более мелкие задачи, в итоге являющиеся не менее важными. В этой связи при постоянном усилении факторов, угрожающих экономической безопасности, эффективности и развитию деятельности компании, вопрос о создании системы оценки экономической безопасности и дальнейшем регулярном мониторинге состояния и динамики развития компании с целью заблаговременного предупреждения угроз и принятия необходимых мер защиты и противодействия является актуальным в настоящее время. Принципиально важным данный вопрос является для транспортных компаний в сфере грузовых железнодорожных перевозок, так как данный сегмент регулярно испытывает ряд проблем, вызванных внешними и внутренними факторами.

В целях обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта автором предлагается следующий алгоритм формирования системы оценки экономической безопасности, представленный на рисунке 1 [4, 5].



Рисунок 1 – Алгоритм проведения оценки безопасности хозяйствующего субъекта

Важным этапом является определение составляющих экономической безопасности, которые могут отличаться в зависимости от специфики деятельности анализируемой компании. Для хозяйствующего субъекта железнодорожного транспорта в сегменте грузовых перевозок предлагается следующий перечень составляющих экономической безопасности: ресурсная (вагонная), маркетинговая, производственная составляющие, составляющая финансовой эффективности и устойчивости, акционерно-рыночная, организационно-управленческая составляющие, составляющая безопасности коммерческих отношений, информационно-технологическая, социальная, инновационно-технологическая составляющие. В то же время при оценке конкретного оператора грузов сформированный перечень составляющих может быть скорректирован и сокращен в соответствии со спецификой деятельности компании, ее особенностями функционирования и текущей экономической политикой [6].

#### Список литературы

- 1 Президент России. Заседание Совета Безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kremlin.ru/events/president/news/53429>.
- 2 Положение по бухгалтерскому учету «Учетная политика организации» ПБУ 1/2008 ; утв. приказом Мин. финансов Рос. Федерации от 06 октября 2008 г. № 106н. [Электронный ресурс] // Минфин России. – М., 2008. – Режим доступа : <http://www.minfin.ru/ru/accounting/accounting/legislation/positions/>.
- 3 Кожевникова, И. А. Социальная ответственность государства в сфере организации и финансирования общественных пассажирских перевозок / И. А. Кожевникова ; под ред. Р. А. Кожевникова, Ю. И. Соколова // Вклад транспорта в нац. экон. безопасность : сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 167–168.
- 4 Коришева, О. В. Управление экономической устойчивостью транспортных компаний в сфере грузовых железнодорожных перевозок : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / О. В. Коришева. – М., 2014. – 188 с.
- 5 Коришева, О. В. Управление экономической устойчивостью транспортных компаний в сфере грузовых железнодорожных перевозок : [монография] / О. В. Коришева. – М. : ВИНТИ РАН, 2017. – 160 с.
- 6 Коришева, О. В. Обоснование значения экономической устойчивости грузовых транспортных компаний для обеспечения эффективного функционирования железнодорожной отрасли / О. В. Коришева, Р. А. Кожевников // Транспортное дело России. – 2014. – № 2. – С. 5–8.
- 7 Соколов, Ю. И. Роль железнодорожного транспорта в обеспечении национальной экономической безопасности / Ю. И. Соколов ; под ред. Р. А. Кожевникова, Ю. И. Соколова // Вклад транспорта в нац. экон. безопасность : сб. трудов Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 212–216.
- 8 Соколов, Ю. И. Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность / Ю. И. Соколов, Р. А. Кожевников, О. В. Коришева // Экономика железных дорог. – 2018. – № 7. – С. 49–58.

## ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*В. А. КОТИК, Т. Е. ТИМОФЕЕВА, В. И. КУДЕЛЯ*

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

В современных условиях вопросы обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта занимают одно из первых мест. Предпосылками появления ряда проблем железнодорожной отрасли стали различные преобразования в экономике страны, которые обусловили множественные изменения в деятельности железнодорожных предприятий и железнодорожного транспорта в целом. Для железнодорожной отрасли одним из главных условий эффективной деятельности предприятий является обеспеченность необходимыми объемами работ, поскольку виды транспорта, которые использовали предприятия народного хозяйства при перевозке продукции, определялись независимо от желания самих предприятий. И преимущество здесь принадлежало железнодорожному транспорту.

Преобразования в экономике Украины приводят к проявлению как внешних, так и внутренних факторов, влияющих на деятельность железнодорожного транспорта как положительно, так и отрицательно.

В этих условиях возникает необходимость своевременного предвидения и реагирования на любые изменения как во внешней, так и внутренней среде. Решение таких задач как раз и лежит в основе обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта.

Проблемы обеспечения экономической безопасности на разных ее уровнях находятся в центре внимания ученых. Основные исследования в этом направлении отражены в работах многих отечественных и зарубежных ученых, но надо отметить что эта проблема является еще недостаточно глубоко изученной, поэтому актуальным считается исследование, разработка теоретических основ по проблеме определения, оценки и прогнозирования развития состояния железнодорожного транспорта с помощью важнейших показателей и индикаторов его функционирования с точки зрения обеспечения экономической безопасности и совершенствования действующей системы, которая обеспечивает экономическую безопасность железнодорожного транспорта.

Цель исследования заключается в углублении существующих теоретических подходов по определению уровня экономической безопасности железнодорожного транспорта. Цель исследования обусловила постановку и решение следующих задач: определить сущность экономической безопасности на разных ее уровнях (международный, национальный, государственный); проанализировать теоретические и практические подходы к определению уровня экономической безопасности; обосновать целесообразность определения экономической безопасности на железнодорожном транспорте; определить роль железнодорожного транспорта в обеспечении экономической безопасности национального хозяйства; провести комплексный анализ работы железнодорожного транспорта с целью выявления основных угроз экономической безопасности; определить факторы влияния на составляющие экономической безопасности и систематизировать угрозы; предложить систему показателей для оценки экономической безопасности железнодорожного транспорта и классифицировать их по составляющим; разработать предложения по оценке экономической безопасности железнодорожного транспорта и предложить механизм их реализации. Объектом исследования являются процессы, происходящие на железнодорожном транспорте и обеспечивающие экономическую безопасность железных дорог.

Предметом исследования являются теоретико-методологические и методические основы обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта.

Научный поиск подчеркивается многоаспектностью рассмотрения учеными понятия «экономическая безопасность». Установлено, что первые наработки, касающиеся проблемы обеспечения безопасности экономических систем, имели место еще в начале 60-х годов XX столетия. Однако в нашей стране первые попытки постановки и решения проблемы обеспечения безопасности экономических систем были сделаны в начале 90-х годов XX столетия.

На основе анализа теоретических и методических подходов ученых, работающих над этой научной проблемой, раскрыты основные направления определения механизма повышения уровня экономической безопасности. Исследованием установлено, что в экономической литературе нет однозначного определения понятия «экономическая безопасность». Обеспечение экономической безопасности системы, как результата действия различных факторов внутреннего и внешнего характера, требует разработки соответствующего механизма и системных показателей, с помощью которых она будет определена.

Предлагается трактовать понятие «экономическая безопасность» как способность экономической системы сохранять устойчивое состояние, противодействовать угрозам нарушения этого положения и предотвращать необратимые кризисные ситуации.

Рассмотрены теоретические аспекты определения основных понятий, связанных с проблемой определения уровня экономической безопасности: «экономическая безопасность», «экономические риски».

Экономическая безопасность классифицируется по следующим уровням: международный, национальный, государственный, региональный, отраслевой. С целью обеспечения функционирования механизма экономической безопасности была определена взаимосвязь различных факторов, которые непосредственно влияют на национальную безопасность государства. В основе обеспечения экономической безопасности предполагается минимизация и предупреждение угроз, которые возникают в процессе деятельности. Разработана классификация основных факторов по блокам: экономические, организационно-технологические, технические и социальные. Установлено, что большая часть предпосылок обеспечения экономической безопасности железнодорожной отрасли, которые возникают, лежит в основе управления национальным хозяйством.

Разработаны основы понятийного аппарата содержания экономической безопасности железнодорожного транспорта, где определено, что под экономической безопасностью следует понимать такое состояние, при котором создаются условия для эффективного использования ресурсов железнодорожного транспорта, а также обеспечение его стабильного функционирования и прогрессивного развития.

Определено также, что под ресурсами экономической безопасности железнодорожного транспорта понимаются все ресурсы, которые есть у него в наличии; под потенциалом – неиспользованные ресурсы, которые могут быть реализованы как за счет собственных средств, так и с привлечением дополнительных ресурсов.

Разработана модель ресурсного потенциала обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта. Система экономической безопасности железнодорожного транспорта, организация ее успешного функционирования должны опираться на методологические основы научной теории безопасности. В связи с этим выявлены первоочередные цели системы экономической безопасности.

Теоретически обоснована и доказана целесообразность создания экономического механизма функционирования и обеспечения такого состояния отрасли, который будет отвечать условиям экономической безопасности. Для этого были выявлены основные факторы, которые негативно влияют на деятельность отрасли, и разработаны мероприятия, позволяющие избежать этого влияния или исключить полностью. В результате проведенного исследования установлено, что основной целью обеспечения экономической безопасности железнодорожной отрасли является предотвращение угроз, обеспечение защищенности деятельности отрасли и достижение поставленных целей посредством решения такой задачи: поиск средств и способов предотвращения угроз с целью ослабления или ликвидации последствий их действий. Исходя из этого сделан вывод, что обеспечение экономической безопасности железнодорожного транспорта является непрерывным циклическим процессом, который необходимо постоянно совершенствовать.

Оценка уровня экономической безопасности производится с помощью совокупного показателя экономической безопасности железнодорожного транспорта.

Получение совокупного показателя экономической безопасности железнодорожного транспорта обеспечивается определением показателей по финансовой, технико-технологической, кадровой, правовой, информационной, экологической и охранной составляющим.

## КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТАРИФОВ НА ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

*Д. Н. КУШНЕРОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Т. Г. НЕГРЕЙ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Действующий на сегодня порядок формирования тарифов на перевозки пассажиров железнодорожным транспортом и их уровень не обеспечивают окупаемости этих перевозок. По данным за 2018 год уровень покрытия расходов по перевозкам пассажиров доходами составил лишь 41,4 %. Увеличение тарифов в 2,5 раза не решит имеющуюся проблему, так как такое повышение заставит значительное число пассажиров отказаться от использования железнодорожного транспорта, что еще больше снизит окупаемость перевозок.

Одним из способов формирования тарифов на перевозки пассажиров железнодорожным транспортом является их построение на основании экономически обоснованных затрат на такие перевозки. Однако такой способ расчета тарифов делает их неконкурентными по сравнению с автомобильным транспортом. Одной из причин этого является отсутствие в расходах автоперевозчиков затрат на инфраструктуру. В то же время железная дорога такие расходы несет, и их доля в расходах на пассажирские перевозки составляет более 40 %.

С целью развития конкуренции на рынке пассажирских перевозок и создания равных условий для перевозчиков одним из вариантов разрешения сложившейся ситуации является исключение из расходов по пассажирским перевозкам железнодорожным транспортом затрат на инфраструктуру. Источником покрытия данной группы затрат могут выступить, например, дотации из бюджета или доходы от грузовых перевозок (какой-либо из указанных вариантов либо их комбинация встречаются во многих странах мира). Решение об установлении источника покрытия и механизма компенсации расходов на инфраструктуру по пассажирским перевозкам на железнодорожном транспорте должно быть принято на уровне государства.

Проведенные сотрудниками Белорусского государственного университета транспорта расчеты показали, что исключение из расходов по пассажирским перевозкам инфраструктурной составляющей повышает окупаемость этих перевозок до 71,5 %. Такой уровень покрытия существенно приближает величину тарифов к затратам, что позволяет в основу формирования тарифов закладывать себестоимость пассажирских перевозок.

Расчет изменения уровня себестоимости и прогнозирование ее величины должны производиться на основании следующих показателей:

– балансовые показатели прогноза социально-экономического развития Республики Беларусь: индекс цен производителей промышленной продукции; номинальная начисленная среднемесячная заработная плата по республике; среднегодовой курс белорусского рубля к доллару США; темп роста пассажирооборота транспорта

– данные ведомственной отчетности Белорусской железной дороги, а также выходных форм (отчетов), формируемых в рамках функционирования ведомственных автоматизированных баз (банков) данных;

– прогнозные показатели бизнес-плана Белорусской железной дороги.

При прогнозировании можно использовать структуру расходов на пассажирские перевозки по элементам затрат в разрезе видов сообщений (межрегиональное экономкласса и бизнес-класса, региональное экономкласса и бизнес-класса, городское), а внутри них – тарифных составляющих (инфраструктурная, вагонная, локомотивная). Необходимость выделения тарифных составляющих при прогнозировании обусловлена структурой тарифов на пассажирские перевозки, состоящих из билетной части (инфраструктурная и локомотивная составляющие) и плацкарты (вагонная составляющая) с учетом особенностей формирования тарифов на поезда моторвагонной тяги.

С целью прогнозирования расходов выделяются зависящая и независящая от объемов перевозок части. Часть расходов железной дороги, которая зависит от объемов перевозок, корректируется на индекс изменения пассажирооборота.

Для оценки изменения уровня себестоимости и прогнозирования ее величины расходы по перевозке пассажиров группируются по следующим элементам: расходы на оплату труда, отчисления на социальные нужды, материалы, топливо, электроэнергию, амортизацию и прочие.

При прогнозировании расходы Белорусской железной дороги на ремонтные программы капитального характера по подвижному составу выделяются в отдельную категорию и рассчитываются с учетом изменения объемов ремонта в прогнозном году в натуральных величинах. Такая необходимость обусловлена неравномерностью выполнения ремонтов, значительной долей в указанных расходах затрат на оплату счетов сторонних организаций (для пассажирских вагонов), отсутствием прямой зависимости между объемами ремонтов и измерителями работы железной дороги. Корректировка расходов на ремонтные программы на индекс изменения пассажирооборота не производится.

К расходам, производимым Белорусской железной дорогой в иностранной валюте (закупка товарно-материальных ценностей, топлива, оплата услуг в валюте), применяется индекс, отражающий изменение среднегодового курса белорусского рубля к доллару США.

Прогнозная сумма расходов по перевозкам пассажиров в конкретном виде сообщения в разрезе каждой тарифной составляющей определяется как сумма прогнозных значений расходов по элементам.

Общая прогнозная величина расходов по перевозкам пассажиров в целом по конкретному виду сообщения определяется как сумма расходов, рассчитанных по трем тарифным составляющим: инфраструктурной, локомотивной, вагонной.

При этом для определения индекса изменения расходов по билетной части инфраструктурная и локомотивная составляющие суммируются, на основании изменения расходов по вагонной составляющей определяется индекс изменения расходов для плацкарты.

На основании рассчитанных индексов определяются прогнозные суммы расходов по билету и плацкарте, включаемые в тариф.

Прогнозное значение тарифов на перевозку пассажиров в конкретном виде сообщения определяется как произведение прогнозной суммы расходов по билетной и плацкартной составляющим в этом виде сообщения и установленной для данного вида сообщения доли покрытия расходов тарифами.

Доля покрытия расходов рассчитывается по видам сообщения при первоначальном установлении тарифов.

Изменение (индексация) тарифов производится с целью компенсации роста расходов перевозчика на пассажирские перевозки и обеспечения неснижения доли покрытия расходов тарифами.

При этом для обеспечения окупаемости данного вида перевозок в модель следует заложить сложившийся уровень окупаемости и за счет механизма регулирования тарифов обеспечить его повышение, а в конечном итоге – достижение уровня 100 %.

Однако достижение полной окупаемости не должно являться абсолютным приоритетом при изменении тарифов. Повышать уровень окупаемости допустимо в том случае, когда это не затронет интересы населения. Поэтому в качестве индикатора для повышения уровня окупаемости пассажирских перевозок могут быть, например, реальные располагаемые доходы населения, то есть темпы роста тарифов, обусловленные ростом расходов перевозчика и повышением уровня окупаемости перевозок, не должны быть выше темпов роста реальных располагаемых доходов населения.

Кроме того, в условиях конкуренции своеобразным ориентиром для железнодорожных пассажирских тарифов должны выступать тарифы у автоперевозчиков. Если железнодорожные тарифы будут существенно превышать автомобильные, то пассажиры, скорее всего, откажутся от поездок на поезде. Поэтому, на наш взгляд, уровень тарифов на перевозки в поездах экономкласса должен быть на уровне (или незначительно ниже) тарифов на автотранспорте. А тарифы на проезд в поездах бизнес-класса следует устанавливать выше автомобильных тарифов, так как такие поезда отличаются повышенным комфортом и высокой скоростью доставки.

Сегодня ситуация такова, что по отдельным направлениям проезд на поезде в 2–2,5 раза дешевле проезда автотранспортом. Однако железная дорога не имеет права по собственному усмотрению повысить тарифы, так как является естественной монополией, и поэтому вопросы изменения тарифов относятся к компетенции Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь.

## **ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА: ПОНЯТИЕ, СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ**

*О. В. ЛИПАТОВА, Е. М. МАСЛАК, Е. И. ПАРФЕНОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время существуют системы, которые управляют колоссальным объемом информации, предназначенные для увеличения эффективности сортировочной работы и формирования поездов на крупных железнодорожных станциях. Однако открытие новых маршрутов и увеличение объема перевозок приводит к необходимости модернизации существующих систем, поскольку устаревшие системы не справляются с управлением и загруженностью железнодорожных участков. Следствием этого являются рост эксплуатационных затрат и снижение качественных показателей.

В настоящий момент ведется работа в области цифровизации железнодорожного транспорта, которая включает комплекс технологий, основополагающие из которых – интернет вещей и Big Data.

Также сегодня в системе управления железнодорожным транспортом существуют и постепенно укореняются:

1) цифровые безбумажные технологии контейнерных перевозок, позволяющие сократить затраты и время взаимодействия между партнерами, повысить эффективность операций, оптимизировать документальные и таможенные формальности;

2) электронные документы, подписанные электронно-цифровой подписью, предполагающие более качественное обслуживание пассажиров, увеличение скорости доставки груза и минимизацию затрат;

3) создание международных транспортных коридоров на основе внедрения «сквозных» IT-технологий, позволяющих повысить уровень транспортного обслуживания за счет развития транспортно-логистической и информационной инфраструктуры, надлежащего качества перевозок и сбалансированного развития отдельных участков транспортных коридоров.

Основной целью всех сопутствующих процессов, в том числе информационно-коммуникационных технологий, является оптимизация деятельности Белорусской железной дороги, а именно увеличение прибыли за счет повышения доходов и снижения непроизводительных расходов:

- повышение доступности услуг на конкурентном рынке перевозок;
- повышение производительности труда персонала;
- оптимизация планирования и качества управленческих решений в направлении выполнения большего объема работ при тех же ресурсах;
- исключение рутинных процессов, не приносящих ценности;
- обеспечение требований безопасности движения, охраны труда и промышленной безопасности.
- снижение рисков потерь в области информационной безопасности.

Основной целью Цифровой железной дороги в части цифровизации является новый уровень взаимоотношений с клиентами на фоне снижения эксплуатационных затрат, повышения производительности и безопасности движения за счет комплексной автоматизации планирования и управления, а также снижения человеческого фактора. Достижение указанных целей существенным образом должно обеспечить гибкость и эффективность бизнес-процессов, что в свою очередь достигается соответствующими цифровыми моделями.

Развитие информационно-управляющих систем железной дороги предлагается рассматривать с учетом следующего разделения по направлениям деятельности:

1) при организации грузовых перевозок: разработка единой дорожной системы по расчету провозных и дополнительных платежей по грузовым перевозкам; разработка дорожной CMR-системы, которая базируется на том, что центром бизнеса является клиент, а главными направлениями деятельности компании являются меры по обеспечению эффективного маркетинга и обслуживания клиентов; обеспечение взаимодействия с контрагентами по принципу «одного окна» в сети Интернет (через корпоративный интернет-портал); внедрение технологий «электронных пломб», обеспечение слежения за сохранностью груза в пути следования;

2) при организации пассажирских перевозок: развитие систем информирования пассажиров на основе актуального графика движения поездов и мониторинга положения подвижного состава; раз-

витие технологий агентских продаж проездных документов; развитие сервисов по продаже всех видов проездных документов через интернет и другие дистанционные каналы;

3) по содержанию подвижного состава: планирование ремонтных программ на основе анализа накопленных массивов данных о состоянии подвижного состава и выполненных ранее ремонтах; развитие систем оперативной диагностики тягового подвижного состава; развитие систем автоматизированного коммерческого осмотра вагонов;

4) по содержанию инфраструктуры – создание цифровых моделей инфраструктуры. Построение цифровых моделей пути является ключевым элементом автоматизации всех технологических процессов железнодорожных перевозок и управления инфраструктурным комплексом, а также средством обеспечения интероперабельности взаимодействующих в структуре технологической платформы систем и технологий.

Белорусская железная дорога осуществляет свою деятельность для обеспечения потребности своих клиентов в пассажирских и грузовых перевозках. При этом ключевыми для клиента, помимо традиционных параметров предоставления услуг (цена, качество, доступность), является возможность гибкой адаптации услуг под его нужды, персонализация услуг и интеграция услуг в его производственные или бытовые процессы. Ключевыми результатами в части взаимодействия с клиентами являются: системы планирования предоставления услуг и планирования перевозок на базе анализа поведения клиентов с использованием больших данных; гибкие системы коммуникации с клиентами на основе их специфики и предпочтений; комплексные программы реализации логистических цепочек.

Важным направлением повышения качества предоставляемых пассажирам услуг является внедрение интеллектуальных систем управления вокзалами. Для реализации клиентоориентированной политики в области пассажирских перевозок с использованием IT-технологий предусмотрено создание системы, обеспечивающей:

– учет спроса и уровня мобильности населения по территориям от международного до локального уровня и предвидение влияния демографических изменений на потребности клиентов;

– оценку качества предоставляемых пассажирам услуг, а также необходимых изменений для сохранения и увеличения объемов перевозок в различных сегментах;

– развитие и совершенствование информационно-аналитических систем, используемых для мониторинга мобильности населения и технического обеспечения перевозок в различных секторах: высокоскоростных, скоростных, дальних пассажирских, межобластных и пригородных.

Внедрение цифровых технологий изменяет требования к подвижному составу: должно быть необходимое программное обеспечение, позволяющее пассажиру находиться в максимально комфортных условиях. Стоит отметить, что кибербезопасность и информационная безопасность имеют важнейшее значение в обеспечении безопасности пассажирских и грузовых перевозок. Основными направлениями защиты информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта являются:

1) непрерывное усложнение и совершенствование программного обеспечения и оборудования;

2) создание системы защищенного доступа к информационным ресурсам железной дороги из сети Интернет для руководителей дороги; внедрение практики мониторинга, технического обслуживания, а также серверного и телекоммуникационного оборудования, входящего в состав информационной инфраструктуры железнодорожного транспорта;

3) создание защищенных цифровых хранилищ фондов документации и юридически значимых электронных документов.

В заключение отметим, что в настоящее время концепция Цифровой железной дороги предполагает совокупность информационных, интеллектуальных, коммуникационных и управленческих технологий. Цифровую железную дорогу можно определить как набор бизнес-моделей, продуктов, услуг, а также средств их автоматизации. Железнодорожный транспорт переходит на цифровые системы связи, обеспечивает устойчивое развитие транспортного обслуживания, включая реализацию важнейших для страны внутренних проектов. Так, внедрение IT-технологий на транспорте позволит значительно повысить качество обслуживания пассажиров и минимизировать затраты.

#### Список литературы

1 Шатров, С. Л. Процессный подход к аналитической оценке эффективности функционирования транспортных систем / С. Л. Шатров // Бухгалтерский учет и анализ. – 2018. – № 9 (261). – С. 14–22.

2 Шатров, С. Л. Процессный подход в системе управления железнодорожного транспорта: учетно-контрольные аспекты / С. Л. Шатров, Е. О. Фроленкова // Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты. – 2018. – С. 471–475.



## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

*О. В. ЛИПАТОВА, Е. И. ПАРФЕНОВ, Е. М. МАСЛАК*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время очень остро обсуждается вопрос о цифровизации различных отраслей и экономики в целом. Четкого определения термина «цифровизация» не существует ввиду его недавнего появления. Существует множество мнений насчет определений цифровизации, и зачастую они предполагают электронные товары и сервисы, производимые электронным бизнесом и электронной коммерцией. На наш взгляд цифровизация экономики и различных отраслей хозяйства понимает под собой систему экономических отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий, так как это определение является более всеобъемлющим и подходящим под различные отрасли экономики.

Необходимы прикладные информационные технологии, обеспечивающие формирование ценностной информации, достаточной для эффективного функционирования и развития транспортно-логистических систем. В этом случае цифровую экономику на транспорте можно трактовать как IT-платформу для задач инновационного, сбалансированного развития и эффективного использования единой транспортной инфраструктуры. Цифровая логистика должна базироваться на IT-поддержке гармонизированных систем и производственно-торгово-экономических процессов по движению товарных и материальных потоков. Ее прикладными задачами являются сокращение временных, трудовых, финансовых потерь, связанных с поиском данных, а также IT-приложений для формирования оптимальных схем бизнес-партнерства на основе эффективного моделирования горизонтальных производственно-экономических и торгово-экономических связей между различными организациями.

Цифровизация различных сфер экономической деятельности и логистики становится первоочередным вопросом для успешного развития и функционирования предприятия и государства на международной арене, ведь если государство окажется не в состоянии провести реформы и модернизацию экономической сферы, то существует большая вероятность того, что оно не сможет выдержать конкуренции с другими государствами, успешно преодолевшими цифровизацию экономической сферы, что в дальнейшем приведет к неблагоприятным экономическим последствиям и, возможно, затяжному экономическому кризису.

Цифровизация логистической сферы в основном подразумевает внедрение инновационных технологий и программного обеспечения, но стоит отметить, что и до настоящего момента в экономике уже использовались средства цифровизации, такие как программы-трекеры, позволяющие отследить любую составляющую материального потока в пространстве, программное обеспечение, которое позволяет рассчитывать оптимальные маршруты доставки, вести складской учет и т. п. В связи с развитием научно-технического прогресса технологии эволюционируют и уже сейчас могут заменять собой большое количество человеческих ресурсов без потери качества. В логистике, как и в любой отрасли, данный факт имеет большое значение, ведь повышение эффективности и снижение затрат является основной целью любой организации.

Так, среди инноваций в цифровой сфере экономики можно отметить две основные технологии:

1 Технология интернета вещей, или IoT (Internet of Things)-технологии, – сеть естественных и искусственных физических объектов (людских, компьютерных устройств, машин на основе цифровых технологий, машин на механической основе, растений и т. д.), которые могут быть связаны с использованием различного рода датчиков и интерфейсов прикладного программирования (API) для возможности совместного использования каких-либо данных через сеть Интернет. В логистической сфере IoT может дать возможность отслеживания транспорта и мониторинга материальных потоков на протяжении всей цепи поставки, что позволит повысить безопасность. В управлении цепями поставок IoT может дать следующие преимущества: мониторинг рабочего процесса и использования ресурсов, упразднение некоторых вопросов безопасности в плане случаев хищения и подделки, анализ данных в режиме реального времени для оперативного и правильного менеджмента, сокращение времени обработки данных вручную с целью повышения производительности, оптимизация использования активов предприятия, повышение качества сервиса для клиентов. Это позволит операторам материального потока осуще-

ствить более эффективный контроль качества поставок, в том числе и обеспечить своевременность поставок, минимизацию потерь, а также дать общее представление о функционировании цепей поставок, чтобы помочь в принятии решений. Управление парком с помощью GPS-датчиков позволит осуществлять сбор данных для нужд анализа и мониторинга характеристик автомобиля. В мобильном приложении менеджер может указать определенное местоположение, направление и скорость, управлять водителями от несанкционированных действий и опасного поведения на дороге и за ее пределами. IoT также дает менеджеру четкую видимость всего процесса доставки.

Разработка технологий интернета вещей также зависит и от развития других технологий, таких как Big data (управление большими данными), AI (искусственный интеллект), системы облачных вычислений, RFID (радиочастотная идентификация), технологий интеллектуальной аналитики. Можно сказать, что это мост между оперативной и информационной технологией, так как он позволяет проанализировать данные, которые являются неструктурированными, из реального мира для понимания того, какие из них играют наиболее важную роль для возможности повышения производительности и эффективности. Многие считают, что технологии интернета вещей являются возможной угрозой для их работы, что частично верно. Но эта технология позволит сократить использование трудовых ресурсов, необходимых для выполнения определенной работы, поэтому эту технологию следует рассматривать как инструмент для уменьшения вероятности недоиспользования ресурсов и тем самым максимизации прибыли.

2 Технология Blockchain. По определению blockchain – это выстроенная по определенным правилам непрерывная последовательная цепочка блоков (связный список), содержащих информацию. Чаще всего копии цепочек блоков хранятся на множестве разных компьютеров независимо друг от друга.

Как показывает практика, расходы на сбор и обработку документов различной сопутствующей информации при контейнерных перевозках превышают стоимость физического перемещения груза. Здесь основная проблема заключается в том, что информационный поток движется значительно медленнее фактического физического перемещения материального потока. Внедрение же средств цифровизации позволит нивелировать данное несоответствие в скоростях потоков, что в дальнейшем может дать возможность управления ими в режиме реального времени, даст наличие актуальных данных и, при необходимости, возможность корректировки цепи поставок без остановки работы отдельных звеньев.

Главное преимущество внедрения blockchain-технологий – это обеспечение синхронизированного аудита между организациями, участвующими в процессе поставки, и оптимизация процессов в режиме реального времени. Также blockchain сможет повысить уровень доверия внутри всей цепочки поставки и значительно упростить процессы принятия решений на каждом этапе логистической цепи за счет обеспечения доступности одновременного доступа к информации, который позволит совместно с партнерами прогнозировать действия, связанные с процессами поставок.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что внедрение технологии blockchain в логистику позволит обеспечить сохранность данных, защиту документальных данных от взлома и устранить возможность внесения изменений информации в ходе движения материального потока. Такая технология сможет сократить задержки доставки и уменьшить вероятность мошенничества в процессе перемещения товаров в цепи поставок.

Так, в результате цифровой трансформации экономики, и логистики в частности, будет осуществлен переход к новому технологическому укладу и созданию новых отраслей экономики, являющихся частью цифровой экономики, в которой процессы производства, распределения, обмена и потребления прошли цифровые преобразования с использованием информационно-коммуникационных технологий, поэтому потребуется провести большую подготовительную работу, которая позволит корректно внедрить цифровые технологии как в логистическую, так и в другие сферы экономики государства.

#### Список литературы

1 Шатров, С. Л. Процессный подход к аналитической оценке эффективности функционирования транспортных систем / С. Л. Шатров // Бухгалтерский учет и анализ. – 2018. – № 9 (261). – С. 14–22.

2 Шатров, С. Л. Учетные технологии цифровой экономики / С. Л. Шатров // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2018. – Вып. 11. – С. 64–73.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДВИЖИМОГО ИМУЩЕСТВА В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

*О. В. ЛИПАТОВА, С. Л. ШАТРОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Е. А. КИРЕНЯ*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Эффективное использование недвижимого имущества, находящегося в распоряжении предприятий, является одним из важнейших критериев качества управления в современных условиях хозяйствования. В связи с общим спадом производства появились избыточные площади, содержание которых ухудшает и без того неустойчивое экономическое положение предприятий. Затраты на содержание избыточных площадей увеличивают себестоимость продукции, снижая ее конкурентоспособность и конкурентоспособность предприятия в целом.

Оценка эффективности используемого недвижимого имущества наиболее актуальной становится для хозяйствующих субъектов, имеющих большое количество площадей различного назначения. При этом рациональное их использование позволяет не только снизить затраты на содержание, но и увеличить доходы в случае сдачи в аренду, а также повысить эффективность производственно-хозяйственной деятельности.

Разработка методики оценки эффективности использования недвижимого имущества требует деления его на группы в зависимости от назначения и реального использования в хозяйственной деятельности субъекта. Для целей аналитического исследования целесообразным является деление всех производственных площадей на площади производственного, коммерческого и социального назначения.

Под производственными площадями понимается часть площадей хозяйствующих субъектов, на которых осуществляются все технологические процессы, связанные с изготовлением продукции (работ, услуг). Площадями, имеющими коммерческий характер использования, признаются здания, помещения и сооружения (или их части), целью использования которых является извлечение прибыли. Для социального характера использования площадей характерна их способность удовлетворять материальные и эстетические потребности человека, обеспечивая выполнение потребительской функции личности.

В предлагаемой методике использование площадей оценивается с помощью системы показателей, которые в совокупности определяют критерии оценки эффективности использования площадей различного назначения.

Все показатели эффективности использования площадей различного назначения можно классифицировать по следующим группам:

1) структурные показатели:

– коэффициент профильного использования площадей – характеризует долю площадей различного назначения в их общем объеме;

– коэффициент непрофильного использования площадей – характеризует долю площадей обслуживающего характера (административного использования и бытового использования) в их объеме;

– коэффициент аренды – характеризует долю площадей, сдаваемых в аренду в структуре площадей различного назначения;

2) показатели производственного использования площадей:

– коэффициент экстенсивного использования – характеризует уровень использования производственной площади во времени;

– коэффициент интенсивного использования – характеризует долю эффективно используемой производственной площади в общей ее величине;

– интегральный коэффициент – агрегирует результаты экстенсивного и интенсивного использования производственной площади;

– коэффициент загрузки производственной площади – отражает величину объема выполненных работ (продукции, услуг), приходящуюся на 1 м<sup>2</sup> производственной площади;

– производственная площадь, приходящаяся на 1 единицу оборудования;

3) показатели эффективности использования площадей – характеризуют количественные и качественные параметры использования производственных площадей в производственном процессе:

– коэффициент использования площадей – отражает объем деятельности предприятия в стоимостных показателях (выручка) по направлениям деятельности и в целом на 1 м<sup>2</sup> располагаемых площадей;

– объем затрат на 1 м<sup>2</sup> площади зданий – отражает уровень затрат по содержанию недвижимости различного назначения;

– прибыль от деятельности по направлениям на 1 м<sup>2</sup> используемой площади – характеризует величину прибыли, приходящуюся на 1 м<sup>2</sup> недвижимости различного назначения;

– стоимость теплосодержания 1 м<sup>2</sup> площадей по подразделениям – характеризует удельные теплотраты по содержанию площадей различного характера их использования.

Разработанная система показателей имеет ряд положительных факторов для эффективной оценки недвижимости субъектов хозяйствования: единообразие в оценке эффективности использования объектов недвижимости; сопоставимость результатов расчетов по различным видам использования объектов недвижимости; градация системы показателей в зависимости от назначения и реального использования в хозяйственном обороте; возможность осуществлять оценку абсолютного и относительного эффекта от использования объектов недвижимости.

Предлагаемая система показателей позволяет оценить взаимообусловленное развитие организации как единого целого, обеспечивающее взаимосвязь между материально-технической базой, объемами и результатами деятельности. Комплексная методика данного исследования позволяет не только оценить эффективность использования производственных площадей, но и выявить те площади, использование которых в хозяйственном обороте является экономически нецелесообразным. Для таких объектов недвижимости применяется методика оценки целесообразности и расчета экономического эффекта распоряжения, списания и вовлечения в хозяйственный оборот объектов недвижимого имущества. При этом основными вариантами хозяйственных операций с неэффективно используемыми объектами недвижимого имущества являются:

– отчуждение в установленном порядке на аукционе, по конкурсу, без проведения аукциона либо конкурса (реализации объекта недвижимого имущества);

– безвозмездная передача объектов имущества субъектам государственной формы собственности;

– безвозмездная передача объектов имущества в частную собственность;

– использование объектов имущества в собственных целях после проведения реконструкции, капитального ремонта, перепрофилирования и иных мероприятий и др.

Приведенные направления распоряжения неэффективно используемыми или неиспользуемыми объектами недвижимого имущества не являются исчерпывающими и могут быть дополнены. Индивидуальный подход к выбору того или иного варианта распоряжения может стать верным направлением повышения эффективности использования объектов недвижимости, находящихся на их балансе.

#### Список литературы

1 Анализ хозяйственной деятельности на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. Г. Гизатуллина [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Гизатуллиной, Д. А. Панкова. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 368 с.

2 Липатова, О. В. Оценка эффективности использования основных средств в системе обеспечения экономической безопасности железной дороги // Проблемы безопасности на транспорте: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 41–42.

3 Шатров, С. Л. Аутсорсинг бизнес-процессов транспортных систем / С. Л. Шатров, О. В. Липатова, И. А. Кейзер. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 203 с.

4 Шатров, С. Л. Научное обоснование направлений распоряжения капитальными строениями, неэффективно используемыми в хозяйственной деятельности / С. Л. Шатров, В. С. Кишкун // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности): междунар. сб. науч. тр. – 2017. – Вып. 10. – С. 326–333.

## ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ИЗДЕРЖКИ В ИНТЕГРАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

А. В. МИТРЕНКОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Формирование конечной цены потребления, т. е. цены реализации, включает использование двух субъектов рынка: маркетинга – потому что он участвует в формировании отпускной цены, и логистики – участвует в формировании конечной цены потребления (реализуемой цены). Нормальные рыночные отношения предполагают, что процесс купли-продажи товаров будет осуществляться тогда, когда интересы продавца и потребителя совпадут. А это сделать очень непросто. Дело в том, что цена спроса и цена предложения имеют различную направленность. Цена предложения характеризуется минимальной ценой, по которой товаропроизводители и товаровладельцы хотели бы предложить свои товары на рынок. При увеличении цены производитель заинтересован в росте выпуска своего товара. Цена спроса, наоборот, характеризуется максимальной ценой, которую потребитель готов заплатить за приобретаемый товар. При этом отпускная цена еще сильнее влияет на конечную цену.

Отпускная цена предприятия, по которой продукция покидает территорию товаропроизводителя, состоит из внутренних расходов (включая маркетинговые издержки) и необходимой для нормального существования и развития прибыли. Для реализации товар поступает в каналы сбыта, распределения и, наконец, на рынок.

Важная особенность данного интегрированного подхода к формированию конечной цены потребления заключается в поиске таких прямых или косвенных каналов товародвижения, чтобы установление рыночной цены не подлежало децентрализации и поэтому не осуществлялось изолированно в каждом звене ценообразования.

Для эффективного решения будущих проблем конкурентоспособности предприятия и организации, связанных с вопросами товародвижения в сфере обращения, важно четко определить составляющие элементы величины логистических издержек. Исходя из теории логистических технологий, логистические издержки ( $C_n$ ) в сфере обращения будут формироваться из следующих составляющих:

$$C_n = \sum_i^m T_i + C + Э(О) + C_c + И + T_r + Д + В,$$

где  $T_i$  – стоимость (тариф) перевозки  $i$ -м видом транспорта;  $C$  – складские, терминальные издержки;  $Э(О)$  – экспедиторские, операторские издержки;  $C_c$  – издержки страхования;  $И$  – информационные издержки;  $T_r$  – таможенные издержки для экспортных товаров (таможенное оформление);  $Д$  – издержки торговых, дилерских посредников;  $В$  – издержки по возврату поставленных некондиционных товаров и рециклинговые поставки на повторную переработку, т. е. возврат.

Однако на этом функция логистики для конкретных предприятий не оканчивается. Для формирования целостности предложенной концепции формирования цены необходимо учитывать и те логистические издержки, которые образуются в начале логистической цепи, но отнесены непосредственно к сфере производства. Это, прежде всего, издержки, связанные со снабжением сырьем, различными материалами, комплектующими, компонентами и др., а также логистические издержки, обусловленные непосредственно технологическим циклом производства. Учет этих расходов позволяет также активно влиять на установление конечной цены реализации.

На основе имеющихся данных и проведенных натурных наблюдений, на принципах системного подхода, был установлен характер важнейших взаимосвязей, складывающихся на рынке между снабжением, транспортом, сбытом и производством.

Интегрально-логистическая цепь может иметь как естественный, прямой поток хозяйственных связей, т. е. сырье – материалы – комплектующие и т. д., так и обратный, маркетинговый, когда в качестве исходных данных выступает конкретный рыночный спрос на товар (товарный ресурс) с

необходимой логистической услугой. В этом случае каждый этап рыночной логистической цепи выступает первым.

Таким образом, это некая сложная система, которая носит характерные рыночные черты и маркетинга, и логистических технологий. Поэтому такую интегрально-логистическую цепь можно назвать также маркетингологистической цепью.

Для функционирования интегральной цепи должен создаваться некий организационный, координирующий центр управления. На практике существование таких интегральных цепей встречается сравнительно редко. В прошлом Госплан и Госснаб СССР работали по централизованной структуре и на основе утвержденных заявок министерств, низовых предприятий и организаций составляли «сверху» материальные балансы и планы распределения оборудования, которые затем утверждались правительственными органами. После этого соответствующие государственные структуры доводили одновременно эти планы и до поставщиков, и до потребителей, между которыми и заключались хозяйственные договоры на поставку. Так функционировал рынок продавца, который сейчас восстановить уже невозможно.

В настоящее время полные интегрально-логистические цепи создаются в двух важных секторах экономики: машиностроении и сырьевых отраслях. Некоторые из них действуют с использованием внутрифирменной автоматизированной технологии потока работ (workflow) с соответствующими программными продуктами и широко распространенными системами электронного обмена данными EDI. Существование единой логистической цепи возможно только в том случае, если рыночный товар является конечным продуктом всей цепочки труда, произведенным для продажи на рынке.

Это, например, высокотехнологичные и машиностроительные вертикально-интегрированные транснациональные корпорации (ТНК), которые «не имея своего отечества» создают филиалы и дочерние компании в различных странах. Филиалы располагаются в тех странах мира, где налоговое законодательство наиболее щадящее, а трудовые ресурсы наиболее дешевые. Сборочные заводы ТНК создаются, как правило, в странах с максимальной платежеспособностью, а филиалы по производству комплектующих размещаются в развивающихся странах. Благодаря внедрению логистических технологий в ТНК почти отсутствует внутрикорпоративная технология. Внутрифирменная торговля, а следовательно, и логистизация материального потока в ТНК достигает 60–75 %. Только 25–40 % комплектующих в таких корпорациях поступает на «рыночных правах» от других фирм, не подчиненных ТНК. Естественно, в таких условиях ТНК заинтересованы в распространении правил ВТО на все страны мира в целях снижения таможенных барьеров.

Аналогичная ситуация складывается в сырьевых отраслях, которые являются основными нашими экспортёрами, так как доля глубокой переработки продукции для экспорта в стране пока не превышает 15 %.

Правда, возможности успешного образования интегрально-логистических цепей ограничены, что объясняется еще недостаточной структуризацией отраслей экономики.

Чтобы получить исчерпывающую информацию для обоснованного выбора тех или иных логистических цепей в практической рыночной деятельности и сделать окончательный выбор соответствующей стратегии, необходимо опираться на более глубокий анализ видов обеспечения логистики.

#### Список литературы

1 Липатова, О. В. Современное состояние и развитие системы показателей оценки эффективности функционирования логистических систем / О. В. Липатова, Е. С. Макаревич // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : междунар. сб. науч. тр. – 2014. – Вып. 7. – С. 128–135.

2 Липатова, О. В. Современные проблемы экономической оценки качества логистического обслуживания грузоперевозок на предприятиях транспорта / О. В. Липатова, С. А. Маслокова, Ю. А. Шинкоренко // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : междунар. сб. науч. тр. – 2017. – Вып. 10. – С. 101–108.

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЕРЕВОЗОК***Л. А. ПОЗДНЯКОВА, В. В. КОТИК**Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков*

Для выработки стратегических решений экономистам-аналитикам классическая теория предлагает применять математические модели совершенной и несовершенной конкуренции. Среди них наиболее простыми являются модели, которые описывают конкурентное взаимодействие между двумя предприятиями (дуополию или дуопсонию): первая модель предусматривает синхронные соответствующие реакции на действия конкурента и позволяет математически формулировать и решать необходимые задачи для достижения равновесия; вторая модель дает возможность операторам быть уверенными, что ответа на изменение стратегии со стороны конкурента не будет; третья модель предусматривает реакцию конкурента с опозданием; применение четвертой модели «хищник – жертва» невозможно для анализа конкурентной борьбы по определению, поскольку в конкурентной борьбе хищник и жертва могут поменяться ролями; пятая модель позволяет в первом приближении анализировать конкуренцию экономических агентов. Использование вышеперечисленных моделей конкуренции может стать ориентировочным простым и важным способом анализа дуополю-дуопсонной конкуренции и поможет быстро выявлять основные факторы, которые влияют на функционирование предприятия со стороны конкурента, сознательно и оперативно корректировать их работу. Процесс конкуренции не может начаться при нулевых значениях доходов от перевозки грузов. Внутривидовую конкуренцию для отдельного предприятия нужно объяснять как исчерпание рынка (дуополия) или ресурса (дуопсония). Полную аналогию можно найти в конкуренции двух групп предприятий, видов транспорта или отраслей, которым присущи оба вида взаимодействия, как железные дороги государственной монополии, открытого акционерного общества и оператора перевозчика.

«Человеческие экономические системы» не допускают «мирного сосуществования» двух и более конкурентов, поэтому происходит вполне закономерный процесс – полное уничтожение конкурента. Если на практике и наблюдается определенное равновесие между конкурирующими агентами, то это явление нужно считать временным и нестационарным.

Рассмотрим три модели, которые наиболее ярко отражают конкурентную борьбу и конкурентное взаимодействие. Первая ситуация – это когда одновременно существуют два конкурента и не мешают друг другу на рынке транспортных услуг. Динамика роста доходов в бесконкурентной модельной ситуации означает, что оба конкурента быстро набирают предельную мощность и занимают свои рыночные ниши. В качестве конкурентов выступают: отраслевой железнодорожный транспорт и частные операторы-перевозчики разных государств. Вторая ситуация – опасная, когда предприятия мешают друг другу в развитии и операторы-перевозчики теряют свои позиции. В то же время предприятия железнодорожного транспорта не могут воспользоваться своим конкурентным преимуществом, поскольку у них не хватает своего рабочего парка, но он есть у операторов-перевозчиков. Операторы-перевозчики вступают в конкурентную борьбу с железными дорогами, принимают стратегическое решение в определенный период времени и начинают оказывать услуги в других специализированных вагонах; в результате такой деятельности их доходы увеличиваются, а доходы конкурента на эту величину уменьшаются.

Железнодорожный транспорт достаточно быстро возобновляет свои позиции на рынке транспортных перевозок за счет экстенсивного расширения производства. Третья ситуация – конкурентное давление обеих предприятий одинаково.

Но через некоторый промежуток времени финансовое состояние операторов-перевозчиков ухудшается за счет превышения потребности транспортного рынка. Кроме того, анализ показывает, что подвижной состав обоих предприятий будет загружен лишь на 2/3. Таким образом, одному или двум предприятиям нужно принять решение относительно искусственного ограничения вагонов общего и специализированного значения, иначе соблюдение природного закона конкуренции может привести к простоя подвижного состава и экономическому микрокризису. Следовательно, нужно договариваться. При этом более эффективной договоренностью является договоренность о купле-продаже или арен-

де другой стороной подвижного состава слабого предприятия более сильному. «Сильное» предприятие при этом согласно законам синергетики нелинейно увеличивает свой вес, а слабое – получает хоть что-то, а не отсутствие доходов вообще.

В качестве доказательства выполнен расчет годового объема перевозочного процесса двух возможных конкурентов. Основная цель этого расчета сводится к практической реализации разработанной модели, которая представлена в виде диаграмм зависимости доходов двух конкурентов. Третья ситуация, которая математически обоснована выше, исключает возможность присутствия на рынке транспортных услуг двух конкурентов. Железнодорожный транспорт, предлагая реализовать третью ситуацию своему конкуренту, гарантирует ему в течение года постоянные доходы, которых он не имеет.

Операторы-перевозчики передают свой подвижной состав на взаимовыгодных условиях железнодорожному предприятию. Это ситуация взаимовыгодной договоренности, поскольку он берет на себя обязательства рационального использования подвижного состава. Выполненные расчеты доказывают взаимовыгодные условия двух конкурентов.

Расчет целесообразности применения единого парка использования грузовых вагонов выполнен на основании разработанной методики, определены ставки платы за пользование грузовыми вагонами по родам. Эти расчеты были дифференцированы в зависимости от коэффициента базовой цены ( $k = 1,1$ ;  $k = 1$ ;  $k = 0,9$ ;  $k = 0,8$ ). В каждом конкретном случае были выделены доли административных затрат и уровень рентабельности, которые позволили получить многовариантные данные ставок платы за пользование грузовыми вагонами. Расчет выполнен в пределах нижней, средней и верхней границ. Нижняя граница определяет ставки платы за пользование грузовыми вагонами при административных расходах на уровне 12 % и рентабельности – 30 %; соответственно, средняя граница – 12,5 и 35 % и верхняя граница – 15 и 40 %. В расчетах принята норма налога на недвижимость на уровне 10 %.

Полученные данные приняты как в швейцарских франках, так и долларах США с целью наиболее точной сопоставимости. Расчет выполнен в швейцарских франках (шв. фр.). Доходы при коэффициенте 0,8 и нижней границе доходы составят 1,97 млрд шв. фр. Верхняя граница обеспечит поступления доходов в сумме 2,141 млрд шв. фр. превышение составит на 8,41 %. При коэффициенте 0,9 верхняя часть доходов составит 2,265 млрд шв. фр., что выше нижней границы на 8,38 %. Расчет при коэффициенте 1,1 обеспечивает максимально возможные доходы. То есть при верхней границе они составят 2,514 млрд шв. фр., а при минимальном значении 2,320 млрд шв. фр. превышение составит 8,32 %.

Сравнивая доходы при коэффициентах 0,8 и 1,1 по нижней границе, можем сказать, что при коэффициенте 1,1 при тех же объемах перевозочной работы они увеличатся по нижней границе второго варианта на 0,347 млрд шв. фр., а при верхнем значении границы эти доходы превысят во втором варианте на 0,374 млрд шв. фр. Сумма доходов, которые получают операторы-перевозчики составит 2,914 млрд шв. фр.

Выполнено научно-экономическое обоснование целесообразности эксплуатации подвижного состава государственной монополии железнодорожного транспорта, или операторов-перевозчиков. Согласно модели, описанной выше, операторы-перевозчики в течение года имеют неравномерные перевозки, т. е. определенное количество месяцев их вагоны, которые являются собственностью, не участвуют в перевозочном процессе и не приносят ни прибыли, ни доходов.

Предлагается другой вариант, когда операторы-перевозчики, являющиеся собственниками подвижного состава, передают рабочий парк в эксплуатацию своему конкуренту. В этом случае предприятие операторов-перевозчиков, передающее свои вагоны железнодорожным компаниям, в течение всего года равномерно получает доходы и, естественно, прибыль.

Предприятия железнодорожного транспорта, получившие подвижной состав, эксплуатируют его и обеспечивают стабильные доходы операторов-перевозчиков. Оба конкурента получают взаимную выгоду и не препятствуют друг другу (модель описана выше).

Сумма доходов, которые получают операторы-перевозчики, составит 4,371 млрд шв. фр., то есть сумма месячных доходов, которые были недополучены, составит 364,257 млн шв. фр. Разработанное научно-экономическое обоснование и выполненные расчеты позволяют сделать вывод о целесообразности такого взаимодействия двух конкурентов.



## **ВНУТРЕННИЙ ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПОСТАВОК ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Т. Г. ПОТЁМКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Строительный комплекс Республики Беларусь сегодня находится в сложной экономической ситуации, во многом обусловленной факторами внешней и внутренней среды. Перед предприятиями комплекса остро стоит проблема поиска новых направлений развития. Одним из наиболее прогрессивных научных направлений может стать применение современных логистических подходов, дающих возможность управлять логистическими потоками в цепях поставок.

Применение логистических методов в формировании и развитии цепей поставок позволит предприятиям строительного комплекса снизить издержки производства, повысить производительность, улучшить качество продукции и, в результате, получить конкурентные преимущества на рынке. Новые принципы организации и управления, основанные на концептуальных логистических подходах, должны найти широкое применение в практической деятельности строительных предприятий. Это соответствует общей стратегии развития строительного комплекса на период до 2020 года, определенной в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 года, где одним из основных направлений развития строительного комплекса Республики Беларусь является возведение жилых и административных зданий по эффективным проектам, обеспечивающим снижение стоимости строительства объектов за счет снижения затрат на всех стадиях инвестиционно-строительного цикла и сокращения потребления ресурсов.

Своевременное и экономически эффективное возведение объекта строительства или выполнение ремонтно-строительных работ зависит от поставок сырьевых ресурсов, материалов и конструкций надлежащего качества и количества в нужное место и время с минимальными затратами, что достигается посредством оптимизации движения грузопотоков.

Существенная доля транспортной составляющей в себестоимости объекта строительства определяет необходимость изучения особенностей участия каждого вида транспорта в формировании и развитии цепей поставок.

Актуальность исследования заключается в оценке параметров зависимости работы транспортных предприятий от предприятий строительного комплекса для оптимизации управления сквозными потоками строительных грузов.

Объект исследования – грузопотоки строительных грузов на внутреннем водном транспорте Республики Беларусь.

Республиканское транспортное унитарное предприятие «Белорусское речное пароходство» (РТУП «БРП») является основной организацией, осуществляющей перевозку грузов и пассажиров водным транспортом в Республике Беларусь.

РТУП «БРП» является составной частью транспортного комплекса страны, обеспечивает потребности экономики Республики Беларусь в перевозках грузов и пассажиров на внутренних водных путях республики в приречные пункты и переработку грузов в 8 речных портах (филиалах), расположенных в бассейнах судоходных рек Припять, Днепр, Сож, Березина.

В состав РТУП «БРП» входят восемь портов-филиалов: речные порты Гомель, Мозырь, Речица, Брест, Пинск, Микашевичи, Могилев, Бобруйск. РТУП «БРП» располагает флотом, дающим возможность осуществлять перевозки грузов по судоходным рекам. Характеристика судов способствует удобной и безопасной доставке тяжеловесных и крупногабаритных грузов. Основными клиентами пароходства в Республике Беларусь являются строительные и дорожно-эксплуатационные управления.

Перевозки внутренним водным транспортом осуществляются в навигационный период, который составляет 225 суток для рек Беларуси и длится с 1 апреля по 15 ноября. В межнавигационный период основным источником доходов речных портов является отгрузка песка строительного с причалов портов. Для этого речные порты к концу навигации значительно увеличивают его запасы на складах.

Материальный логистический поток строительных грузов на внутреннем водном транспорте – это объем перевозок строительных грузов по водным путям, а также между взаимодействующими филиалами и предприятиями. Грузопоток характеризуется такими показателями, как количество перевезенных тонн грузов и грузооборот в тонно-километрах.

Доля перевозки песка строительного в общем объеме перевозок пароходства колеблется в пределах 86–98 %, доля в общем объеме выручки в 2018 г. составила 51,4 % (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели работы РТУП «БРП» в разрезе перевозок строительного песка

Показатели перевозки песка строительного	Год								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Доля в общем объеме перевозок, %	90,5	86,8	79,5	90,8	91,2	97,7	93,8	94,2	93,3
Доля в общем объеме выручки, %	72,5	62,4	47,6	65,8	68,6	75,5	46,4	55,4	51,4

В динамике перевозок песка строительного на предприятиях РТУП «БРП» наблюдается существенное снижение доли выручки от данного вида деятельности.

При этом обеспечение стабильного грузопотока строительных грузов на водном транспорте в современных условиях проблематично. Данные перевозки возможны лишь при наличии постоянных необходимых для судоходства глубин. По путевым условиям (глубинам), перевозку продукции стратегически важного для пароходства партнера РУПП «Гранит» (щебень, отсев) осуществляют четыре речных порта: речной порт Мозырь, речной порт Брест, речной порт Пинск, речной порт Микашевичи. В 2015 году из-за отсутствия глубин перевозки в направлении Микашевичи – Мозырь прекратились с 22 июня и не осуществлялись до завершения навигации. В 2016 году транзитные перевозки в направлении Мозыря прекращены с 27 июня и возобновлены 19 октября. В 2017 году пароходство приостановило транзитные перевозки в направлении Мозыря с 7 августа. Возобновились перевозки 7 октября с загрузкой барж на 531 тонну, или 50 % полной грузоподъемности баржи. В 2018 году с 23 августа транзитные перевозки в направлении Мозыря прекращены.

Таким образом, поиск направлений эффективного сотрудничества транспортного и строительного комплекса является важной проблемой в современных условиях хозяйствования. Формирование и развитие участия внутреннего водного транспорта в цепи поставок предприятий строительного комплекса Республики Беларусь связано с его преимуществами перед другими видами транспорта: меньшее сопротивление движению на малых скоростях требует меньшего тягового усилия, чем на сухопутном транспорте; более низкая себестоимость перевозок, чем на железнодорожном; экологичность и безопасность. При этом рост грузопотоков строительных грузов на внутреннем водном транспорте Республики Беларусь осложняется неблагоприятными путевыми условиями судоходных рек.

#### Список литературы

1 Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mintrans.gov.by/ru/>. – Дата доступа : 23.08.2019.

2 Потёмкина, Т. Г. Железнодорожный транспорт в цепи поставок предприятий строительного комплекса: назначение, оценка, направления оптимизации грузопотоков / Т. Г. Потёмкина // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности): междунар. сб. науч. тр. – 2018. – Вып. 11. – С. 156–166.

3 РТУП «БРП» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rtupbrp.porohodstvo.by/index.html>. – Дата доступа : 23.08.2019.

УДК 656.073.235

### ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК ЗА РУБЕЖОМ

*Д. А. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, М. Е. ЖИЛО, Ф. К. МУХАМАДШОЕВ, В. А. ГЕРАСИМОВА*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Научная среда отмечает следующие основные подходы к реализации концепции смешанных контейнерных перевозок грузов, которые отличаются конкуренцией и зонами ответственности за

перевозки на всем пути транспортировки груза. На сегодня сформулированы два совершенно разных подхода к осуществлению и реализации концепции мультимодальной перевозки [1–3].

Первый подход появился и стал развиваться в Северной Америке, а именно в США. Сущностью этого подхода становится стремление и попытки контейнерных операторов морских перевозок увеличить свое влияние на внутренний и внешний транспортно-логистический рынок. Крупнейшие морские линии берут на себя ответственность за риски, которые могут возникнуть на всем пути следования контейнера, включая сухопутные перевозки по железной дороге, перевозки автомобильным транспортом и обработку контейнера в транспортных узлах, на пунктах перевалки. Основной причиной такого бурного развития мультимодальных перевозок в США стала жесткая конкуренция на рынке международных контейнерных перевозок. Стоит заметить, что в американской модели не подразумевается активное участие правительства в развитии этого бизнеса.

Второй подход появился и стал развиваться в Западной Европе. На данный момент в странах Евросоюза основным видом грузового транспорта является автомобильный. Однако ресурс этого направления и его возможности в увеличении количества грузов практически исчерпан.

Вместе с развитием интермодальных перевозок будет решен вопрос с максимальной интеграцией железнодорожного и морского транспорта в общетранспортную сеть поставок, при этом будет постепенно снижаться зависимость от автомобильного транспорта. В отличие от США, в Западной Европе логистические операторы, занимающиеся интермодальными грузоперевозками, имеют поддержку, в первую очередь, в лице государства и Евросоюза в целом.

В Нидерландах правительство приняло документ «Новый курс развития грузового транспорта», который направлен на минимизацию нагрузки, оказываемой на экологию во время использования транспортной инфраструктуры. Также в этом документе прописана необходимость быстрого и качественного создания и развития специальной инфраструктуры, такой как создание перевалочных пунктов с автотранспорта на другие необходимые виды транспорта; увеличение партий грузов, которые будут транспортироваться грузовыми автомобилями; внедрение экономических стимулов, которые сделают актуальными для клиентов как прямую автоперевозку, так и смешанную доставку груза в контейнере с участием других видов транспорта.

Австрийское правительство для ускоренного развития интермодальных перевозок наметило расширение инфраструктуры грузовых терминалов, а также расширение системы постоянных контейнерных поездов. В Австрии, как и в других странах Западной Европы, развитие транспортно-логистической системы происходит при активной поддержке государства.

Однако, в то время как транспортная политика стран Западной Европы или США сосредоточена на дальнейшей контейнеризации и активном развитии интермодальных перевозок с целью уменьшения негативного влияния на окружающую среду и природу, с целью более разнообразного использования транспортных мощностей, усовершенствования существующей современной инфраструктуры, то многие страны переходной экономики ставят и решают аналогичные вопросы, но с целью стимулирования экономической интеграции в мировую экономику, а также с целью привлечения транзитных грузопотоков. Таким образом, менее развитые страны Восточной Европы развивают альтернативный, третий подход к реализации концепции мультимодальных перевозок.

В Казахстане самым интенсивно развивающимся и важным является развитие международных перевозок грузов в контейнерах из Китая в страны Центральной Азии, а также страны Каспийского бассейна и страны СНГ.

В Литве за последние несколько лет намечено создание на государственном уровне системы поддержки и дотаций в развитие смешанных контейнерных перевозок. Основываясь на распоряжениях Евросоюза, правительством будут приняты государственные правовые акты, которые поддерживают частные экспедиторские компании, тем самым привлекая инвестиции для создания транспортно-логистических центров мультимодальных перевозок. К правовым актам, способствующим развитию мультимодальных перевозок, также относится присоединение Литвы к соглашению Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД) об организационных и эксплуатационных моментах в международных мультимодальных перевозках на евроазиатских маршрутах.

Ученые-транспортники Латвии считают, что основная перспектива развития мультимодальных перевозок, в первую очередь, связана с транзитным сообщением. Правительство приняло «Концепцию развития промышленных парков», которая подразумевает под собой прямое участие правительства в создании инфраструктур логистических центров, а также в создании свободных экономических зон. Главным плюсом для Латвии в организации мультимодальных перевозок является выгодное положение на карте мира и выгодный налоговый режим свободных портов Латвии.

Также и Польша стремится к привлечению евроазиатского транзита на национальные маршруты доставки грузов. Очень важным конкурентным преимуществом государства является наличие железнодорожной линии колеи шириной 1520 мм, которая соединяет железнодорожную сеть Украины с Верхнесилезским промышленным регионом с конечной перевалочной станцией в Славкове. Во времена социалистического развития страны линия использовалась для доставки металлургического сырья из Украины и частично используется для этой цели и сегодня, хотя и в существенно меньших объемах.

Очень важную роль в международной контейнерной системе играет Китайская Народная Республика. В КНР инфраструктура контейнерных перевозок развивается системно и активно поддерживается государством. Основным направлением развития являются проекты, связанные с усовершенствованием инфраструктуры в сфере интермодальных перевозок, а также с развитием скоординированной системы региональных перевозок контейнеров с участием необходимых видов транспорта. Отдельно хотелось бы заметить, что китайские железнодорожные перевозчики получают государственное субсидирование.

Рынок мультимодальных грузоперевозок имеет свои особенности, поскольку автомобильные грузоперевозчики, конкурирующие с железнодорожными перевозчиками, могут транспортировать грузы по сниженным ценам внутри страны. Однако рост импорта способствует увеличению объема перевозок грузов в контейнерах, а также повышению привлекательности железной дороги в данном сегменте транспортного рынка. Мировой опыт показывает, что контейнеризация по всему миру продолжает расти. Это самый универсальный способ доставки грузов. Российская экономика продолжает привлекать иностранный капитал и активно участвует в торговле с такими странами, как Китай, Корея, Индия и Малайзия, США и страны Южной Америки.

Таким образом, мировой рынок логистических услуг – это главный грузовой и транспортный сервис, который в свою очередь держится за контейнерных перевозках, потому что они являются самой выгодной и надежной технологией без перегрузочной доставки груза на большинстве видов транспорта, таких как морской, автомобильный и железнодорожный.

#### Список литературы

1 Астафьев, А. В. План мероприятий (дорожная карта) по реализации программы организации контейнерных перевозок на пространстве 1520 / А. В. Астафьев, П. В. Куренков // Транспорт: наука, техника, управление: сб. ОИ / ВИНТИ. – 2015. – № 11. – С. 84–87.

2 Астафьев, А. В. Внетранспортный эффект контейнерных перевозок / А. В. Астафьев, М. В. Кизимиров, П. В. Куренков // Транспорт: наука, техника, управление: сб. ОИ / ВИНТИ. – 2016. – № 5. – С. 23–30.

3 Афенин, О. М. Конкуренция между магистралями направления «Север–Юг» и геополитическая безопасность России в каспийском регионе / О. М. Афенин, П. В. Куренков, Н. В. Мойсевич // Транспорт: наука, техника, управление. – 2014. – № 3. – С. 12–24.

4 Роль экспедиторских организаций в повышении конкурентоспособности транспортной системы России / Г. В. Бубнова [и др.] // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2016. – № 9 (ч. 1). – С. 30–35.

УДК 004

### ТЕРМИНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ

*Н. С. САМУСЕВ, А. В. АСТАФЬЕВ, Д. Г. БАБИН, В. Е. ЕВДОКИМОВА, А. М. ЛУКЫНЮК*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

В настоящее время понятие цифровых технологий твердо закрепилось в нашем сознании, и представить себе дальнейшую жизнь без цифровых устройств и цифровых технологий становится практически невозможно. Это не только телевидение и гаджеты, но и оцифрованные архивы информации, а также системы сбора, обработки и хранения данных. Насколько корректно использование определений «цифровые технологии», «цифровая бухгалтерия», «цифровая экономика», «цифровая железная дорога» и других?

Цифровые технологии – это представление информации в формате нулей и единиц. Сейчас это является неотъемлемой составляющей любой отрасли. А цифровая бухгалтерия или цифровая экономика – это комплекс информационных систем или компьютерных программ, который, по сути,

является калькулятором, помогающим в работе экономисту или бухгалтеру – специалисту предприятия. Но этот калькулятор может не только отображать информацию в цифрах, но и подписывать каждый раздел буквами [1].

И компьютерная программа, и калькулятор работают, выполняют расчеты с использованием тех же нулей и единиц, а также заложенных в них алгоритмов. Поэтому компьютер и калькулятор являются цифровыми устройствами.

Итак, мы должны истолковать термин «цифровая». Что это такое, и правильное ли значение имеет данный термин в словосочетаниях?

В свое время немецкая фирма РИКО по производству электронных игрушек стала выпускать детские железные дороги. Это железнодорожное полотно, шпалы и рельсы, где один рельс имеет плюс, второй минус, блоки питания с выпрямителем напряжения до 12 В. Ставим локомотив, цепляем вагоны, подаем разное напряжение на полотно – локомотив движется с разной скоростью, меняем полярность – локомотив меняет направление движения. И вот тут вопрос, а цифровая ли это игрушка, электрическая железная дорога? Наверное, нет. Обычный моторчик – что там цифрового? А если нам нужно запустить несколько локомотивов с разной скоростью, то как быть? Первое – это то, что полярность и напряжение по рельсам должны быть неизменны, а как же тогда изменять скорость и направление, еще и при условии, что у нас несколько локомотивов?

Примерно около 20 лет назад немецкая фирма для таких нужд стала использовать дешифраторы, которые устанавливались в каждый локомотив, и по команде с отдельного пульта для каждого локомотива уже в самом локомотиве менялось напряжение на большее или меньшее для изменения скорости и изменялась полярность для изменения движения локомотива. И вот 20 лет назад можно ли было назвать такую железную дорогу цифровой? Наверное, нет. Тогда такого термина не было, а результат был. Сегодня мы имеем один пульт или переходник с программой на USB для управления такой дорогой из персонального компьютера. В локомотивах стоят все те же дешифраторы, но теперь они называются декодерами и намного функциональнее своих предшественников. Вот такую железную дорогу можно назвать цифровой, поскольку ею можно управлять, двигая мышкой по экрану, переключая стрелки, светофоры, управляя локомотивами и другими элементами, и такой дороге можно задать разные программы, которые могут выполняться и управлять ее движением. Но эта дорога уже становится не детской игрушкой, и эта цифровая дорога идеальна только в классическом варианте, когда все поезда двигаются по полотну без аварий и препятствий.

Проблемы на любом участке дороги или с одним локомотивом, даже на детской железной дороге по настроенной и запущенной автоматической программе, приведут к непредвиденным последствиям. Хороша ли цифровая железная дорога без контроля человека? Видимо нет. Машинист, диспетчеры на станциях обязательны в процессе движения. И еще ни в одной стране нет цифровых железных дорог, где локомотив бы двигался без контроля человека. Япония, Германия, США и, конечно, Россия – везде присутствует машинист, а в некоторых типах локомотивов – и помощники машинистов. Их роль намного меньше, чем раньше, но контроль обязателен. То есть цифровая железная дорога – это красивое название игрушечной детской железной дороги и не более того. А железная дорога под управлением и контролем компьютерных программ и человека – это автоматизированная система с оператором, но ее никак нельзя назвать «цифровая».

Вернемся к отраслям учета, статистике и экономике. В последнее время часто можно услышать словосочетание «цифровая бухгалтерия», а что это? Программа «1С» или что-то другое? То есть установили программу на рабочее место и получили цифровую бухгалтерию?

Вывод такой: цифровая бухгалтерия и цифровая экономика – это неверные термины. Существует автоматизированная система, которая охватывает множество аспектов: бухгалтерия обрабатывает первичные документы производства, данные бухгалтерии попадают к экономистам, которые формируют анализ по оперативным данным, в классическом виде формируют экономический и прогнозный анализ, добавляя в него возможные отклонения, и получают показатели, на основе которых принимаются решения. Сейчас все больше и больше разговоров идет о создании если не единого, то крупного цифрового пространства, которое будет управлять отраслями народного хозяйства, а также малого, среднего и крупного бизнеса, и не только управлять, но и помогать их работе.

Но если с термином «цифровое пространство» согласиться можно, то с термином «цифровая экономика» – нет. Если использовать термин «цифровая экономика» в цепочке от обработки первичных данных в бухгалтерии до выполнения анализов и принятия решений по результатам этих анализов, то решения должна принимать программа. Тогда это и будет «цифровая экономика».

Программа может сформировать прогноз, выдать варианты решений, но не принять решение самостоятельно. Мы все знаем, что на экономику любой страны иногда влияют даже ветер или магнитные бури – те факторы, которые заложить в программу невозможно, а соответственно, раздел экономики – это не цифровая экономика, а модуль экономических расчетов, анализа в крупной автоматизированной информационной системе, не более того.

Ни одна из наук не может называться цифровой по причине того, что наука уже есть, а понятие о цифрах и представлении информации в цифровом виде не определено, а точнее определено давно, но без использования информационных систем. Вначале все считали на палочках, камнях и прочих подручных материалах. Этот счет составлял цифры. Самый простой пример: компьютеры появились сравнительно недавно, а цифровая сортировка почтовых отправлений давно. Во всем мире на каждом конверте, на каждой посылке мы проставляли почтовый индекс. Если присваивать термин «цифровой» или «цифровая», то почта любой страны является цифровой. Потом появились штрих-коды с цифрами, которые определяли производителя товаров, потом стали использовать QR-коды, где мы видим одни квадратики и пустые места, а по сути, это закодированная архивная информация об имени, товаре, производителе, событии, которая считывается прибором, расшифровывается и обрабатывается в компьютере, как нули и единицы, тем самым определяя и выдавая результат.

Слово «цифровое» охватывает узкую область и может быть применено к конкретному устройству, электронному микроэлементу, которое было заменено с лампы на микросхему. Но отрасль и науку называть «цифровой» нельзя.

К примеру, основная масса населения сейчас использует государственные услуги через веб-сайт. Действительно, очень удобная и полезная система, но это на самом деле консолидированная автоматизированная информационная система с доступом всех пользователей к государственным услугам и службам, а также получению информации и с возможностью управления информацией. И эта система названа не «Цифровое Правительство», а «Электронное Правительство», и в действительности это название максимально передает суть данной информационной системы. Поэтому все разрабатываемые и внедряемые системы должны иметь правильные названия и определения, четко объясняющие их назначение и принципы работы.

#### Список литературы

1 Транспортные коридоры и оси в цифровой логистике / А. А. Астафьев [и др.] ; науч. ред. В. И. Сергеев // Перспективы развития логистики и управления цепями поставок: сб. науч. тр. VII Междунар. науч. конф. (18 апреля 2017 г.) : в 2 ч. ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Эс-Си-Эм Консалтинг, 2017. – Ч. 1. – С. 9–25.

УКД 656.07:338.2

## АНАЛИЗ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ С ПОЗИЦИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

*Ю. И. СОКОЛОВ, О. В. КОРИШЕВА*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Для обеспечения устойчивого развития страны и высокого уровня ее экономической безопасности обязательно наличие эффективно функционирующего транспортного комплекса страны. Транспорт формирует единое экономическое пространство страны, соединяя производителей и потребителей товаров, работ, услуг, обеспечивая удовлетворение потребностей реального сектора производства в перевозках грузов, а физических лиц – в перемещении. Эффективная деятельность и развитие транспорта является одним из важнейших условий экономического роста, обеспечения рыночных экономических связей, международной торговли, территориальной целостности страны, социально-значимых услуг для населения, экономической безопасности в целом [1]. Транспортный комплекс является не только локомотивом развития хозяйствующих субъектов, но и фактором повышения комфортности и качества жизни граждан. Сбои в работе транспортного комплекса могут привести к существенным негативным последствиям для экономической безопасности страны [2].

Вместе с тем транспортный комплекс России испытывает ряд трудностей. На протяжении последних пяти лет усилилась экономическая нестабильность и стагнационные процессы в экономике России, что прямо отражается и на транспортной отрасли [5]. Наиболее стремительный и явный рост демонстрирует воздушный транспорт (грузооборот увеличился с 3,7 млрд т·км в 2008 году до 7,8 млрд т·км в 2018). Железнодорожная отрасль показывает устойчивую положительную динамику (2116 млрд т·км в 2008 и 2598 млрд т·км в 2018), пусть и невысокими темпами, а морской и внутренний водный транспорт отражают явную стагнацию в своих сегментах.

Важным индикатором происходящих на транспорте процессов является средняя дальность грузовых перевозок. Рост средней дальности по транспорту в целом с 418 км в 1995 г. до 672 км в 2015 г. свидетельствует, с одной стороны, о расширении внешнеэкономических связей, вовлечении в хозяйственный оборот ресурсов отдаленных районов страны, развитии процессов кооперации и разделения производства. С другой стороны, рост средней дальности свидетельствует о повышении транспортной нагрузки на экономику страны. Одновременный рост средней дальности перевозок на железнодорожном (с 1181 до 1735 км) и автомобильном (с 23 до 46 км) транспорте свидетельствует о расширении сферы деятельности автомобильного транспорта и постепенном вытеснении железных дорог с рынка короткопробежных перевозок, прежде всего скоропортящихся и ценных грузов.

Непосредственное влияние на экономическую безопасность транспортного комплекса оказывает уровень безопасности движения транспортных средств. Наиболее аварийным видом транспорта остается автомобильный: с 2010 года численность раненных в происшествиях с транспортными средствами к 2018 году сократилась лишь на 35,7 тыс. человек с 250,6 тыс. человек до 214,9 тыс. человек. При этом воздушная отрасль имеет самые высокие показатели смертности пассажиров: в среднем с 2010 по 2018 гг. ежегодно погибает 80 человек. Железнодорожный транспорт, напротив, является наиболее безопасным видом транспорта, что, тем не менее, не исключает единичных происшествий. Так, в 2014, 2015 и 2017 годах отмечается наибольшее количество раненных в аварийных ситуациях: 88, 11 и 24 человека соответственно.

Важно отметить, что значительная роль транспортного комплекса в обеспечении национальной экономической безопасности определяется не только масштабами его деятельности, вкладом в преумножение национального богатства, но и высокой социальной значимостью. Транспортные организации имеют двойную задачу: и обеспечение собственной безубыточности, и обеспечение потребностей населения и производства в перевозках. Особое значение здесь имеет железнодорожный транспорт, доля которого из общего объема пассажирооборота за последние пять лет стабильно более 20 %. При этом в пригородном и междугородном сообщении железнодорожный транспорт – основной перевозчик.

Важным инструментом развития рынка железнодорожных перевозок, создания и освоения новых грузопотоков является строительство новых путей сообщения. Так, в 2017 году введено 157 км новых железнодорожных линий, 61,6 км вторых путей, 137,5 км электрификации железных дорог, 2,1 тыс. км автомобильных дорог с твердым покрытием общего пользования, 264,1 тыс. м<sup>2</sup> взлетно-посадочных полос с твердым покрытием [7].

Структура перевозимых грузов и ее динамика позволяют сделать вывод, что по отправлению грузов преобладают пять видов, в общей сложности, составляющих около 70 % от всех перевозимых грузов. Среди них каменный уголь, металлы, минеральные удобрения, строительные грузы, нефть и нефтепродукты, руда. Несмотря на некоторые колебания в начале 90-х гг., структура грузовых перевозок сохранила свою устойчивость, начиная с 1995 года.

Железнодорожный транспорт традиционно является одним из основных видов транспорта для ряда системообразующих отраслей (угольная отрасль, нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая, добыча и переработка черных металлов и производство минеральных строительных материалов). Данные отрасли в совокупности способствуют устойчивому функционированию народнохозяйственного комплекса и напрямую влияют на национальную безопасность страны.

С учетом вышеизложенного представляется обоснованным выделение транспортной составляющей в качестве самостоятельного блока в системе национальной безопасности (рисунок 1).



Рисунок 1 – Транспортная составляющая в системе обеспечения национальной экономической безопасности

Соответственно, можно сделать вывод, что транспорт играет определяющую роль в формировании большинства подсистем экономической безопасности [4]. Благодаря транспорту обеспечивается устойчивое развитие и функционирование экономики страны, что непосредственно влияет на уровень ее экономической безопасности [3, 6].

### Список литературы

- 1 Кожевников, Р. А. Экономическая безопасность транспортных компаний и комплексов: [монография] / под ред. Р. А. Кожевникова. – М. : ВИНТИ РАН, 2015. – 248 с.
- 2 Коришева, О. В. Анализ значения транспортного комплекса в устойчивом развитии рыночной экономики и ее субъектов / О. В. Коришева // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности). – 2018. – № 1 (11). – С. 241–250.
- 3 Кожевников, Р. А. Роль железнодорожного транспорта в достижении экономической безопасности и устойчивом развитии экономики / Р. А. Кожевников, О. В. Коришева ; под ред. Р. А. Кожевникова, Ю. И. Соколова // Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность : сб. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 74–81.
- 4 Соколов, Ю. И. Транспортная составляющая национальной экономической безопасности / Ю. И. Соколов ; под редакцией Р. А. Кожевникова, Ю. И. Соколова // Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность : сб. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 32–36.
- 5 Соколов, Ю. И. Вклад транспорта в национальную экономическую безопасность / Ю. И. Соколов, Р. А. Кожевников, О. В. Коришева // Экономика железных дорог. – 2018. – № 7. – С. 49–58.
- 6 Соколов, Ю. И. Значение транспорта в обеспечении национальной экономической безопасности / Ю. И. Соколов, Р. А. Кожевников, З. П. Межох // Транспортное дело России. – 2016. – № 6. – С. 10–13.
- 7 Федеральная служба государственной статистики. Официальный сайт Росстат [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.gks.ru>.

УДК 656.2.08

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*А. Ф. СЫЦКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Преобразования в экономике, происходящие на данном этапе развития Республики Беларусь, затрагивают такие вопросы экономики транспорта, как теоретические положения о транспорте, рынке транспортной продукции, работ, услуг и предложений, о хозяйственном механизме и экономической безопасности.

Железнодорожный транспорт взаимодействует со всеми отраслями народного хозяйства, населением страны, предприятиями, трудовыми коллективами. Он обеспечивает перевозки грузов, пассажиров, почты, багажа, выполняет нетрадиционные услуги с высоким качеством, стремится к снижению издержек, тарифов и цен на все виды услуг, работ и продукции.



Железнодорожный транспорт Республики Беларусь занимает особое место в экономике региона. На территории страны действует одна Белорусская железная дорога, которая является государственным объединением с входящими в его состав унитарными предприятиями. Оно представляет интересы железнодорожного транспорта как самостоятельной отрасли народного хозяйства Республики Беларусь.

Устойчивое и динамичное развитие экономики Республики Беларусь, ее эффективность и конкурентоспособность на внутреннем и мировых рынках тесно связаны с экономической безопасностью страны.

Железнодорожный транспорт – одна из главенствующих ветвей хозяйства, обеспечивающих экономическую безопасность страны.

Белорусская железная дорога имеет статус государственного объединения, уровень цен основного вида продукции железнодорожного транспорта – тарифов на перевозки – находится под контролем государства. При этом Белорусская железная дорога является достаточно обособленным хозяйствующим субъектом. Она имеет самостоятельный баланс, свои счета в банках, начальник дороги имеет право самостоятельно заключать договора, уровень цен на продукцию подсобно-вспомогательной деятельности дорогой устанавливается самостоятельно и так далее. Таким образом, кроме безопасности железной дороги как объекта стратегического назначения существует экономическая безопасность железной дороги.

Несмотря на то, что Белорусская железная дорога занимает ведущее место в транспортной системе страны, необходимо учитывать и недостатки железнодорожного транспорта, являющиеся угрозами его экономической безопасности, которые имеют комплексный характер и обусловлены, прежде всего, особенностями экономики Республики Беларусь (таблица 1).

Таблица 1 – Основные угрозы экономической безопасности железнодорожного транспорта

Угрозы	В чем проявляются
Высокая стоимость сооружения железных дорог и относительно медленная отдача авансируемого капитала	Средний срок окупаемости капиталовложений – 6–10 лет, большой расход металла, в том числе цветного (более 150 т на 1 км пути)
Большой удельный вес условно-постоянных расходов в себестоимости перевозок	До 70 %, что ограничивает возможности управления затратами. Начало и окончание перевозочного цикла во многих случаях связано с привлечением автомобильного и других видов транспорта, что увеличивает опасность повреждений в процессе перевалок и общее время доставки грузов
Отсутствие стратегических финансовых целей	Объясняется макроэкономической моделью, т. е. механизм перераспределения доходов включается в налоговую систему на макроуровне
Замедление развития железнодорожной сети и износ основных фондов	Недостаточность инвестиций и модернизации
Нерациональные перевозки	Недостатки в размещении и развитии производства во многих отраслях страны
Повышенная опасность труда	Расположение рабочих мест вблизи движущихся составов, электрификация путей
Смешанный административно-рыночный характер	Функционирование железнодорожного транспорта происходит преимущественно на товарных рынках, а управление осуществляется в жестких административных рамках – вплоть до вмешательства Президента и Правительства Республики Беларусь

Реализация экономических интересов железной дороги требует решения задач в области обеспечения его экономической безопасности.

Наиболее важными задачами в области обеспечения экономической безопасности железной дороги являются:

- обеспечение защищенности экономики дороги от воздействия неблагоприятных внешних и внутренних факторов;
- своевременное прогнозирование и выявление внешних и внутренних угроз экономической безопасности железной дороги;
- осуществление оперативных и долгосрочных мер по предупреждению и локализации угроз;
- создание системы согласованного функционирования и взаимодействия всех структурных подразделений дороги по вопросам обеспечения экономической безопасности магистрали;
- обновление основных производственных фондов, производственного потенциала и технологий, обеспечивающих высокий технический уровень производства и повышение конкурентоспособности продукции, производимой железной дорогой;

- повышение эффективности использования имущественного комплекса, увеличение всех видов доходов;
- усиление инвестиционной и инновационной активности;
- развитие новых региональных связей;
- формирование благоприятного делового и предпринимательского климата;
- рост благосостояния работников железной дороги;
- обеспечение контроля за рациональным использованием материально-производственных ресурсов магистрали;
- предотвращение загрязнения окружающей среды.

Таким образом, экономическая безопасность железной дороги включает в себя несколько взаимосвязанных составных элементов:

- высокая финансовая эффективность, независимость и устойчивость работы;
- развитость и конкурентоспособность технологической базы;
- высокий уровень организации управления;
- обеспечение информационной безопасности работы дороги;
- обеспечение экологической безопасности;
- эффективный правовой механизм деятельности дороги;
- высокий профессиональный уровень работников;
- высокий уровень охраны труда работников.

Для обеспечения экономической безопасности железной дороги необходимо постоянно осуществлять стратегическое планирование и прогнозирование, которые должны содержать качественные параметры использования корпоративных ресурсов дороги в сочетании с его организационно-функциональной структурой, а также количественные ориентиры обеспечения экономической безопасности.

На основании выработанного стратегического плана с учетом прогнозируемых показателей оценивается уровень обеспечения и экономической безопасности, а также производится ее дальнейшее планирование.

В процессе финансово-хозяйственной деятельности железной дороги должен проводиться анализ информации о состоянии экономической безопасности, оцениваться критерии экономической безопасности дороги, их отклонения от плановых значений, анализироваться причины возникновения этих отклонений.

На основании такого анализа осуществляется корректировка стратегического плана обеспечения экономической безопасности, набора корпоративных ресурсов, системы текущего планирования финансово-хозяйственной деятельности железной дороги.

Таким образом, обеспечение экономической безопасности является непрерывным процессом, включающим в себя определенное количество взаимосвязанных этапов, прохождение которых должно обеспечивать экономическую безопасность железной дороги.

УДК 656.2.003

## **ФОРМИРОВАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ РЕЗЕРВОВ КАК УЧЕТНОЙ ОСНОВЫ СНИЖЕНИЯ ФИНАНСОВОГО РИСКА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

*Н. С. ФЕДИВА, А. В. ДАНИЛЕНКО  
Белорусская железная дорога, г. Минск*

*А. В. КРАВЧЕНКО  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Активизация методологии учета и отчетности в соответствии с международными стандартами привела к необходимости формирования информации с учетом различного вида рисков, которым подвержены активы и обязательства организации. Учет рисков направлен на формирование качественной информации о финансовом состоянии и результатах деятельности организации, что при-

водит к необходимости формирования оценочных резервов как основы достоверности отчетности организаций.

В условиях рыночных отношений, постоянного изменения стоимости капитала происходит его вымывание, что приводит к необходимости формирования заемных средств. Поэтому для формирования точности о капитале и средствах организации необходимо осуществлять резервирование сумм под обесценение, под снижение стоимости активов, под обеспечение покрытия возвратности дебиторской задолженности. Такие резервы называются оценочными и создаются в Республике Беларусь с 2012 года. Они призваны повысить достоверность, качество бухгалтерской (финансовой) отчетности путем рассмотрения их как регулирующих статей, способствующих корректировке сумм активов, обязательств и капитала, а также как суммы, включаемые в состав расходов, влияющих на конечный финансовый результат в отчете о прибылях и убытках.

Оценочные резервы создаются для уточнения балансовой оценки отдельных объектов бухгалтерского учета за счет прибыли организации. Они позволяют учитывать отклонения в стоимости финансовых вложений, материальных ценностей, дебиторской задолженности и прочих активов.

Так, перейдя на единый метод учета выручки «по начислению» организации пришли к диспропорции денежных потоков, и как следствие, потере капитала. При неоплате или несвоевременной оплате за отгруженную продукцию (оказанные услуги, выполненные работы) до 22-го числа, следующего за отчетным периодом, налог на прибыль оплачивается за счет средств, фактически полученных от другой реализации, иными словами происходит «вымывание» оборотных средств в краткосрочном периоде и методологическая ошибка в долгосрочном, когда при списании дебиторской задолженности образуется убыток, с которого уже уплачен налог на прибыль. В этих условиях особую актуальность приобретает учет риска невозврата средств, «замороженных» в дебиторской задолженности. Обозначенная проблема решается формированием резервов по сомнительным долгам.

В соответствии с п. 43 Инструкции № 102 в Республике Беларусь используется один из трех способов определения величины резервов по сомнительным долгам: по каждому дебитору на основе анализа платежеспособности дебитора, возможности погашения им задолженности полностью или частично и других факторов; по группам дебиторской задолженности на основе ее распределения по срокам погашения; по всей сумме дебиторской задолженности на основе выручки от реализации продукции, товаров, выполнения работ, оказания услуг за отчетный период и коэффициента сомнительной задолженности.

На предприятиях железной дороги используется второй метод определения величины резерва по сомнительным долгам, который предусматривает определение величины резервов по сомнительным долгам по группам дебиторской задолженности на основе ее распределения по срокам непогашения.

Применение указанного метода закреплено в учетной политике Белорусской железной дороги, т. к. предпочтительно для предприятий с большим числом дебиторов. Однако, учитывая особенности финансовых взаимоотношений в структуре железной дороги, формирования и распределения доходов, расчета и уплаты налога на прибыль, следует организационно разграничить функции по формированию резерва по сомнительным долгам по уровням управления [1, с. 154].

Научно обоснованным является методологический подход, когда для формирования резерва по сомнительным долгам по перевозочной деятельности в соответствии с Инструкцией № 102 по второму способу используются данные о величине просроченной дебиторской задолженности и ее списании в целом по железной дороге без разделения на отделения или предприятия дорожного подчинения. Однако в данном случае речь идет только о расчете общедорожного коэффициента сомнительной задолженности в разрезе групп непогашения. Полученные данные будут применены на иных уровнях управления железной дороги.

Необходимо отметить, что создание общедорожного резерва по сомнительным долгам является нецелесообразным, т. к. при возникновении необходимости списания просроченной дебиторской задолженности у какого-либо отделения или предприятия дорожного подчинения раньше остальных весь фонд может быть использован только одним отделением, что методологически неверно еще и потому, что каждое подразделение на счетах бухгалтерского учета формирует собственный финансовый результат и нет необходимости в передаче и доведении до него резерва.

На наш взгляд, каждое отделение (предприятие дорожного подчинения) должно иметь право на формирование резерва и использование его по назначению в зависимости от реальной величины

дебиторской задолженности (определенной по результатам инвентаризации). Таким образом, достигается взаимосвязка между списанием дебиторской задолженности конкретного предприятия и суммой сформированного под него резерва.

В учетной практике в соответствии с законодательством предусмотрена возможность создания резервов под обесценение краткосрочных финансовых вложений. Операции с финансовыми вложениями относятся к наиболее рискованным. Падение стоимости финансовых вложений организаций может происходить вследствие снижения приносимого ими дохода и из-за спекуляций на рынке ценных бумаг. Именно поэтому организации, осуществляющие финансовые вложения, допускают риск убытков.

Обесценение финансовых вложений оказывает существенное влияние на финансовые результаты деятельности организации. Поэтому, согласно Постановлению Министерства финансов Республики Беларусь от 22.12.2006 № 164 «Об утверждении Инструкции по бухгалтерскому учету ценных бумаг», риск негативного воздействия на финансовый результат изменения стоимости финансовых вложений в бухгалтерском учете нивелируется созданием резервов под обесценение финансовых вложений.

Обесценение финансовых вложений – это устойчивое существенное снижение стоимости ниже величины экономических выгод, которые организация рассчитывает получить от данных финансовых вложений в обычных условиях деятельности. В этом случае организацией определяется расчетная стоимость финансовых вложений [1, с. 105].

Учетной политикой предприятий железной дороги создание резервов под обесценение краткосрочных финансовых вложений не предусмотрено, так как это является нецелесообразным по причине их отсутствия. Однако, как показывает практика железной дороги различных стран не исключается возможность предоставления временно свободных средств в виде займа, осуществления краткосрочных финансовых вложений, поэтому мы считаем необходимым предусмотреть возможность формирования резерва под обесценение краткосрочных финансовых вложений.

Так, резерв предполагается создавать в отношении финансовых вложений, по которым не определяется их текущая рыночная стоимость, в случае подтверждения устойчивого существенного снижения стоимостями финансовых вложений на отчетную дату на величину разницы между учетной и расчетной стоимостью таких финансовых вложений. Посредством применения резервов под обесценение краткосрочных финансовых вложений в учетной практике железная дорога сможет смягчить воздействие разного рода рисков, неизбежно возникающих в процессе финансово-хозяйственной деятельности.

#### Список литературы

- 1 Шатров, С. Л. Оценочные резервы в системе управления активами железнодорожного транспорта : [монография] / С. Л. Шатров, О. В. Липатова, А. В. Кравченко. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 175 с.
- 2 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.
- 3 Шатров, С. Л. Развитие методики учета и формирования резервов в системе железнодорожного транспорта / С. Л. Шатров, А. В. Кравченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D: Экономические и юридические науки. – 2017. – № 6. – С. 96–102.

УДК 338.24

### **ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

*Е. О. ФРОЛЕНКОВА, Д. Г. ЦЫБУРЕВКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одним из современных направлений совершенствования системы управления предприятием является ее определение как сети взаимосвязанных процессов. От того, насколько грамотно выстроены функционирование и взаимосвязь таких процессов, зависит успешность предприятия.

Процессный подход к управлению предприятием доказал свою эффективность на практике: за счет его внедрения снижаются операционные издержки, сокращаются временные затраты на выполнение

процедур и повышается точность их исполнения, улучшается качество продукции и предоставляемых услуг, оптимизируется использование основных фондов и оборотного капитала, повышается чувство ответственности у сотрудников. Однако в современных условиях следует учитывать не только непосредственно функции управления (планирование, организация, мотивация и контроль), но и процессы, протекающие в их рамках. Одним из способов повышения результативности предприятий является использование преимуществ процессного подхода с сохранением функционального управления. Его суть заключается в контроле не за технологией в целом, а за результатом работ (подпроцессами).

Процессный подход – подход к организации и анализу деятельности предприятия, основанный на выделении и рассмотрении его бизнес-процессов, каждый из которых протекает во взаимосвязи с другими бизнес-процессами предприятия или внешней средой.

«Прогрессивность» управления бизнес-процессами как подхода к управлению компаниями подтверждается и тем, что необходимость реализации процессного подхода является одним из принципов стандартов ISO 9001.

На основе изучения опыта можно выделить следующие проблемы внедрения процессного подхода: отсутствие целей проекта процессного управления, делегирование полномочий по выделению существующих процессов на предприятии, несоответствие построенной системы процессов реальному бизнесу компании, попытка описать все существующие на предприятии процессы, отсутствие регламента процесса или неграмотное его составление, проблемы с организацией управления процессами, несоблюдение принципа непрерывного улучшения процессов, ожидание быстрых результатов, преждевременное завершение проекта по внедрению процессного подхода.

Таким образом, проект перехода к процессному подходу является далеко не из простых, из-за чего в результате его реализации совершаются различные ошибки, которые впоследствии могут привести к крупным проблемам.

Зачастую из-за непонимания основ процессного подхода от рабочей группы требуют таких результатов, для достижения которых нет достаточного времени, либо ресурсов, либо заинтересованности руководства. Руководители и сотрудники предприятий всего-навсего не готовы к серьезным изменениям, которые при внедрении процессного подхода могут кардинально изменить систему управления предприятием.

Тем не менее, несмотря на сложности перехода к процессному подходу, он необходим для эффективного функционирования и повышения конкурентоспособности организаций в современных условиях. Переход и внедрение процессного подхода в управлении будет справедливо лишь для крупных компаний и организаций корпоративного типа со сложной организационной структурой управления. К такому типу организаций можно отнести Белорусскую железную дорогу.

Железнодорожный транспорт – устойчивая динамично развивающаяся система, которая является многоотраслевым комплексом экономики Республики Беларусь. Взаимодействуя с остальными видами транспорта, он удовлетворяет потребности населения не только в перевозках, но и во всех связанных с ним работами и услугами, формируя рынок транспортных услуг, и обеспечивает безопасность движения.

Кроме территориального разделения, где управление перевозочным процессом осуществляется отделениями дороги, Белорусская железная дорога имеет отраслевое деление. Для процесса перевозок создано 10 отраслей хозяйства: пассажирское, грузовой работы и внешнеэкономической деятельности, перевозок, локомотивное, вагонное, пути, гражданских сооружений, сигнализации и связи, электроснабжения и др. На каждое хозяйство возложены свои особенные функции перевозочного процесса. В настоящее время на предприятиях железной дороги применяется функциональный подход в управлении, который предполагает распределение всех обязанностей на функциональных руководителей разнопрофильных предприятий, что связано с особенностями финансовых взаимоотношений в системе железнодорожного транспорта. Процессный подход в деятельности Белорусской железной дороги регламентируется стандартом СМК ISO 9001:2015 и системой ЕК ИСУФР. Однако функциональные возможности процессного управления реализованы не полностью.

Существующая система управления предприятий железной дороги интересна с тех позиций, что можно каждому из руководителей вменить в обязанности снижение затрат на единицу оказанных работ, услуг. Однако эта система не позволяет в полной мере понять, насколько эффективен каждый из элементов этой системы и, тем более, каждый процесс в их рамках. Поэтому в современных условиях следует учитывать не только непосредственно функции управления (планирование, орга-

низация, мотивация и контроль), но и процессы, протекающие в их рамках. Это позволяет влиять не на результат, а на факторы, их образующие. Неотъемлемым понятием процессного подхода является бизнес-процесс.

Управление бизнес-процессами (англ. – business process management) – концепция процессного управления организацией, рассматривающая бизнес-процессы как особые ресурсы предприятия, непрерывно адаптируемые к постоянным изменениям, и полагающаяся на такие принципы, как понятность и видимость бизнес-процессов в организации за счет их моделирования с использованием формальных нотаций, а также программного обеспечения моделирования, симуляции, мониторинга и анализа бизнес-процессов, возможность динамического перестроения моделей бизнес-процессов силами участников и средствами программных систем.

При управлении процессами и их улучшении необходимо наличие инструментов их совершенствования, одним из ключевых требований которых является функционирование единой информационной среды и возможность совместной работы пользователей с одними и теми же информационными объектами. Из этого следует, что эффективным инструментом совершенствования бизнес-процессов компании являются информационные системы. На Белорусской железной дороге эта функция реализуется при помощи Единой корпоративной интегрированной системы управления финансами и ресурсами (ЕК ИСУФР). Однако не все функциональные возможности данной системы задействованы и используются в полном объеме.

Процессный подход необходим для улучшения позиций Белорусской железной дороги на рынке и повышения ее показателей. Такие слабые стороны, как большой объем работы с документами и сложная система согласования договоров, могут быть устранены за счет пересмотра процессной структуры отдела, автоматизации некоторых процессов, а также повышения квалификации сотрудников. Также применение процессного подхода в полном объеме позволит усилить контроль над действиями отделов, не только задействованных в организации перевозок, но и всех отделов БЖД в целом, что позволит обнаружить слабые места и критические моменты, влияющие на качество предоставления услуг.

Внедрять процессный подход в деятельность такой крупной организации, как Белорусская железная дорога, на основе одной лишь методики будет недостаточным. Необходимо разрабатывать, внедрять и совершенствовать нормативные документы, инструкции и положения, касающиеся процессного управления; изучать опыт применения процессного подхода на железнодорожном транспорте зарубежных стран, а также автоматизировать деятельность компании. Только тогда можно будет утверждать о том, что процессный подход внедрен, а управление процессами построено эффективно.

#### Список литературы

- 1 Шатров, С. Л. Процессный подход в системе управления железнодорожного транспорта: учетно-контрольные аспекты / С. Л. Шатров, Е. О. Фроленкова // Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты : зл. сб. статей II Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 471–475.
- 2 Шатров, С. Л. Процессный подход к аналитической оценке эффективности функционирования транспортных систем / С. Л. Шатров // Бухгалтерский учет и анализ. – 2018. – № 9 (261). – С. 14–22.
- 3 Шатров, С. Л. Процессный подход к организации системы внутреннего контроля железнодорожного транспорта / С. Л. Шатров, Е. О. Фроленкова, Н. С. Кузнецова // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности): Междунар. сб. научн. тр. – Вып. 11. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 291–301.
- 4 Шатров, С. Л. Аутсорсинг бизнес-процессов транспортных систем : [монография] / С. Л. Шатров, О. В. Липатова, И. А. Кейзер. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 203 с.

УДК 656.0

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

*С. М. ХУРСА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Для Республики Беларусь, которой характерна малая открытая экономика, внешнеэкономический потенциал играет важную роль. Из-за неспособности достичь торгового баланса наша страна становится более уязвимой от внешних факторов и, как следствие, возникает необходимость поиска

конкурентных и сравнительных преимуществ внутри национальной экономики. В сложившихся условиях повышение роли транспортного комплекса должно стать одним из приоритетных направлений экономической политики государства.

Транспорт – одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая функцию своеобразной кровеносной системы в сложном организме страны. Он не только обеспечивает потребности хозяйства и населения в перевозках, но вместе с городами образует «каркас» территории, является крупнейшей составной частью инфраструктуры, служит материально-технической базой формирования и развития территориального разделения труда, оказывает существенное влияние на динамичность и эффективность социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом.

Транспорт является важнейшим звеном производственной и социальной инфраструктуры республики, его потенциал обеспечивает спрос экономики и населения на транспортные услуги. При этом он вносит значительный вклад в формирование валового внутреннего продукта страны. За прошедшую пятилетку внутренняя добавленная стоимость по виду экономической деятельности «Транспорт» увеличилась в сопоставимых ценах на 6 % при росте валового внутреннего продукта за данный период на 5,8 %, что говорит о способности транспортного комплекса в полном объеме удовлетворять потребности экономики и населения.

Важность транспортного комплекса для экономики республики очевидна. Его развитие должно быть гармоничным, обеспечивать рациональное взаимодействие различных видов транспорта и слаженную работу объектов инфраструктуры, в том числе логистических центров. Гармоничное развитие транспорта не может обойтись без научных исследований и инноваций. И здесь необходимо отметить стратегическую роль Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Как известно, эффективная работа транспорта не может осуществляться без своевременного обновления его подвижного состава.

Одной из определяющих систем, обеспечивающих пассажирские перевозки на территории Беларуси, является транспортная система, к которой в рыночных условиях предъявляются высокие требования в отношении качества, регулярности и надежности транспортных связей, безопасности перевозки пассажиров, сроков и стоимости доставки. В соответствии с этим состояние транспортной системы Беларуси должно отвечать требованиям нормативных документов и правилам, регулирующим вопросы в этой области.

Транспорт призван содействовать стимулированию расширения производства, повышению уровня жизни населения, а также обеспечения всевозрастающей потребности в надежных, эффективных и безопасных транспортных услугах.

В отрасли транспорта в Республике Беларусь произошли и происходят существенные изменения, касающиеся модели взаимоотношений участников рынка перевозок и государства, развития конкуренции, механизмов взаимодействия с бизнесом, обществом и пользователями транспортных услуг. К большому сожалению, реформирование системы взаимоотношений привело не только к снижению уровня безопасности, но и к ухудшению ситуации в вопросах организации пассажирских перевозок.

Несомненным остается одно: транспорт является элементом роста национальной экономики, инструментом решения социально-экономических задач.

Пассажирские перевозки являются одним из самых востребованных видов услуг, оказываемых населению.

Вопрос обеспечения безопасности перевозок является на сегодня наиболее актуальным. Это комплексная задача, включающая в себя следующие направления:

- соблюдение требований безопасности при планировании и регулировании транспортной деятельности;
- ликвидация «серого» рынка пассажирских перевозок;
- совершенствование состояния и повышение устойчивости к актам незаконного вмешательства на объекты транспортной инфраструктуры;
- профессиональная подготовка и переподготовка персонала транспортных компаний;
- разработка и внедрение интеллектуальных транспортных систем;
- совершенствование механизмов контроля и надзора за состоянием транспортной безопасности при осуществлении пассажирских перевозок.

Транспортная безопасность – это не только совокупность мероприятий по увеличению степени защищенности транспортного комплекса, целью которых является обеспечение его устойчивого и

безопасного функционирования, защита интересов личности, общества и государства от актов незаконного вмешательства, но и показатель цивилизованности общества.

В вопросах транспортной безопасности всем нам надо научиться уходить от формы самоотчета и создания видимости проводимой работы по этому важному направлению деятельности.

Необходима четкая постановка проблемных вопросов, совместное формирование путей их решения и понимания того, что многое возможно сделать и сейчас без существенных финансовых вложений.

Основные усилия в первоочередном периоде должны быть сосредоточены:

– на инвентаризации нормативных актов и должностных регламентов, принятых в предприятиях транспортного комплекса, определяющих действие персонала и служб в случаях нештатных ситуаций. Четкая регламентация действий, понимание ответственности позволит уже в текущем периоде поднять готовность служб на более качественный уровень;

– сформировать перечень объектов транспортного комплекса Республики Беларусь и график проведения комплексного обследования вышеуказанных объектов;

– провести мониторинг обеспечения правопорядка и безопасности на объектах инфраструктуры и подготовить предложения с обоснованием затрат, необходимых для реализации мероприятий, обеспечивающих безопасность на транспортных объектах;

– обеспечить создание паспорта транспортной безопасности на всех объектах транспортной инфраструктуры;

– обеспечить структурное взаимодействие со страховыми компаниями для использования достаточных финансовых ресурсов на реализацию мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, через формируемые программные – мероприятия.

Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2020 гг. направлена на удовлетворение потребностей населения и экономики республики в транспортных услугах; обеспечение доступности, высокого качества и безопасности услуг транспорта; развитие инфраструктуры.

В числе основных задач – обновление подвижного состава, повышение скорости доставки грузов, улучшение инвестиционной привлекательности, государственно-частное партнерство, рост эффективности функционирования транспортного комплекса.

Однако развитие транспортного комплекса Беларуси сопровождается рядом проблем. Среди них стоит отметить падение качества логистики. Другими проблемными моментами являются несоответствие в полной мере транзитной инфраструктуры стандартам ЕС, несовершенная нормативно-правовая база, старение автопарка и т. д. Говоря о совершенствовании управления транспортным комплексом, стоит отметить, что для решения названных проблем необходимы обновление автопарка, широкое внедрение информационных технологий, улучшение придорожной инфраструктуры, формирование системы подготовки высококвалифицированных специалистов. Большие надежды возлагаются на получение преимуществ от инициативы «Экономический пояс Шелкового пути». В результате транспортный комплекс будет использоваться эффективнее, а это повысит и внешнеэкономический потенциал Республики Беларусь.

УДК 658.7

## О ЗАКОНАХ ЛОГИСТИКИ

*В. Д. ЧИЖОНОК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Любая наука, если она является таковой, характеризуется наличием фундаментальных положений, называемых «законами». Законы логистики необходимо находить, прежде всего, на основе исследования ее объекта и предмета. Объектом логистики является сфера товарообращения (логистическая система), включая информационное, финансовое и иное ее обеспечение. Предметом же логистики являются способы и методы своевременной поставки с наименьшими затратами готовой продукции, сырья и комплектующих изделий в соответствии с потребностями предприятий, организаций и населения. Следовательно, законы логистики – это законы и закономерности в сфере товарообращения.



Любая фирма-производитель товаров желает получить наибольшую прибыль от своей производственно-хозяйственной деятельности. Это значит, что менеджеры фирм должны не только наращивать объемы производства, но и уделять серьезнейшее внимание процессам движения товаров к потребителям, завоеывая и расширяя рынок продаж производимой продукции. При этом большое значение имеет скорость и своевременность доставки товаров потребителям, зависящие от следующих вариантов (рисунок 1).

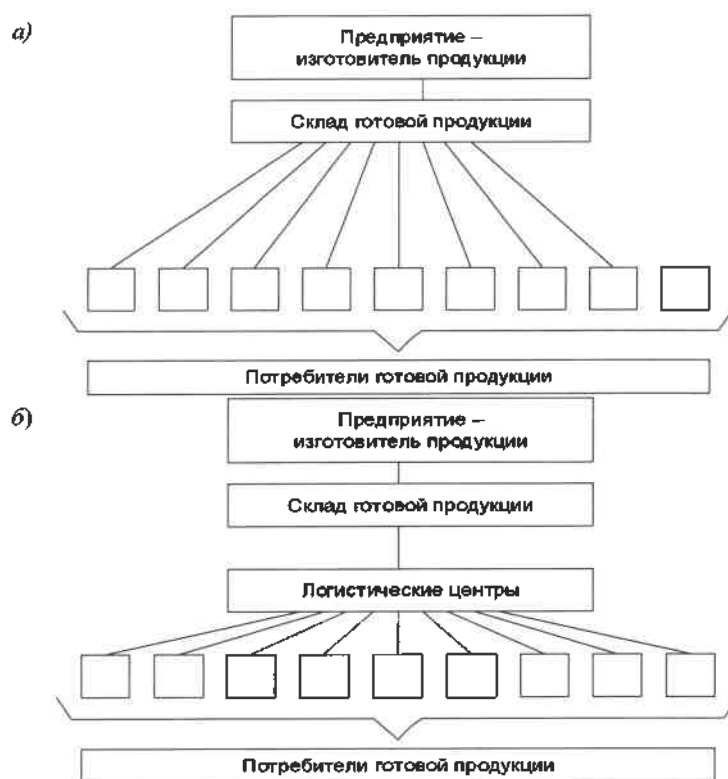


Рисунок 1 – Варианты поставки готовой продукции потребителям:

а – непосредственно со склада предприятия-изготовителя;

б – с логистических центров, расположенных вне территории предприятия-изготовителя, а также в других государствах

В первом варианте (см. рисунок 1, а) фирма размещает менеджеров по продажам в различных государствах, и их задача заключается в подписании контрактов на поставку продукции. После подписания контракта на складе предприятия формируется партия товара и отправляется заказчику. При этом грузы могут доставляться на все континенты. Естественно, сроки доставки товаров в этом случае будут значительными, что не способствует увеличению объема продаж. Более предпочтительным является заблаговременная доставка товаров в регионы и хранение их в специально построенных складах (см. рисунок 1, б). В этом случае товары заранее приближаются к потребителям и сроки их доставки после заключения контрактов на поставку товаров значительно сокращаются. Следовательно, потребность в формировании и развитии рынка логистических услуг определяется следующими факторами:

- появлением крупных фирм-производителей продукции;
- стремлением фирм расширить рынок сбыта продукции за счет максимально возможного приближения товаров к потребителям;
- стремлением компаний получить дополнительную прибыль за счет сокращения издержек не только в производственной сфере, но и по всей цепочке товародвижения, а также за счет увеличения продаж.

Крупнейшие фирмы-производители значительное внимание уделяют производственной логистике. При формировании принципов производственно-хозяйственной деятельности рассматриваются варианты:

- концентрации производства товаров на одном предприятии, расположенном на обособленной территории;
- рассредоточения производства товаров на нескольких предприятиях, в том числе на территории различных государств и континентов.

Концентрация производства товаров на одном предприятии позволяет максимально использовать преимущества массового производства, основанного на технологических процессах высокого уровня, что обеспечивает надлежащее качество выпускаемой продукции. Размещение производства в государствах с развивающейся экономикой позволяет получить снижение производственных издержек за счет более низкого уровня оплаты труда. Кроме того, достигается значительное снижение транспортных издержек и возможность быстрее доставить готовую продукцию потребителям. Крупнейшие фирмы-монополисты по производству отдельных видов товаров, как правило, выбирают последний вариант организации своей производственно-хозяйственной деятельности.

Практически все промышленно развитые страны, включая Республику Беларусь, осуществляют экспорт производств в другие страны, а также дают разрешения на создание на своей территории предприятий с иностранным капиталом. Эффективность таких решений заключается:

- в увеличении объемов выпуска промышленной продукции;
- сокращении производственных затрат на выпуск продукции и снижении себестоимости единицы товара;
- ускорении доставки товаров потребителям и увеличении объемов их продаж;
- снижении транспортных издержек за счет совершенствования логистики поставки комплектующих изделий и готовой продукции.

Производство товаров в развивающихся странах может быть настолько эффективным, что часть изготовленной продукции целесообразно возвращать для продажи в страны – экспортеры сырья и комплектующих изделий. При этом создаются возможности для дальнейшего повышения уровня использования транзитного потенциала республики за счет привлечения транзитных грузопотоков через территорию республики в Евразийском направлении. Значительная доля грузопотоков Евразийского направления в настоящее время осваивается морским транспортом. При этом варианте перемещения грузов значительно увеличивается расстояние и сроки доставки. Однако, как известно, провозные возможности морского транспорта ограничены. Поэтому возникает актуальная задача по проведению согласованной политики в развитии международных транспортных коридоров, обеспечивающих расширение узких мест в доставке грузов и увеличение провозных возможностей транзитных транспортных коридоров. Республика Беларусь заинтересована в привлечении на свою территорию транзитных грузопотоков, так как существующее распределение грузопотоков между транспортными коридорами, сложившееся в настоящее время на Евразийском направлении, не в полной мере учитывает потенциальные возможности республики.

Таким образом, развитие логистики в условиях глобализации экономики является востребованным благодаря действию законов: *приближения запасов товарной продукции к потребителям; распределения промышленного производства между промышленно развитыми и развивающимися странами.*

УДК 656.2.003

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ**

*С. Л. ШАТРОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*В. Л. ЖИГАЛОВ, М. В. СЕМИТКО*

*Белорусская железная дорога, г. Минск*

Наиболее эффективная система управления сложноорганизованных компаний корпоративного типа, как правило, основывается на принципах процессного подхода. В настоящее время в качестве элемента построения на железнодорожном транспорте современной процессно-ориентированной системы следует рассматривать использование Единой корпоративной интегрированной системы управления финансами и ресурсами (ЕК ИСУФР) – система класса ERP второго уровня, которая уже имеет некоторый набор схем бизнес-процессов. Система ЕК ИСУФР, построенная на базе SAP, представляет собой хорошо отлаженную годами эксплуатации оболочку, которая наполняется

структурированной учетной информацией на базе разработанной системы первичных документов и регистрации данных о доходах и затратах в местах их возникновения.

Необходимо отметить важность и целесообразность наблюдающейся трансформации учетной модели, ранее построенной на технических возможностях предшествующих поколений учетно-информационных систем, которые из-за излишней громоздкости детализации учета описывали технологию укрупненно, по укрупненным группам, основываясь на различных источниках получения информации, сформированных под запросы функционального подхода к управлению (первичные документы, учетные записи на счетах бухгалтерского учета, разделение затрат и их регистрация по принципам, заложенным в Номенклатуре расходов).

Так, созданная в настоящее время типовая подсистема бухучета автоматизирует весь бухгалтерский (и налоговый) учет предприятия в соответствии с законодательством Беларуси. В рамках локализации системы SAP ERP 6.0 бизнес-процессы, формуляры и отчетность автоматизируемых предприятий настроены и приведены в соответствие с требованиями белорусского бухгалтерского и налогового законодательства, разработан «Единый план счетов бухгалтерского учета», «Инструкция по применению Плана счетов» и т. д. Все это создает ряд преимуществ:

- снижение стоимости операций и документооборота;
- автоматизация аналитической деятельности с принятием управленческих решений и корректирующих мероприятий (принятие решений на основе объективных данных бизнес-анализа);
- прозрачность эффективности процессов;
- оптимизация численности сотрудников;
- сокращение времени коммуникаций и ускорение бизнес-процессов и др.

Однако эффект от цифровизации учетно-аналитической работы не будет полным, если в практической работе на всех уровнях управления не используются возможности современных информационных технологий. Необходимо отметить, что, несмотря на наличие технических возможностей, зачастую существует ряд причин, препятствующих ускоренному развитию: отсутствие или противоречие с действующим законодательством, неготовность персонала и менеджмента к бурному развитию IT-технологий и др.

Одним из «узких» мест, оказывающих существенное влияние на ускорение учетно-аналитических процессов, является сбор информации, который, как правило, сопровождается ее регистрацией, т. е. фиксацией информации на материальном носителе (документе, машинном носителе), вводом в автоматизированную систему. Безусловно, первичный учет занимает неотъемлемую часть в системе бухгалтерского учета, так как правильное построение первичного бухгалтерского учета дает возможность уже на стадии сбора информации контролировать технологический процесс и при необходимости вносить в него коррективы. Каждая хозяйственная операция, которая возникает в ходе деятельности предприятия и представляется в денежной форме независимо от ее содержания и объема, оформляется соответствующими первичными учетными документами.

При этом учетные данные могут возникать на рабочих местах в результате подсчета количества обработанных деталей, прошедших сборку узлов, изделий, выявления брака и т. д. В процессе сбора фактической информации производятся измерение, подсчет, взвешивание материальных объектов, подсчет денежных купюр, получение временных и количественных характеристик работы отдельных исполнителей.

На протяжении длительного времени формы первичной документации претерпевали значительные изменения. Ранее утверждались альбомы унифицированных форм, а после изменений в законодательстве стала возможной разработка собственных форм документации отраслевыми министерствами и, позже, предприятиями. Однако до сих пор запись во многие первичные документы осуществляется вручную, поэтому процедуры сбора и регистрации остаются пока наиболее трудоемкими, а процесс автоматизации документооборота – по-прежнему актуальным. Более того, согласно действующему Закону Республики Беларусь «О бухгалтерском учете и отчетности», первичный учетный документ – документ, на основании которого хозяйственная операция отражается на счетах бухгалтерского учета (то есть предполагается его материализация – бумажный вариант). На основании данных, содержащихся в таких документах, возникает возможность реализовать основные требования к бухгалтерскому учету, которые включают полноту формирования учетных сведений, их достоверность, своевременность и др.

С развитием цифровой экономики последующая трансформация ведения первичной документации стала вновь актуальной. ЕК ИСУФР как инструмент цифровизации создает предпосылки для за-

мены бумажных носителей на электронные формы представления данных. Каждая совершенная хозяйственная операция автоматически может отражаться в регистрах системы, что возможно определить как «цифровое событие». Наряду с этим возникает вопрос о необходимости перехода от заполнения первичной документации в том виде, в котором оно осуществляется сейчас, к оформлению первичных операций в соответствии с новыми возможностями развивающейся цифровой экономики. А если исходные данные для ведения учета и оформления отчетности были введены в автоматизированную систему, то нет проблем с автоматизацией формирования отчетов, даже нестандартных по запросу аппарата управления. Опыт внедрения автоматизированных систем показывает, что освобождение работников от необходимости вручную формировать первичные данные, возможность в режиме online посмотреть любую информацию на экране компьютера и при необходимости распечатать отчет делают работников сторонниками цифровизации, мотивирует их на качественный ввод первичной информации. Таким образом, любые формы «ручных» документов при внедрении автоматизированной системы должны быть искоренены из работы организаций железнодорожного транспорта, потому что их наличие снижает надежность и скорость формирования цифровых данных.

Таким образом, в связи с цифровизацией экономики происходит трансформация первичного учета, в котором электронные документы согласуются в информационной системе автоматизированно и проходят все этапы бизнес-процесса согласования в организации. В результате этого согласования вся первичная документация будет автоматически отражаться в ЕК ИСУФР, формируя электронный архив «цифровых событий» (операций), и привязываться к соответствующей управленческой и бухгалтерской отчетности, что позволит видеть не только первичную документацию, но и все связанные с ней финансовые документы конкретного бизнес-процесса.

#### Список литературы

- 1 Шатров, С. Л. Бухгалтерский менеджмент в системе управления организацией / С. Л. Шатров // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2015. – Вып. 8. – С. 120–131.
- 2 Шатров, С. Л. Процессный подход в системе управления железнодорожного транспорта: учетно-контрольные аспекты / С. Л. Шатров, Е. О. Фроленкова // Устойчивое развитие экономики: международные и национальные аспекты : электронный сборник статей II Междунар. науч.-практ. конф., 2018. – С. 471–475.
- 3 Шатров, С. Л. Процессный подход к аналитической оценке эффективности функционирования транспортных систем / С. Л. Шатров // Бухгалтерский учет и анализ. – 2018. – № 9 (261). – С. 14–22.
- 4 Шатров, С. Л. Учетные технологии цифровой экономики / С. Л. Шатров // Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности) : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2018. – Вып. 11. – С. 64–73.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кулаженко Ю. И.</i> Приветствие участникам конференции.....	3
--	---

### 6 НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

<i>Атрошко Е. К., Дралова И. П.</i> Определение осадок опор мостового перехода по результатам геодезических наблюдений.....	4
<i>Барилова И. В., Москалькова Ю. Г.</i> Резервы снижения экономических затрат и затрат времени при возведении фундаментов мелкого заложения .....	5
<i>Беленкова О. Ю.</i> Цифровая составляющая экономической безопасности строительства .....	7
<i>Беленкова О. Ю., Литвиненко А. В., Хорошун В. О.</i> Современные тенденции развития системы оценки качества строительства .....	9
<i>Белоусова Г. Н., Авчинникова Ю. А., Давидович А. Е.</i> Технологические особенности строительства сооружений по очистке сточных вод населенного пункта .....	11
<i>Бобрицкий С. М.</i> Прогнозирование безотказной работы несущих элементов табельных железнодорожных мостов.....	13
<i>Бондаренко В. О., Швед В. М., Яньшина Д. А., Сыс М. М.</i> Оценка остаточного ресурса зданий и сооружений.....	15
<i>Васильев А. А., Беляева Е. В., Кирюшина В. И.</i> К вопросу оценки технического состояния железобетонных элементов .....	17
<i>Васильев А. А., Беляева Е. В., Кирюшина В. И., Седун Е. В.</i> Оценка и прогнозирование коррозионной поврежденности железобетонных элементов и конструкций для различных эксплуатационных условий .....	19
<i>Васильев А. А., Дашкевич С. В.</i> Основные направления прогнозирования срока службы железобетонных конструкций искусственных сооружений.....	21
<i>Витовтова А. В.</i> Анализ аварийности конструкций производственных зданий на территории стран СНГ в период с 2001 по 2015 гг. ....	23
<i>Громыко Ю. В.</i> Регламентирование надежности и безопасности зданий и сооружений.....	25
<i>Грушунов В. В., Яшина Т. В.</i> Перспективы использования гелиоустановок при строительстве транспортных объектов .....	27
<i>Демидова Е. А., Титок В. В., Новак Е. В.</i> Влияние зимних условий на параметры бетонирования: принципы определения, причины, методы оценки .....	28
<i>Доломанюк Р. Ю.</i> Исследование и оценка коэффициентов, влияющих на процесс депассивации железобетонных элементов при определении долговечности мостовых переходов в комплексе транспортной сети Республики Беларусь.....	31
<i>Дралова И. П., Сырова Н. С.</i> Применение современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями сооружений .....	33
<i>Евстратенко А. В.</i> Особенности формирования структуры придорожного сервиса в Беларуси.....	35
<i>Захаренко З. Н.</i> Структура стоимости строительства зданий и сооружений. Влияние фактора неблагоприятных природных условий на ее увеличение .....	37
<i>Игнатов С. В.</i> Замена эскалаторов на минском железнодорожном вокзале .....	39
<i>Карамышев А. А.</i> Концепция стокадических ритмов в колористическом подходе к формированию визуальной городской среды.....	41
<i>Ковшар С. Н., Бабицкий В. В.</i> Проектирование состава полимербетона.....	43
<i>Козунова О. В.</i> Учет физической нелинейности материала железобетонных составных балок, контактирующих с упругим основанием .....	45
<i>Козунова О. В., Гурский Д. М.</i> Исследование осесимметрично нагруженной круглой фундаментной плиты на нелинейно-упругом основании .....	47
<i>Куновская Г. М., Яковцева О. И.</i> Съёмка лифтовой шахты тахеометром.....	49
<i>Куновская Г. М., Яковцева О. И.</i> Разбивочная основа на строительной площадке .....	50
<i>Максимов А. С., Демьяненко О. О.</i> Функции основных участников строительства на разных периодах жизненного цикла объекта строительства .....	52
<i>Малков И. Г., Малков И. И.</i> Современные привокзальные площади городов Беларуси .....	54
<i>Масловская Е. М., Масловская М. А., Давыдов П. В.</i> Повышение безопасности сооружения на основе определения оптимальных параметров экскаваторно-транспортного комплекта машин.....	56
<i>Масловская Е. М., Масловская М. А., Давыдов П. В.</i> Повышение надежности транспортного сооружения на основе выбора рационального организационного решения.....	58
<i>Михальцова И. В.</i> Процесс перепрофилирования как изменение функциональной нагрузки зданий.....	60

<i>Никогосян Н. И., Беленкова О. Ю., Литвиненко А. В., Топоровский И. К.</i> Определение организационно-технологической надежности реализации проектных решений.....	62
<i>Новак Е. В.</i> Способы определения изменения параметров строительства в зимних условиях на разных стадиях проектирования.....	63
<i>Сыс М. М., Гетикова М. А.</i> Развитие экостроительства на примере возведения огнестойких домов из соломенных блоков.....	66
<i>Ташкинов А. Г., Козунова О. В.</i> Повышение энергоэффективности тепловой обработки бетонных изделий.....	68
<i>Титкова Т. С., Плотко С. Ф.</i> Подземные паркинги в составе транспортной инфраструктуры г. Гомеля.....	70
<i>Чугунова А. С.</i> О совместном влиянии морозной деструкции и карбонизации на бетон.....	72
<i>Шидловская Е. И.</i> Ландшафтный дизайн территории предприятия.....	74
<i>Шимановский А. О., Дьяков Д. В., Чирта П. П.</i> Совершенствование элементов конструкций эскалаторов метрополитена.....	75
<i>Шимановский А. О., Якубович О. И., Шуберт А. Ю.</i> Влияние физических констант заполнителя на напряженно-деформированное состояние строительных композитов.....	77
<i>Щеглова А. В.</i> Реконструкция существующего фонда дошкольных учреждений образования в зависимости от периода проектирования и строительства.....	78
<i>Яшина Т. В.</i> Строительные композиты для транспортных объектов, оптимизированные по интенсивной технологии.....	80
<i>Яшина Т. В., Яшин В. В.</i> Повышение энергоэффективности и безопасности зданий и сооружений на транспорте.....	82

## 7 БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

<i>Атажанов М., Носиров Ш.</i> Влияние организации движения пешеходов на процесс дорожного движения.....	85
<i>Атажанов М., Носиров Ш.</i> Внедрение и применение интеллектуальных систем в светофорах регулируемых пешеходных переходов в целях разгрузки дорог во время пробок и увеличения их пропускной способности.....	86
<i>Белоус А. Н.</i> IT-культура применения мобильных приложений для пассажиров на железнодорожном транспорте.....	88
<i>Бойкачева Е. В., Бойкачев М. А.</i> Система маркетинговой коммуникации в пассажирских перевозках на железнодорожном транспорте.....	89
<i>Булавина О. Н., Ярош Т. С.</i> Некоторые особенности перевода английской терминологии по теме «безопасность пассажирских перевозок».....	91
<i>Вакуленко С. П., Евреенова Н. Ю.</i> Использование имитационного моделирования при оперативном управлении работой транспортно-пересадочного узла.....	93
<i>Власюк Т. А.</i> Анализ социально-территориальной структуры пространства агломерации в контексте развития пассажирских перевозок.....	95
<i>Власюк Т. А.</i> Особенности организации безбарьерной среды для пассажиров на железнодорожных вокзалах Вены (Австрия).....	97
<i>Гавриловец В. Г.</i> Особенности оказания первой помощи при дорожно-транспортных происшествиях.....	100
<i>Гизатуллина В. Г., Гизатуллина В. А.</i> Эффективное использование трудовых ресурсов пассажирского хозяйства железной дороги как фактор экономической безопасности.....	102
<i>Гоголева А. В.</i> Риск-ориентированный подход к прогнозированию средней участковой скорости движения грузовых поездов.....	104
<i>Головнич А. К.</i> Применение BIM-технологии при разработке планов реконструкции пассажирских станций.....	106
<i>Головнич А. К., Малков И. Г.</i> Компьютерное макетирование проекта развития города и железнодорожной станции.....	107
<i>Гришанкова Н. А.</i> О семантической насыщенности научно-технических текстов по вопросам безопасности пассажирских перевозок.....	109
<i>Ерофеев А. А., Рибиченок А. Ю.</i> Моделирование пассажиропотоков с использованием пакета AnyLogic.....	111
<i>Ерофеев А. А., Ван Юйбянь.</i> Задачи организации взаимодействия существующей и высокоскоростной железнодорожных систем.....	114
<i>Ефимчик К. В., Марданов А. В.</i> К вопросу обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь.....	115
<i>Капский Д. В., Базаревич О. В.</i> Анализ методик оценки вреда от выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом.....	117
<i>Капский Д. В., Базаревич О. В.</i> Модели оценки вреда от выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом.....	119
<i>Капский Д. В., Кузьменко В. Н.</i> Оценка организационно-планировочного решения при реконструкции кольцевых пересечений в одном уровне.....	121

<i>Капский Д. В., Кузьменко В. Н., Полховская А. С., Горелик Е. Н., Коржова А. В.</i> Исследования характеристик системы городского пассажирского транспорта в Новополоцке для разработки плана устойчивого развития и мобильности.....	123
<i>Капский Д. В., Кузьменко В. Н., Полховская А. С., Горелик Е. Н., Коржова А. В.</i> Негативное влияние дорожного транспорта на городскую среду Полоцка и Новополоцка .....	125
<i>Капский Д. В., Кузьменко В. Н., Полховская А. С., Горелик Е. Н., Коржова А. В.</i> Характеристика городского пассажирского транспорта Полоцка .....	127
<i>Капский Д. В., Кузьменко В. Н., Полховская А. С., Горелик Е. Н., Коржова А. В.</i> Оценка возможности достижения целевых индикаторов снижения выбросов парниковых газов при различных вариантах мер.....	129
<i>Капский Д. В., Кузьменко В. Н., Полховская А. С., Горелик Е. Н., Коржова А. В., Луцкович А. С.</i> Исследования велотранспортной инфраструктуры и передвижений в крупнейшем городе .....	131
<i>Кизляк О. П., Коровяковский К. Е.</i> К вопросу об использовании технологии распределенного реестра в логистике .....	133
<i>Кизляк О. П., Сергеева Т. Г.</i> К вопросу выбора рациональных мероприятий по повышению пропускной способности железнодорожных участков.....	134
<i>Копытков В. В.</i> Анализ использования гидравлического оборудования в МЧС Республики Беларусь и сопредельных странах при организации пассажирских перевозок .....	137
<i>Котенко А. Г., Кизляк О. П., Малахова Т. А.</i> Мультимодальные перевозки как механизм повышения конкурентоспособности железнодорожных пассажирских перевозок .....	138
<i>Котик В. В., Гриценко Н. В., Яковенко В. Г.</i> Государственное регулирование перевозок .....	140
<i>Кузнецов В. Г., Ерофеев А. А., Захаревич А. А.</i> Риски несоответствия наличного парка вагонов локомотивной тяги потребным объемам пассажирских перевозок.....	142
<i>Кулаженко Ю. И.</i> Ретроспективный анализ мировых тенденций высокоскоростного пассажирского сообщения .....	144
<i>Кулаженко Н. В., Любочко Н. А.</i> Особенности методики преподавания русского языка как иностранного для граждан КНР по специальности «Управление процессами перевозок».....	146
<i>Мельник Т. С.</i> Дополнительные эффекты как определяющие показатели улучшения организации пассажирских перевозок.....	147
<i>Мельник Т. С., Христофор О. В.</i> Безопасность как определяющий показатель общей оценки конкурентоспособности железнодорожных пассажирских перевозок.....	150
<i>Михальченко А. А., Коцур В. С.</i> К вопросу о необходимости реформирования пассажирской транспортной системы .....	153
<i>Михальченко А. А., Прокофьев В. А.</i> К вопросу о необходимости создания пассажирских транспортно-логистических терминалов на Белорусской железной дороге .....	155
<i>Михальченко А. А., Ходоскина О. А.</i> Актуализация производительности труда в современных условиях работы транспорта .....	157
<i>Новиков С. П.</i> Исторический анализ развития методов математического моделирования пассажиропотоков на транспорте.....	159
<i>Пазойский Ю. О., Савельев М. Ю., Попова Н. В.</i> Алгоритм построения графика движения и графика оборота пригородных поездов в выходные дни недели .....	160
<i>Папсуев Д. В., Потапенко С. В.</i> К вопросу о ликвидации чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте при пассажирских перевозках.....	166
<i>Романов Н. Н., Кизляк О. П., Ковалев К. Е.</i> К вопросу оценки пропускной способности железных дорог в условиях чрезвычайных ситуаций.....	168
<i>Сидорова Л. Г.</i> Пути повышения доходов от пассажирских перевозок как одно из условий экономической безопасности железнодорожной отрасли.....	170
<i>Топоровский А. М.</i> Нерешенные проблемы диагностики и выявления причин внеплановых замен колесных пар пассажирских вагонов.....	172
<i>Ходоскина О. А.</i> Место логистических ресурсов в работе железнодорожного транспорта.....	174
<i>Ходоскина О. А.</i> Современный подход к учету затрат железнодорожного транспорта .....	176
<i>Шатров С. Л., Шуплякова Н. С., Кузнецова Н. С., Кравец В. Я.</i> Контрольно-аналитические мероприятия в системе обеспечения экономической безопасности пассажирских перевозок.....	178
<i>Шилько С. В., Кузьминский Ю. Г., Борисенко М. В., Бондаренко К. К.</i> Метод анализа гемодинамических процессов в реальном масштабе времени с использованием различных источников диагностической информации .....	180
<i>Шорец Т. В.</i> Использование форсайт-технологий в управлении пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте .....	181
<i>Ли Конгни.</i> Оптимизация пассажиропотоков при организации высокоскоростной железной дороги Цзянмэнь–Маомин (Passenger flow characteristics analysis and train operating organization optimization for Jiangmen-Maoming high speed railway).....	183

<i>Хэ Хонг.</i> Оптимизация маршрутов следования пассажиров на вокзалах железнодорожных станций при организации высокоскоростного движения (A study on passenger access route selection and optimization based on layout of facilities throughout high-speed railway station) .....	184
---	-----

## 8 ФИЗИКА, МЕХАНИКА И МАТЕМАТИКА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

<i>Андреев А. И., Кокин С. М., Никитенко В. А., Пауткина А. В.</i> Использование цифровых оптических методик для контроля качества материалов, используемых на транспорте.....	185
<i>Бабайцев А. В., Соляев Ю. О., Рабинский Л. Н.</i> Метод приближенной оценки напряжений в толстостенной осесимметричной композитной конструкции .....	187
<i>Бабич С. Ю.</i> Резонансные явления в динамических контактных задачах для упругих тел с начальными напряжениями .....	187
<i>Багно А. М., Шурук Г. И.</i> Влияние сжимаемости жидкости на нормальные волны в системе слой идеальной жидкости на упругом полупространстве .....	189
<i>Бодрышев В. В., Тарасенко О. С.</i> Методика цифровой обработки теневых снимков сверхзвукового обтекания элементов конструкций летательных аппаратов различной формы по параметру интенсивность изображения .....	191
<i>Бойков А. А., Серпичева Е. В., Шишкин С. В.</i> Метод расчета контактной нагрузки в соединении трубопроводов с С-образным металлическим деформируемым уплотнением .....	192
<i>Bolshakov R. S., Dimov A. V., Eliseev S. V., Eliseev A. V.</i> Features estimation of force parameters in dynamic interactions of elements of mechanical oscillation systems .....	192
<i>Гафуров У. С., Земсков А. В., Тарлаковский Д. В.</i> Метод построения поверхностных функций Грина в задаче о нестационарных упругодиффузионных колебаниях балки Тимошенко .....	194
<i>Гетманов А. Г., Рабинский Л. Н.</i> Оценка прочности защитных порошковых покрытий в условиях сложного напряженного состояния .....	196
<i>Глухов Ю. П.</i> Представление решения задачи о реакции многослойного сжимаемого основания с начальными напряжениями на подвижную нагрузку .....	197
<i>Гундина М. А., Ширвель П. И.</i> Обзор функциональных возможностей системы Mathematica для обработки геоданных .....	199
<i>Гуштын А. В., Сорокин В. Г., Медведь А. В., Пыжик Т. Н.</i> Импортзамещающее покрытие на основе терморектопласта для шлицевой втулки карданного вала с повышенными параметрами триботехнических и адгезионных характеристик .....	201
<i>Давыдов С. А., Земсков А. В.</i> Термоупругодиффузионный слой под действием нестационарных динамических возмущений.....	203
<i>Дмитриев В. Г., Егорова О. В.</i> Математическое моделирование существенно нелинейных начально-краевых задач для исследования процессов деформирования неоднородных и многосвязных сред и систем.....	204
<i>Дмитриев В. Г., Егорова О. В., Рабинский Л. Н.</i> Исследование особенностей деформирования упругих неоднородных арок и панелей при больших перемещениях и углах поворота нормали .....	205
<i>Елисеев А. В., Николаев А. В., Елисеев С. В.</i> Динамические свойства структурных образований в механических колебательных системах .....	206
<i>Жаворонок С. И., Курбатов А. С., Рабинский Л. Н., Васильев И. В.</i> Исследование динамического поведения тонкостенных элементов конструкций при селективном лазерном спекании .....	207
<i>Жаворонок С. И.</i> О различных вариантах уравнений совместности в теории оболочек $n$ -го порядка.....	208
<i>Жаворонок С. И.</i> Об обобщенных уравнениях воронца в теории оболочек $n$ -го порядка и их приложению к задачам о дисперсии волн в неоднородных тонких телах.....	209
<i>Захарчук Ю. В.</i> Влияние сжимаемости заполнителя на деформирование трехслойной пластины.....	209
<i>Зверев Н. А., Земсков А. В.</i> Постановка нестационарной задачи упругой диффузии для изотропного сплошного цилиндра.....	212
<i>Зеленая А. С.</i> Цилиндрический изгиб упругой прямоугольной трехслойной пластины со сжимаемым заполнителем .....	213
<i>Земсков А. В., Файкин Г. М., Тарлаковский Д. В.</i> Постановка задачи о нестационарном изгибе консольно-закрепленной балки Эйлера – Бернулли с учетом диффузии .....	215
<i>Киричок И. Ф.</i> Колебания и виброразогрев жестко заземленной вязкоупругой цилиндрической оболочки с пьезо-актуаторами при учете ее гибкости и деформации сдвига .....	217
<i>Козел А. Г., Оконечников А. С.</i> Упругопластический изгиб трехслойной пластины, заземленной по контуру, на сложном основании.....	218
<i>Кузнецова Ек. Л.</i> Класс экономичных абсолютно устойчивых методов расщепления численного решения уравнений параболического типа со смешанными дифференциальными операторами.....	220



<i>Курбатов А. С., Орехов А. А.</i> Анализ нелинейной динамики неоднородных пористых цилиндрических оболочек под действием осевых сил и внешнего давления .....	221
<i>Левченко В. В.</i> Плоскополяризованные волны сдвига в регулярно-слоистых средах при неидеальном контакте на границах раздела .....	221
<i>Левченко В. В.</i> Электроупругие объемные волны сдвига в сегнетоэлектриках .....	223
<i>Леоненко Д. В.</i> Свободные колебания трехслойных круговых пластин в температурном поле .....	225
<i>Локтева Н. А., Иванов С. И.</i> Взаимодействие плоской волны с однородной преградой в акустической среде .....	226
<i>Лин Чжо Аунг, Рабинский Л. Н.</i> Моделирование остаточного напряженно-деформированного состояния наномодифицированной матрицы панелей из углепластика .....	228
<i>Медведский А. Л., Мартиросов М. И., Хомченко А. В.</i> Динамика подкреплённых композитных элементов конструкций с множественными межслоевыми дефектами под действием нестационарных нагрузок....	229
<i>Мейш В. Ф., Мейш Ю. А.</i> Построение численного алгоритма решения уравнений динамики грунтовых сред в неортогональной системе координат .....	230
<i>Мейш В. Ф., Орленко С. П., Мейш Ю. А.</i> Численное моделирование динамического поведения трехслойных цилиндрических оболочек с дискретным ребристым наполнителем при продольном ударе .....	232
<i>Мискевич Р. В., Сорокин В. Г., Севашико А. В., Пыжжик Т. Н.</i> Съёмник для среднегабаритных машиностроительных деталей .....	234
<i>Можаровский В. В., Кузьменков Д. С., Москалева М. В.</i> Реализация расчета математической модели контактного взаимодействия индентора со слоем из композита .....	235
<i>Морзунова А. А., Рабинский Л. Н.</i> Определение деформации материалов и шероховатости их поверхности на основе анализа цифровых фотографий .....	237
<i>Нестерович А. В.</i> Перемещения и деформации при термосиловом осесимметричном нагружении круговой трехслойной пластины в своей плоскости .....	237
<i>Новиков С. П., Руденко М. А.</i> Оптимизация формы петли для разворота вагонов при произвольном расположении центра окружности.....	239
<i>Орехов А. А., Рабинский Л. Н.</i> Построение модели анализа напряженно-деформированного состояния тел, созданных методами аддитивных технологий .....	241
<i>Погодин В. А., Рабинский Л. Н., Ситников С. А.</i> Исследование свойств полимер-керамического материала для изготовления газоразрядной камеры электрического ракетного двигателя .....	241
<i>Погодин В. А., Рабинский Л. Н., Ситников С. А.</i> Разработка аддитивной технологии для изготовления газоразрядной камеры электрического ракетного двигателя из полимер-керамического материала.....	242
<i>Поддубный А. А., Гордон В. А.</i> Динамическое догружение балки вследствие внезапного изменения структуры упругого основания .....	244
<i>Поляков П. О., Рабинский Л. Н.</i> Исследование теплопереноса в плоской тепловой трубе при различной ориентации в пространстве .....	245
<i>Поляков П. О., Рабинский Л. Н., Соляев Ю. О.</i> Топологическая оптимизация структуры фитиля в плоских теплоотводящих основаниях, работающих по принципу тепловых труб.....	246
<i>Попов В. Б.</i> Математическое моделирование колебаний рабочего места механизатора мобильного сельскохозяйственного агрегата .....	246
<i>Портнов В. И., Богомолова Е. С., Антонова К. С., Чилинова П. С.</i> Исследование динамики трения с помощью кинокамеры.....	248
<i>Портнов В. И., Кощеева Е. О.</i> Экспериментальное исследование различных видов трения с помощью видеосъёмки на примере колеса Максвелла .....	250
<i>Пшеничных С. Г.</i> Нестационарные динамические задачи для вязкоупругих слоистых композитов.....	251
<i>Рабинский Л. Н., Тушавина О. В., Файкин Г. М.</i> Методология теплозащиты современных высокоскоростных летательных аппаратов в условиях высокоинтенсивных воздействий кислородосодержащих сред	253
<i>Рабинский Л. Н., Тушавина О. В.</i> Математическое моделирование теплозащиты современных высокоскоростных летательных аппаратов с учетом газодинамических течений и анизотропных сред.....	254
<i>Скачэк П. Д.</i> Расчет реактивных давлений и фактической зоны контакта в шарнирном узле балки, опираемой на стены .....	255
<i>Скорород А. З.</i> Оценка линейного износа облученных полимеров вариацией механических характеристик методами теории подобия .....	257
<i>Старовойтов Э. И., Михайлова Е. Ю., Тарлаковский Д. В., Федотенков Г. В.</i> Функция влияния для упругого полупространства с покрытием типа мембраны .....	259
<i>Старовойтов Э. И., Плескачевский Ю. М., Рязанцева М. Ю.</i> Применение и расчет трехслойных элементов конструкций, работающих в температурном поле .....	261
<i>Сторожук Е. А., Максимюк В. А., Чернышенко И. С.</i> Взаимовлияние прямоугольных отверстий в нелинейно-упругой композитной цилиндрической оболочке .....	263
<i>Сулейменов И. Э., Кабушев Ш. Б., Кадыржан К. Н., Евстифеев В. Н., Витулёва Е. С.</i> К вопросу о макроскопическом регулировании автотранспортных потоков в мегаполисах .....	265

<i>Тант Зин Хэйн, Чжоу Йе Ко, Рабинский Л. Н.</i> Исследование тепловых свойств полимерных материалов за счет введения сферических включений .....	267
<i>Тху Аунг Чжоу, Рабинский Л. Н.</i> Решение контактной задачи для цилиндрических оболочек различного поперечного сечения, зажатых между абсолютно жесткими пластинами .....	268
<i>Ткаченко О. И., Ткаченко К. А., Ткаченко А. А.</i> Моделирование транспортных объектов и процессов обеспечения их безопасности .....	268
<i>Тушавина О. В.</i> Исследование систем тепловой защиты летательных аппаратов при нестационарных воздействиях различной физической природы .....	270
<i>Тушавина О. В.</i> Методология теплозащиты современных высокоскоростных летательных аппаратов в условиях высокоинтенсивных воздействий кислородосодержащих сред .....	271
<i>Файзибаев Ш. С., Уразбаев Т. Т., Нафасов Ж. Х.</i> Повышение механических свойств боковой рамы двухосной тележки грузовых вагонов .....	272
<i>Формалев В. Ф., Колесник С. А., Кузнецова Е. Л.</i> Распространение температурных солитонов в ограниченных областях .....	273
<i>Формалев В. Ф., Кузнецова Е. Л.</i> Исследование влияния коэффициентов тензора теплопроводности композиционных материалов на тепловые потоки от высокоскоростных газодинамических течений .....	275
<i>Чаганова О. С.</i> Влияние жесткости связей в системе «груз – упаковка – вагон» на ускорение груза при перевозке в крытом вагоне .....	276
<i>Чикмарева А. А., Портнов В. И.</i> Экспериментальное исследование нелинейной зависимости утечки тепла из термостата от внутренней температуры .....	278
<i>Шикун Е. Н.</i> Модель нелинейного деформирования слоисто-волоконистых материалов с физически нелинейными компонентами .....	280
<i>Шинкевич А. Н.</i> Эргономика восприятия количественной информации .....	282
<i>Яровая А. В.</i> Цилиндрический изгиб прямоугольной трехслойной пластины локальными нагрузками с учетом неполного опирания на упругое основание .....	284

## 9 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

<i>Астафьев А. В., Куренков П. В., Никитина А. Н., Цуцков А. А.</i> Транспортные коридоры в мирохозяйственных связях .....	286
<i>Барановская Т. А., Зекова В. В.</i> Белорусский экспорт транспортных услуг в современных условиях .....	288
<i>Быченко О. В., Быченко О. Г.</i> Мотивации труда как фактор повышения экономической безопасности на железнодорожном транспорте .....	290
<i>Галкина И. В.</i> Обеспечение экономической безопасности на основе совершенствования государственного регулирования .....	292
<i>Гончар М. А.</i> Экономическая безопасность транспортных систем в условиях развития конкуренции на железнодорожном транспорте .....	294
<i>Дейнека А. Г., Котик В. А.</i> Экономическая безопасность использования вагонов .....	296
<i>Дейнека А. Г., Позднякова Л. А., Чирица И. П., Карабаджак В. В.</i> Эффективность труда – залог экономической безопасности .....	298
<i>Еловой И. А., Жигалов В. Л.</i> Обоснование рентабельности транспортного хозяйствующего субъекта с учетом рисков .....	300
<i>Еловой И. А., Осипенко Л. В.</i> Новые подходы к формированию тарифов на перевозку грузов железнодорожным транспортом .....	300
<i>Ефремова Е. Н.</i> Особенности перемещения нефти и нефтепродуктов в странах Евразийского экономического союза трубопроводным транспортом .....	302
<i>Жердев Н. Д., Мирошниченко Ю. В., Челябинова Н. Г.</i> Логистика как экономическая безопасность .....	304
<i>Здановская Н. В.</i> Подходы к перераспределению финансовых ресурсов в крупных многоуровневых компаниях .....	307
<i>Кекиш Н. А.</i> Проблемы обеспечения экономической безопасности железнодорожного транспорта в условиях конкуренции и инновационного развития .....	309
<i>Кожевникова И. А.</i> Рыночное реформирование железнодорожных пассажирских перевозок в контексте экономической безопасности .....	311
<i>Коришева О. В.</i> Формирование системы оценки экономической безопасности транспортной компании .....	312
<i>Котик В. А., Тимофеева Т. Е., Куделя В. И.</i> Государственное регулирование экономической безопасности железнодорожного транспорта .....	315
<i>Кушиеров Д. Н., Негрей Т. Г.</i> Конкурентоспособность тарифов на перевозки пассажиров железнодорожным транспортом и их прогнозирование .....	317
<i>Литатова О. В., Маслак Е. М., Парфенов Е. И.</i> Цифровая железная дорога: понятие, состояние и направления развития .....	319

<i>Липатова О. В., Парфенов Е. И., Маслак Е. М. Инновационные технологии в области цифровизации логистической сферы</i> .....	321
<i>Липатова О. В., Шатров С. Л., Киреня Е. А. Оценка эффективности использования недвижимого имущества в системе обеспечения экономической безопасности транспортных организаций</i> .....	323
<i>Митренкова А. В. Логистические издержки в интегрально-логистических цепях</i> .....	325
<i>Позднякова Л. А., Котик В. В. Экономическая безопасность перевозок</i> .....	327
<i>Потёмкина Т. Г. Внутренний водный транспорт в логистической цепи поставок предприятий строительного комплекса Республики Беларусь</i> .....	329
<i>Преображенский Д. А., Жило М. Е., Мухамадшоев Ф. К., Герасимова В. А. Организация контейнерных перевозок за рубежом</i> .....	330
<i>Самусев Н. С., Астафьев А. В., Бабин Д. Г., Евдокимова В. Е., Лукьянок А. М. Терминология цифровых технологий в транспортной логистике</i> .....	332
<i>Соколов Ю. И., Коришева О. В. Анализ работы транспортного комплекса России с позиций обеспечения национальной экономической безопасности</i> .....	334
<i>Сыцко А. Ф. Экономическая безопасность на железнодорожном транспорте</i> .....	336
<i>Федива Н. С., Даниленко А. В., Кравченко А. В. Формирование оценочных резервов как учетной основы снижения финансового риска для предприятий железнодорожного транспорта</i> .....	338
<i>Фроленкова Е. О., Цыбуревкина Д. Г. Процессный подход к управлению в системе обеспечения экономической безопасности транспортных организаций</i> .....	340
<i>Хурса С. М. Перспективное развитие транспортного комплекса</i> .....	342
<i>Чижонков В. Д. О законах логистики</i> .....	344
<i>Шатров С. Л., Жигалов В. Л., Семитко М. В. Информационные технологии как средство реализации процессного подхода к управлению на железнодорожном транспорте</i> .....	346

Научно-практическое издание

**ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ**

Материалы IX Международной научно-практической конференции

Часть 2

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Корректоры: *А. А. Павлюченкова, Т. А. Пугач, Л. С. Ретикова, И. И. Эвентов*  
Компьютерная верстка – *Е. И. Кудрявская, Т. В. Переверзева, С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 22.11.2019 г. Формат 60x84 1/8.  
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 41,39. Уч.-изд. л. 37,64. Тираж 50 экз.  
Зак. №. 4317. Изд. № 85.

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 978-985-554-880-6

