

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



ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ БелИИЖТа – БелГУТа

Часть 2

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

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ БелИИЖТа – БелГУТа
(Гомель, 16–17 ноября 2023 г.)

Часть 2

Под общей редакцией *Ю. И. КУЛАЖЕНКО*

Гомель 2023

УДК [656.0+69.0]:001.895
ББК 39.1+38
И66

Редакционная коллегия:

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

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **Ю. М. Плескачевский**
(член-корреспондент НАН Беларуси);
доктор технических наук, профессор **Ю. О. Пазойский**
(Московский государственный университет путей сообщения)

И66 **Иновационное развитие** транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа (Гомель, 16–17 ноября 2023 г.) : в 2 ч. Ч. 2 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 395 с.

ISBN 978-985-891-128-7 (ч. 2)

Рассматриваются теоретические и организационно-технические основы инновационного развития транспортного и строительного комплексов; результаты исследований в области естественных наук; тенденции развития образовательных технологий и воспитания специалистов; инновационные технологии организации пассажирских перевозок; вопросы истории транспорта и транспортного образования; инновационные подходы в обеспечении транспортной безопасности.

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

УДК [656.0+69.0]:001.895
ББК 39.1+38

ISBN 978-985-891-128-7 (ч. 2)
ISBN 978-985-891-126-3

© Оформление. БелГУТ, 2023

**УВАЖАЕМЫЕ ПРЕПОДАВАТЕЛИ, УЧЕННЫЕ,
АСПИРАНТЫ, СТУДЕНТЫ И РАБОТНИКИ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ТРАНСПОРТА!**

От имени Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и от себя лично примите сердечные поздравления по случаю 70-летия со дня основания Белорусского государственного университета транспорта!

Университет имеет богатую историю и является важным научно-образовательным центром, вносящим значительный вклад в развитие экономики нашей страны. Вы являетесь ведущей организацией в области подготовки кадров для транспортной, строительной и логистической областей. Университет готовит квалифицированных специалистов, способных решать сложные задачи в самых разных сферах.

Сегодня БелГУТ не только предоставляет качественное образование, но и активно участвует в научно-исследовательской и инновационной деятельности, способствуя развитию транспорта, техники и технологий в Республике Беларусь. Сотрудничество с государственными органами и транспортными организациями, проведение научных исследований и разработок, а также участие в проектах национального значения подтверждают репутацию университета как лидера в данной области. Мы гордимся вашими достижениями и видим большой потенциал в развитии университета!

Продолжайте вдохновлять и обучать будущих инженеров и достойных руководителей для организаций нашей страны на основании традиций, сформированных за 70 лет яркой жизни Белорусского государственного университета транспорта!

От всей души желаю вам и вашим близким крепкого здоровья, счастья и благополучия, мира и процветания, успехов и новых профессиональных достижений!

С юбилеем, дорогие друзья!

А. А. ЛЯХНОВИЧ,
Министр транспорта и коммуникаций
Республики Беларусь

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ ЮБИЛЕЙНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ!

От имени оргкомитета Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов» приветствую вас, желаю всем плодотворной работы, успехов в обсуждении сложнейших проблем транспорта и транспортного строительства.

Конференция проводится в год 70-летия нашего университета и посвящена этому знаменательному для нашего коллектива событию. Проведение научно-исследовательских работ по транспортной и строительной тематике всегда являлось одним из приоритетных направлений деятельности ученых и специалистов Белорусского государственного университета транспорта. В тесном сотрудничестве со специалистами Белорусской железной дороги, предприятиями транспортного и промышленного комплексов Беларуси, России, Китая, Узбекистана, Казахстана, Туркменистана учеными БелГУТа найдены эффективные технические решения в организации и совершенствовании технологий перевозок, эксплуатации и ремонте подвижного состава, пути, систем автоматики и связи.

Выражаю уверенность, что обмен мнениями по этим и другим вопросам, активное сотрудничество специалистов в различных направлениях деятельности позволят найти взвешенное, комплексное решение многих поставленных задач.

Проведение конференции мы рассматриваем как возможность ознакомить участников с научными достижениями специалистов и ученых вузов и научно-исследовательских институтов, установить новые контакты и оказать помощь транспортным и строительным организациям в решении различных научно-технических задач.

Открывая конференцию, я не могу не отметить внимание, большую помощь, которую оказывают Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, Белорусская железная дорога в проведении ставшей уже традиционной юбилейной конференции.

Благодарю вас за участие в работе нашей конференции и желаю всем успехов в решении научных и производственных проблем, личного счастья, крепкого здоровья!

Ю. И. КУЛАЖЕНКО,
*председатель оргкомитета конференции,
ректор Белорусского государственного университета транспорта,
доктор физико-математических наук*

7 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.01/.07:620.172.21

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДЕФОРМАЦИЙ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ

Е. К. АТРОШКО, И. П. ДРАЛОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений возникает необходимость в наблюдениях за их стабильностью в плане и по высоте. Под действием веса сооружения происходит сжимание и оседание грунта под фундаментом. Если грунты сжимаются равномерно, то происходит осадка сооружения, которая со временем затухает и прекращается. Если грунты оседают неоднородно, то возникают неравномерные осадки, которые могут вызывать различные виды деформаций всего сооружения или отдельных его частей, такие как крены, прогибы, перекосы конструкций и их кручение, трещины, а также разрывы.

Числовые характеристики деформаций сооружений можно получить по результатам геодезических измерений и наблюдений и использовать полученные данные для разработки мероприятий по предотвращению возможных негативных последствий.

Рассмотрим основные геодезические способы для определения элементов деформаций сооружений различной геометрической формы.

Для определения крена сооружения прямоугольной формы, который характеризуется отклонением вертикальной оси сооружения от отвесной линии используют теодолит или тахеометр, прошедший поверку. Наводят трубу теодолита при круге «лево» и круге «право» на верх угла здания и затем опускают трубу теодолита до основания фундамента здания и рулеткой измеряют линейную величину крена сооружения. Затем теодолит переставляют в перпендикулярном направлении на угол 90° и определяют аналогично линейную величину крена со второй стоянки.

Полученную линейную величину крена угла здания (Q) определяют по формуле

$$Q = \sqrt{q_1^2 + q_2^2}, \quad (1)$$

где q_1^2, q_2^2 – линейная величина крена с первой и второй стоянок теодолита соответственно.

Угловую величину крена сооружения можно определить по формуле

$$\varphi = \arcsin \frac{Q}{H}, \quad (2)$$

где φ – угол между отвесными и наклонными направлениями оси сооружения; H – высота здания.

Для указания направления крена сооружения относительно частей света с помощью ориентирбуссоли на каждой стоянке теодолита измеряют магнитный азимут и указывают северное направление магнитного меридиана.

Для сооружений башенного типа (дымовые трубы, домны, силосные башни элеваторов) крен определяется проектированием теодолитом с двух взаимно перпендикулярных направлений центра верхней части сооружения на основание его фундамента. Разница в положении проекций центров верхних и нижних частей фундамента определяет величину направления крена. Для нахождения теодолитом центра верхней части сооружения используют отсчеты по горизонтальному кругу на левую и правую грани верха дымовой трубы. Затем по этим отсчетам вычисляют среднее арифметическое значение и устанавливают его на лимбе теодолита. Этот отсчет показывает направление на центр верха сооружения. Далее проектируют теодолитом это положение на низ основания фун-

дамента сооружения и отмечают его риск. Затем аналогично находят центр низа дымовой трубы и рулеткой измеряют линейную величину крена между центрами верха и низа сооружения. Потом переставляют теодолит в перпендикулярное положение и определяют линейную величину крена сооружения со второй стоянки. Полную линейную и угловую величины кренов определяют по формулам (1) и (2).

Неравномерные осадки углов зданий могут вызвать дополнительные напряжения в несущих конструкциях, в результате чего появляются перекосы, приводящие к изменению геометрических форм оконных проемов и смещению надфундаментных строений (колон, ригелей, панелей и других элементов). При этом могут возникать деформации изгиба фундамента сооружения ригелей и панелей перекрытий.

Различают два вида изгиба. При изгибе выпуклостью вверх стрела изгиба принимается отрицательной, а сам изгиб называется выгибом. При изгибе выпуклостью вниз стрела изгиба принимается положительной, а сам изгиб называется прогибом.

Для определения величины изгиба используется способ геометрического нивелирования, при котором вдоль продольной и поперечной оси фундамента, ригеля или панели нивелиром снимают отсчеты по рейке, установленной в трех точках конструкции и по полученным результатам определяют высоты точек на концах фундамента, ригеля или панели и в их середине. Величина относительного изгиба

$$f_{\text{отн}} = \frac{2H_3 - H_1 + H_2}{L_1 + L_2},$$

где H_1 и H_2 – высота точек на концах конструкции; H_3 – высота точки в середине фундамента; L_1 и L_2 – расстояние от граней фундамента до точки изгиба в ее середине.

При определении величины изгиба на фундаменте нивелирную рейку устанавливают нулем вниз, а при определении изгиба ригелей и панелей рейку приставляют к низу ригеля или панели нулем вверх. Для определения деформации наклона колон в продольном и поперечном направлениях можно использовать способ вертикального проектирования теодолитом верха оси колоны на ее низ, так же как и для определения крена сооружений прямоугольной формы.

Определение деформаций прямолинейности стеновых панелей сооружений можно использовать способ бокового нивелирования теодолитом, при котором на концах стены устанавливается базисное расстояние до визирной оси зрительной трубы, а затем вдоль стены приставляется рейка или рулетка нулевым значением и снимаются отсчеты, которые позволяют определить величины деформации прямолинейности стены в точках стеновой панели.

Данные геодезические способы были использованы авторами при определении кренов дымовых труб и других элементов деформации на ряде объектов и предприятий Гомельской области.

Список литературы

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

УДК 539.4.015.2

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ НА ЕЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ

В. О. БОНДАРЕНКО, А. О. ШИМАНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В процессе эксплуатации строительные конструкции подвергаются действию различных факторов окружающей среды, ведущих к коррозионному и усталостному повреждению. Такое повреждение ведет к изменению физико-механических характеристик поверхностного слоя элементов конструкций, которое сопровождается снижением их жесткости и увеличением напряжений, соответствующей расчетной нагрузке, и в конечном счете становится причиной снижения долго-

вечности. В железобетонных конструкциях, кроме того, при значительной коррозии бетона он уже не может предотвращать коррозию арматуры, что становится причиной резкого снижения прочности элементов. Совместное действие физических нагрузок и коррозии защитного слоя бетона может приводить к значительному снижению проектных сроков функционирования сооружений и иных эксплуатационных характеристик. Поэтому анализ влияния коррозионного износа на прочность и жесткость строительных конструкций представляет собой актуальную задачу.

Существует значительное число публикаций, посвященных анализу влияния на долговечность железобетонных строительных конструкций различных химических веществ. Наибольшее внимание в них уделено карбонизации [1] и хлоридной коррозии [2]. Методика оценки остаточного ресурса конструкций, подверженных коррозионному повреждению, представлена в работе [3]. В качестве одного из этапов она предполагает оценку напряженно-деформированного состояния элементов конструкций с учетом коррозионных повреждений. В статье [4] представлен обзор исследований, связанных с оценкой прочности подверженных коррозии железобетонных конструкций путем их конечноэлементного моделирования. Целью представленной работы стал анализ влияния времени действия факторов окружающей среды на изменение напряженно-деформированного состояния железобетонной балки, концы которой опираются на горизонтальную поверхность.

В качестве объекта исследования принята балка длиной 2 м с прямоугольным поперечным сечением 125×250 мм, армирование которой осуществлялось тремя стальными стержнями диаметром 10 мм и поперечными хомутами диаметром 6 мм и шагом 100 мм. Толщина защитного слоя бетона принята равной 20 мм. Изменение модуля упругости бетона в зависимости от расстояния до фронта коррозии принималось в соответствии с зависимостями, представленными в статье [5]. Коэффициент Пуассона бетона принят равным 0,2. Для арматурных стержней считалось, что модуль упругости составляет 210 ГПа, коэффициент Пуассона – 0,3.

Принято, что коррозия происходит равномерно, а ее скорость рассчитывается по формуле

$$\alpha = \frac{S_p - S_\phi}{t},$$

где S_p – расчетная (начальная) толщина стенки элемента, мм; S_ϕ – фактическая (текущая) толщина стенки, мм; α – скорость коррозии, мм/год.

Разработана конечно-элементная модель рассматриваемой балки в среде конечно-элементного комплекса ANSYS Mechanical. Для учета особенностей деформирования бетона использован элемент SOLID65. Общее число элементов модели составило около 30000.

Получены распределения напряжений и деформаций в бетонной матрице и арматуре. Расчеты показали, что происходящие с течением времени процессы деградации бетона, которые проявляются в уменьшении модуля упругости бетона, не приводят к существенному изменению картины распределения напряжений. Наибольшие эквивалентные напряжения возникают в местах опирания балки на основание, где должны располагаться закладные детали. Максимальные напряжения в стержнях продольной арматуры оказались большими напряжений в бетоне приблизительно в пять раз.

Результаты расчетов напряжений показали, что увеличение срока эксплуатации балки, а вместе с ним и толщины корродирующего материала, ведет к увеличению неравномерности напряжений в области контакта арматурных стержней и бетонной матрицы, что ведет к образованию трещин.

Анализ деформаций балки показал, что их градиент растет при увеличении глубины проникновения коррозии. Значение деформации, при котором коррозия достигает арматурных стержней, при необходимости может быть легко зафиксировано приборами. Таким образом, измеряя деформации, можно зафиксировать момент, при котором еще не началось образование крупных трещин, но коррозия уже достигает предельно допустимых значений.

В результате расчётов было выявлено, что при условном минимальном пятидесятилетнем сроке службы несущих железобетонных конструкций из бетона с классом по прочности $C_{12/15} - C_{25/30}$ снижение срока службы конструкций при постоянном воздействии агрессивной окружающей среды составляет 15–20 %.

Таким образом, полученные результаты позволяют установить остаточный срок службы строительных конструкций, спрогнозировать несущую способность строительных конструкций с течением времени при влиянии карбонизации и хлоридной коррозии на физико-механические и химические свойства бетона, а также разработать своевременные меры по предотвращению разрушения конструкции.

Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Оценка карбонизации и развития ее параметров во времени по сечению бетонов для различных эксплуатационных условий / А. А. Васильев // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2021. – № 8. – С. 43–52.
- 2 **Shimanovsky, A.** Influence of chloride corrosion on the stress-strain state of the reinforced concrete plate on an elastic base / A. Shimanovsky, S. Yu. Gridnev, I. Ovchinnikov // Rural development 2017 : Bioeconomy Challenges. – 2017. – P. 417–422.
- 3 Analytical method for the evaluation of the residual service life of prestressed concrete beams subjected to corrosion deterioration / L. Franceschini [et al.] // Structural Concrete. – 2022. – Vol. 23, is. 1. – P. 121–137.
- 4 **Sumangala, K.** Finite element analysis of RC beam subjected to corrosion – A review / K. Sumangala, C. M. Flora Dani // International Journal of Research in Engineering and Science. – 2021. – Vol. 9, is. 6. – P. 59–63.
- 5 **Бондаренко, В. О.** Анализ деформирования армированной балки с учетом коррозии защитного слоя / В. О. Бондаренко, А. О. Шимановский // Механика. Исследования и инновации. – 2022. – Вып. 15. – С. 18–24.

УДК 624.012.45/.46

ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ХРАМОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

В. А. ДОЛЯ, А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Здания и сооружения богослужебного и вспомогательного назначения с учетом специфичности назначения и индивидуальности, особенностей применяемых строительных материалов и конструктивных решений значительно отличаются от зданий и сооружений, массово возводимых по типовым проектам на основе использования типовых конструкций и наиболее распространенных материалов [1].

Обследование зданий и сооружений храмовых комплексов имеет ряд особенностей, значительно усложняющих как выполнение работ по освидетельствованию конструкций зданий и сооружений, так и оценку их технического состояния [2, 3].

Основные из них:

– проектная документация на строительство, ремонт (реконструкцию) обычно отсутствует. Это значительно ухудшает сбор данных о материалах, конструкциях, их особенностях и изменении во времени физико-химических характеристик, тем более, что опрос старожилов дает в лучшем случае «приблизительную картину», что практически не может быть использовано в объективной оценке технического состояния конструкций;

– в процессе длительной эксплуатации конструкции зданий (сооружений) подвергались воздействию различных по степени агрессивности факторов. Однако определить (оценить) эти воздействия (их значительную часть) и их влияние на техническое состояние конструкций и зданий (сооружений) и его изменение во времени в целом зачастую можно только косвенно, по характерным повреждениям (их влиянию) конструкций, что представляет собой сложную (часто – очень) задачу и требует определенной методики (иногда разрабатываемой «на месте») изыскательских работ;

– особенности применяемых конструктивных решений и материалов вызывают возникновение и развитие в агрессивных (негативных) условиях специфических повреждений, что вызывает необходимость их дополнительного учета;

– архитектурные особенности значительного количества зданий храмов не позволяют качественно обследовать их конструкции вследствие ограниченного доступа либо его полного отсутствия);

– в эксплуатируемых зданиях очень сложно выполнять работы по вскрытию конструкций, что значительно повышает роль использования приборов и методов неразрушающего контроля, в том числе разработанных специально на базе самых современных научных исследований;

– строительство значительной части новых зданий и сооружений богослужебного назначения, особенно в малых городах, выполняется «хозспособом», да еще и по архитектурным! проектам, с применением не рекомендованных (по расчету, по существующим нормам и т. д.) материалов и конструкций, а доступных;

– значительная часть храмовых зданий, требующих восстановления, находится в аварийно опасном состоянии, соответственно, многие конструкции находятся в предаварийном техническом состоя-

нии, что вызывает необходимость (до выполнения работ по обследованию) разработки и выполнения мероприятий по частичному усилению (раскреплению) конструкций; применения технологий восстановления, не допускающих дополнительных воздействий на существующие конструкции; выполнения всех работ с повышенным соблюдением техники безопасности;

- в отличие от большинства конструктивных и объемно-планировочных решений, здания и сооружения храмовых комплексов обладают значительным количеством нетиповых конструкций, что требует индивидуального подхода к планированию и выполнению работ по их обследованию и оценке технического состояния;

- поскольку здания храмов возводились длительные промежутки времени (зачастую со значительными перерывами), храмы могли строиться несколькими (во времени) подрядчиками, соответственно, ими использовались различные материалы и технологии, при обследовании таких зданий возникает необходимость более тщательного исследования материалов и конструкций, соответственно, отбора не одиночных проб, а их значительного количества в соответствии с разработанной схемой;

- учитывая многофакторность, интенсивность и комплексность негативных воздействий, для выявления причин появления повреждений конструкций, объективной оценки и прогнозирования их технического состояния необходимо использовать численное математическое моделирование работы зданий (сооружений) с применением современных отечественных и зарубежных программных комплексов, методов и способов диагностики конструкций, в том числе и специальных;

- с учетом постоянного недостатка финансирования, поступающего обычно частями, за счет спонсорских средств и пожертвований, восстановительные работы выполняются поэтапно, растягиваясь на длительные (порой очень) сроки. В связи с этим при разработке комплекса мероприятий по восстановлению конструкций необходимо выделять первоочередные и второстепенные работы. Следует применять материалы и технологии, обеспечивающие минимальную стоимость, но в то же время максимальную скорость выполнения работ без серьезной потери качества;

- конструктивные особенности храмовых зданий, специфика применяемых (использованных) материалов, длительность и интенсивность воздействия различных факторов вызывают необходимость проведения тщательной экспертизы эффективности предлагаемых решений, возможности их применения, выполнения анализа степени рисков, что обязывает привлечение квалифицированных специалистов из разных областей строительства и архитектуры.

Приведенное выше дает возможность сделать следующие выводы:

- особенности материалов и конструкций храмовых зданий, технологий их возведения, специфика и длительность воздействия агрессивных сред и воздействий, сложность выявления и оценки дефектов и повреждений вызывает необходимость объективного обследования конструкций:

- кроме стандартных (общеприменяемых), необходимо разрабатывать и использовать специальные методы анализа материалов, расчета конструкций с учетом развития деградиационных процессов в материалах во времени;

- массово использовать современные приборы и оборудование для неразрушающего контроля;

- использовать моделирование работы зданий (сооружений) с применением современных математических и графических программных средств.

С учетом возросшего в последнее время интереса людей к поиску своего места в мире и своего Пути, значительно вырос объем работ по восстановлению старых, строительству новых зданий и сооружений храмовых комплексов, вырастает роль нормативной и методической литературы в данном направлении. В первую очередь необходимо разрабатывать нормативную документацию по обследованию и оценке технического состояния элементов и конструкций зданий (сооружений) храмовых комплексов с учетом специфики материалов, конструкций и их возведения, воздействий и эксплуатации.

К работам по обследованию необходимо привлекать специалистов и организации, имеющие опыт работы на подобных объектах и располагающие необходимой приборной базой и научно-техническим потенциалом, что особенно важно для объективного прогнозирования технического состояния и остаточного ресурса конструкций.

Целесообразно создание общественных экспертно-консультационных комиссий из экспертов различных областей строительства и архитектуры.

Список литературы

1 **Васильев, А. А.** О необходимости разработки нормативного документа по обследованию зданий, сооружений и комплексов богослужебного и вспомогательного назначения / Васильев А. А. // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – Гомель : БелГУТ, 2010. – № 2 (22). – С. 83–87.

2 Оценка технического состояния и анализ поврежденности деревянных конструкций Прихода храма Преображения Господня, расположенного в г. Чечерск (РБ) / А. А. Васильев [и др.] // Наука, общество, образование в эпоху цифровизации и глобальных изменений; под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2022. – С. 94–108.

3 **Королёв, М. В.** Особенности обследования и восстановления зданий православных храмов / М. В. Королёв. – М. : НИУ МГСУ, 2016. – 200 с.

УДК 711.4

ПОНЯТИЕ «СТАГНИРУЮЩИЕ ТЕРРИТОРИИ» В АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ

А. В. ЕВСТРАТЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Деиндустриализация городских территорий, изменение состояния жилого фонда и инфраструктуры, развитие представлений о качестве городской среды, изменение ценностно-смысловых ориентаций населения – процессы, ставшие предпосылками развития теории и практики выявления и реабилитации неэффективно используемых земель.

Проблема стагнации городских территорий носит междисциплинарный характер, а исследования в данном направлении можно разделить на несколько групп. Для обозначения соответствующего состояния исследователями в различных областях наук используются термины «деградация», «депрессивность», «упадок», «регресс», «рецессия», «убывающий город» и др. Состояния «сжимающийся город» и «разрастающийся город» являются последствиями градостроительной стагнации территорий.

Подавляющая часть изысканий посвящена депрессивным регионам с точки зрения их социально-экономического упадка и поиска административных и экономических методов реабилитации. Экономисты разделяют депрессивные и отсталые (слаборазвитые) регионы. В первом случае основным критерием служат темпы развития, во втором – уровень развития [3, с. 17]. В данном контексте рассматривается серьезное негативное влияние регионов с депрессивным статусом на развитие всей экономики страны.

Группа социально-географических исследований посвящена изучению расселения, миграционных процессов, занятости во взаимосвязи со степенью и эффективностью функционального использования территорий.

В группе геолого-градостроительных исследований рассматриваются методы преобразования нарушенных территорий путем формирования искусственных ландшафтов.

Таким образом, различаются задачи и территориальные границы исследований, а изученность проблемы в причинно-следственной связи с архитектурно-градостроительными качествами территории и понятием «городская среда» недостаточна.

Стагнирующее состояние, наиболее характерное для зон производственного назначения, также может относиться к территориям жилого, общественно-делового и рекреационного назначения по целому ряду причин, среди которых физический и моральный износ жилого фонда, низкая плотность застройки и ее фрагментарность, перенаселение на фоне пространственной поляризации и нахождение вблизи с уже деградирующими (заброшенными) зонами, отсутствие развитой инфраструктуры, планировочная изолированность, неблагоприятная экологическая обстановка, недостаточное благоустройство и озеленение, значительное акустическое, цветочное и световое загрязнение среды, низкая архитектурно-художественная выразительность застройки. Очевидно, что кроме экономического регресса и инвестиционной непривлекательности в качестве следствия следует учитывать и поведенческую динамику, в особенности негативное эмоциональное восприятие среды населением. В контексте градостроительного развития рассматриваемое понятие относится к жизнеспособности городов.

С точки зрения архитектурной науки интересна трактовка, предлагаемая Родяшиной К. Е.: «Депрессивные территории можно определить как территории, не отвечающие социально-экономи-

ческим, экологическим, градостроительным условиям развития города, нарушающие целостность его архитектурно-градостроительного облика, препятствующие повышению уровня жизни жителей». При этом тенденции деградиционного развития (упадка) носят устойчивый характер [2, с. 106–107].

По мнению Вашкевича В. В., вопрос стагнации городских территорий следует рассматривать с позиции жизненного цикла планировочной структуры городов и зрелости городской ткани, а «основным признаком, характеризующим зрелость планировочного каркаса города, является сложность организации транспортных коммуникаций (улично-дорожной сети, внеуличных путей передвижения) и природных элементов». Наивысшей зрелостью города автор называет такую фазу его развития, которая характеризуется равновесием планировочной структуры, системы коммуникаций и застройки, формирующихся в рамках определенного технологического уклада [1, с. 106].

Возвращение стагнирующих территорий в городскую ткань – одна из важнейших социально-экономических и градостроительных задач, требующая разработки экономико-градостроительной модели с эстетическими регламентами. На практике с целью восстановления и развития городских территорий используют такие действенные методы, как ревитализация, ревалоризация, джентрификация, ландшафтный урбанизм и др.

В книге Дж. Форрестера, посвященной имитационному моделированию развития городов, указано, что «поведение города определяется достоинствами его экономики и характером взаимосвязей между деловой активностью, жилым фондом и населением» [4, с. 25]. Продемонстрировано, что некоторые принимаемые меры, направленные на решение городских проблем, могут обеспечивать ожидаемые краткосрочные улучшения, однако неочевидно существенно усугублять ситуацию в отдаленной перспективе. С помощью разработанной математической модели автору удалось описать многие закономерности жизненного цикла городов, однако некоторые принятые допущения и специфичность различных градостроительных образований не позволяла сформулировать универсальные рекомендации по преодолению состояния стагнации территорий.

Ленц А. А., анализируя развитие городов на современном этапе, предлагает методы стратегического планирования градостроительного развития, обусловленные необходимостью совершенствования системы территориального планирования. Автор на примере Российской Федерации отмечает, что культурно-исторический потенциал многих городов не реализован по причине недостаточно эффективного градостроительного планирования, в результате чего утрачивается историческое наследие и важные характеристики городской среды (виды, масштаб, типология) нарушаются неконтролируемой новой застройкой. Данные последствия следует рассматривать в качестве характеристик стагнирующих территорий.

Таким образом, город является сложной незамкнутой динамичной и управляемой системой, развитие которой включает множество прямых и обратных процессов: город – пригород, население – жилая застройка, транспортный каркас – инфраструктура и т. д. Постепенно трансформируется характер связей и взаимодействий подсистем, появляются новые элементы в ней, соответственно, меняется взгляд на городские проблемы и пути их решения.

С точки зрения архитектурно-градостроительных исследований в качестве стагнирующих или депрессивных можно определить территории, характеризующиеся низким качеством архитектурного пространства, неэффективным использованием земельных ресурсов, плохой экологической обстановкой и, как следствие, негативным восприятием среды жителями, миграцией, деградацией планировочной организации и транспортного каркаса. Только комплексный подход, объединяющий эффективные организационно-административные, архитектурно-градостроительные, экономические, социальные, экологические и иные методы, отличающиеся инновационностью и контекстуальностью, а также превентивностью, позволит эффективно управлять развитием городских территорий, обеспечивая непрерывность городской ткани и выразительность архитектурно-градостроительного облика города.

Список литературы

- 1 **Вашкевич, В. В.** Зрелость планировочной структуры города / В. В. Вашкевич // Вопросы планировки и застройки городов : материалы XXXIV Междунар. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс] ; под общ. ред. канд. архит., доц. И. А. Херувимовой, канд. архит., доц. Н. В. Соколовой. – Пенза : ПГУАС, 2023. – С. 103–109.
- 2 **Родяшина, К. Е.** Депрессивные территории в структуре современного города: понятие, характеристики, классификация / К. Е. Родяшина // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2017. – Вып. 8. – С. 106–114.
- 3 **Чернышев, К. А.** Трансформация территориальной организации населения депрессивного региона : [монография] / К. А. Чернышев. – Киров : ФГБОУ ВО «ВятГУ», 2016. – 204 с.
- 4 **Форрестер, Дж.** Динамика развития города / Дж. Форрестер. – М. : Прогресс, 1974. – 286 с.

PHYSICAL-BASED MULTIPLE-FACTOR MODEL OF A LEAD-CORE RUBBER BEARING FOR SEISMIC ISOLATION

T. A. ZHELYAZOV

Technical University of Sofia, 8, Kliment Ohridski Blvd, Sofia, 1000, Bulgaria

Seismic isolation is a commonly used technique to mitigate the damage induced in structures and structural elements during an earthquake. In the first place, this is one of the measures that can contribute to minimizing the casualties – a crucial factor making the research deserving of interest. Furthermore, adequate seismic isolation of critical civil engineering structures, such as nuclear power plants, is a prerequisite to avoid environmental pollution that can occur as a consequence of a strong ground motion. Overall, the implementation of techniques for seismic isolation fosters the development of a sustainable and resilient built environment.

Seismic isolation can be identified with base isolation designed to decouple the structure from the ground. Commonly used devices for base isolation are Lead-Core Rubber Bearings (LRB) and Friction-Pendulum bearings. For existing structures and buildings, retrofitting by adding seismic isolation might be technically difficult for implementation. The so-called hysteretic dampers provide an alternative option. They can be added to structural elements in order to dissipate energy transmitted to the structure during a strong ground shaking.

The article focuses on the modelling of the behaviour of LRBs. To the knowledge of the author, the first described applications are in New Zealand, specifically the Scamperdown Bridge [1] and the base isolation of the William Clayton Building [2]. An LRB generally consists of alternating layers of rubber and steel, the former providing the desired horizontal deformability along with the restoring capabilities and the latter – the required resistance to vertical loads transferred from the superstructure. If the isolator is provided with a lead core, the response of the isolator is characterized by well-pronounced hysteresis loops during seismic events. Compared, for example, with a high-damping rubber bearing (an equivalent unit for seismic protection not containing the lead core but only the alternating steel and rubber layers), the energy dissipation capacity of the LRB is larger. Figure 1 presents the general scheme of an LRB consisting of rubber layers (1), steel shims (2), a lead core (3), and tick steel plates (4).

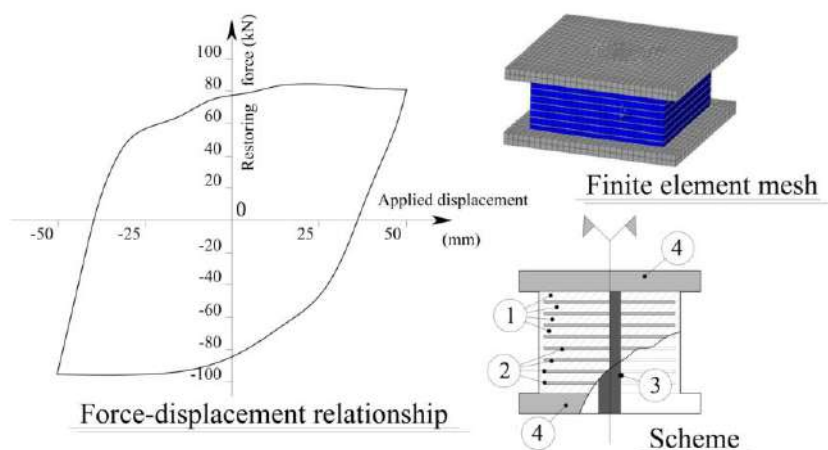


Figure 1 – Scheme of the LRB, the generated finite element mesh, and the force-displacement relationship obtained by FE analysis

The first models for LRBs referenced in the literature are the smooth bilinear model proposed by Robinson [3] and the Ramberg-Osgood model. Both these models define a skeleton curve and hysteresis variable separately. The skeleton curve provides the relation between the varying boundary conditions of the bearing device and the generated shear force. The analytical (or closed-form solutions) have been improved since then to take into account various phenomena such as effects due to the temperature increase [4, 5], strength degradation [6, 7], strain hardening at large shear deformations [8], etc.

Another investigation method is the Finite Element (FE) analysis. A typical FE mesh and a numerically obtained force-displacement relationship are depicted in Figure 1. Transient dynamic analysis has been employed for the numerical simulations based on the defined boundary conditions, initial conditions, and material models. For the lead core, the steel shims, and the top and bottom steel plates, a rate-independent plasticity model has been employed with the assumption for isotropic hardening after yielding [9]. The hyperelastic response of the rubber has been modelled using the Mooney-Rivlin model. Thus far, the developed finite element model doesn't account for the rise in the temperature occurring during the dynamic response of the LRB. Integration of procedures designed for the evaluation of degradation in different components of the isolators (rubber and, possibly, lead core) into the numerical analyses is also forthcoming. In a more general context, such studies will allow for the verification of some hypotheses on the materials' behaviour (considered as constituencies of an LRB), such as no damage is accumulated in the lead core (i); the dynamic response of the lead within the plastic domain is rate-independent (ii).

The results obtained by finite element analysis are used within ongoing research to calibrate an analytical model or to provide input data for a data-driven model, e.g., a multilayer perceptron. The analytical model and the multilayer perceptron are being developed within the perspective for a subsequent implementation into a model of a seismically protected structure. The multilayer perceptron comprises one input layer, several hidden layers, and one output layer. The backpropagation algorithm is employed for the training. Implementation of data-driven models will potentially allow for a better investigation of the "design space" (i.e., the space containing the crucial model parameters) and, thus, a better calibration of the model parameters. Overall, the adequate model definition yields an accurate prediction of the response of the devices for seismic isolation and the whole seismically isolated structure (buildings or bridges), respectively.

References

- 1 **Park, R.** Seismic Design of Bridges. Structures Committee Summary 3, Road Research Unit / R. Park, R.W.G Blakeley // National Roads Board. – New Zealand, 1978.
- 2 **Megget, L. M.** Analysis and design of a base-isolated reinforced concrete frame building / L. M. Megget // Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering. – 1978. – No 11 (4). P. 245–254.
- 3 **Robinson, W. H.** Lead rubber hysteretic bearings suitable for protecting structures during earthquakes / W. H. Robinson // Earthquake engineering & structural dynamics. – 1982. – No 10 (4). P. 593–604.
- 4 **Kalpakidis, I. V.** Effects of heating on the behavior of lead-rubber bearings. I: Theory / I. V. Kalpakidis, M. C. Constantinou // Journal of Structural Engineering. – 2009. – No 135 (12). – P. 1440–1449.
- 5 **Kalpakidis, I. V.** Effects of heating on the behavior of lead-rubber bearings. II: Verification of theory / I. V. Kalpakidis, M. C. Constantinou // Journal of Structural Engineering. – 2009. – No 135 (12). P. 1450–1461.
- 6 **Kumar, M.** An advanced numerical model of elastomeric seismic isolation bearings / M. Kumar, A. S. Whittaker, M. C. Constantinou // Earthquake engineering & structural dynamics. – 2014. – No 43 (13). – P. 1955–1974.
- 7 A new nonlinear model to describe the degradation law of the mechanical properties of lead rubber bearings under high speed horizontal loading / Y. Liu [et al.] // Structural Control and Health Monitoring. – 2021. – No 28 (12). – P. 2836.
- 8 **Eem, S.** Large strain nonlinear model of lead rubber bearings for beyond design basis earthquakes / S. Eem, D. Hahm // Nuclear Engineering and Technology. – 2019. – No 51 (2). – P. 600–606.
- 9 **Lemaitre, J.** Mechanics of solid materials / J. Lemaitre, J. L. Chaboche. – Cambridge : Cambridge university press, 1990.

УДК 692.426

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВАРИАНТ ПОКРЫТИЯ

Е. А. ИВАНОВ, О. Е. ПАНТЮХОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С ростом городов появляется необходимость возводить сооружения большой площади с приданием роли архитектурного акцента в градостроительной среде. Как сделать необычный фасад и восхищаться формой здания с высоты птичьего полета, не используя большого количества громоздких несущих конструкций? С решением этих инженерных задач справляются далеко не все конструктивные схемы.

Для выполнения перекрытия больших пролетов и придания сооружению архитектурно-эстетических образов необходимо затратить большое количество материалов. Выбор материалов для таких

сооружений является основополагающим вопросом. Применение тяжелых материалов приводит к лишним затратам или отсутствию способности перекрывать площади без дополнительных опор. Применение дорогих и дефицитных материалов ставит под вопрос экономический аспект проекта.

При проектировании зданий и сооружений следует стремиться к снижению материалоемкости конструкций и трудозатрат по их изготовлению. Эти показатели влияют как на сметную часть проекта, так и на сроки его возведения. Система покрытия здания больших пролетов представляет одну из самых дорогих и трудоемких конструкций, что связано с наличием большого количества различных элементов и сопутствующих монтажных работ. Для упрощения данной системы было предложено отказаться от традиционных железобетонных плит и возводить покрытия из металлоконструкций. Это позволило снизить общий вес покрытия, но стоимость и трудоемкость не снизились до необходимых показателей. Модернизация металлоконструкций, предложенная в Московском архитектурном институте, исключила ряд проблем.

Система металлоконструкций МАРХИ.

Геометрическую основу построения конструкций типа МАРХИ составляет пирамида на квадратном основании (тетраэдр). Такие пирамиды образованы трубчатыми стержнями диаметром от 50 до 133 мм с толщиной стенок от 3,5 до 8 мм. Узловым является литой, или точеный полусферический, или сферический элемент, который позволяет одновременно прикрепить от 8 до 12 стержней. Такой элемент имеет отверстия с резьбой в направлении всех сходящихся стержневых элементов. Предложенная конструкция узла дает возможность сбора покрытия на месте строительства из элементов полной заводской готовности, что значительно снижает трудоемкость сборки и монтажа, а также не требует квалифицированной рабочей силы [1, 2].

Показатели системы МАРХИ, характеризующие стоимость конструкции покрытия и трудоемкость ее монтажа, оказались в три раза лучше по сравнению с металлоконструкцией из прокатной стали. Исходя из этого, рассматриваемая перекрестно-стержневая, пространственная конструкция обладает значительным преимуществом перед множеством иных металлоконструкций. Расширение внедрения такой системы в строительную практику позволит далее ее совершенствовать. Внедрение рассматриваемой системы позволяет сокращать сроки строительства, экономить как на транспортировке, так и на материале. Расход металла на изготовление 1 м² покрытия уменьшается на 57 %. Сроки монтажа покрытия уменьшаются в три раза, что составляет 33 %. Затраты на перевозку элементов уменьшаются на 33 %.

Сроки изготовления такого типа конструкций на заводах по сравнению с конструкциями из прокатной стали уменьшены на 70 %.

Перекрытие больших пролетов с помощью деревянных систем позволяет экономить на дорогих материалах. Благодаря модульным размерам конструкций отсутствуют затруднения в доставке изделий к месту строительства, а небольшой вес элементов допускает применение монтажных машин небольшой грузоподъемности [4].

Рассмотрев конструктивные схемы большепролетных конструкций, подчеркнув преимущества и разобрав недостатки методом анализа, необходимо разрабатывать новые варианты конструкций.

Разработка альтернативной модели конструктивной схемы показывает большой спектр вариативности в этом направлении.

Разработана альтернативная конструкция перекрытия больших пролетов на базе деревянных конструкций с применением оболочки.

Комбинирование позволяет исключить минусы систем покрытий и сделать новый вариант конструкции. Древесина как материал, обладающий высоким коэффициентом конструктивного качества, обладает рядом преимуществ над сталью, что и делает её основой разработки [3].

Качество деревянных конструкций зависит от всех этапов производства работ и изготовления.

Так как данный материал подвергается гниению и горению, необходимо продумать все аспекты защиты древесины от воздействия агрессивных сред и источников огня. Для этого служат многочисленные пропитки и антипирены, позволяющие защитить древесину от пагубных воздействий, тем самым продлить сроки эксплуатации конструкции в целом.

Система деревянных элементов, обладая небольшим количеством типоразмеров, упрощает изготовление и сборку конструкций на строительной площадке или на заводе.

Вид сверху фрагмента перекрытия представлен на рисунке 1.

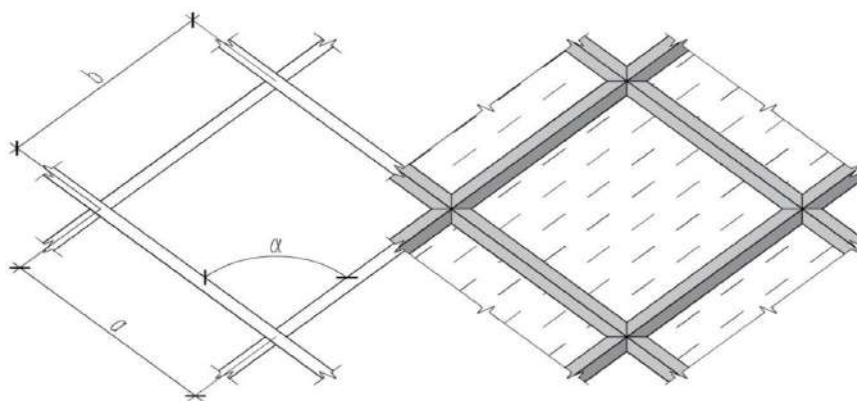


Рисунок 1 – Фрагмент покрытия конструкции

Данная конструкция является облегченной с обеспечением пространственной жесткости конструкции в целом.

Наличие металла в конструкции минимально, что делает её легче, а отсутствие соприкосновения металла с древесиной исключает образование конденсата. Следовательно, уменьшает вероятность загнивания, набухания, коробления конструкции.

Для сравнения эффективности данной конструкции произведем сравнение с металлоконструкциями типа МАРХИ.

Для покрытия 1 м² системой МАРХИ требуется 20 кг/м² металла, конструкции из прокатной стали куда тяжелее и требуют 47 кг/м². Для альтернативной системы затраты металла характеризуются процентом для всего покрытия сооружения в диапазоне 1–2 %.

Если сравнивать конструкции покрытия по весу, то деревянная система перекрывает 1 м² при этом весит примерно 14 кг.

Список литературы

- 1 Клячин, А. З. Пространственные стержневые металлические конструкции регулярной структуры / А. З. Клячин. – Екатеринбург : Диамант, 1995. – 276 с.
- 2 Металлические конструкции : в 3 т. Т. 2 / В. В. Горев [и др.]. – М. : Высш. шк., 2002. – 424 с.
- 3 Иванов, В. Ф. Конструкции из дерева и пластмасс / В. Ф. Иванов. – М. : Стройиздат, 1966. – 346 с.
- 4 Пространственные деревянные конструкции / А. А. Журавлев [и др.]. – Ростов н/Д. : ОАО ИПФ «Малыш», 2003. – 518 с.

УДК 691.32

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ НАЧАЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ БЕТОНА ОТ КОЛИЧЕСТВА ЦЕМЕНТА И ГАРАНТИРОВАННОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ

Ю. К. КАБЫШЕВА, К. Э. АГЕЕВА, А. А. ВАСИЛЬЕВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Карбонизация в первую очередь обуславливает состояние защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре. Она начинается с момента перемешивания бетонной смеси и продолжается весь жизненный цикл железобетонных элементов (ЖБЭ) и конструкций (ЖБК), которые эксплуатируют в различных воздушных средах [1]. Современные исследователи практически не учитывают начальную карбонизацию бетона, что неверно, но не удивительно, и даже логично, поскольку в основе всех их исследований лежит определение толщины карбонизированного бетона на основе фенолфталеинового теста (ФФТ) [2].

Исследование карбонизации бетона на основе нахождения карбонатной составляющей (показателя КС) позволяет оценить начальную карбонизацию бетонов любых классов по прочности на сжатие (составов) [1]. На основе исследования по сечению образцов (100×100×100 мм) бетонов различных классов по прочности на сжатие (составов марок по удобоукладываемости П1 (ОК = 1 и 4 см)) сразу после из-

готовления (при использовании ТВО) с применением методов регрессионного и корреляционного анализа получено выражение начальной карбонизации [3]:

$$KC_0(l/t=0) = \beta_0 + \beta_1 e^{\left(-\left(\frac{l-\beta_2}{\beta_3}\right)^{\beta_4}\right)}, \quad (1)$$

где $\beta_0 - \beta_4$ – коэффициенты, определяющие: β_0 – наименьшее значение $KC(l)$, % [обычно, $\beta_0 = KC(l > 100 \text{ мм})$]; β_1 – разность минимального и максимального значений $KC(l)$, %; β_2 – минимальное значение глубины l , мм, (обычно, $\beta_2 = 0$); β_3 – форму кривой и координаты точек перегиба, мм, $\beta_3 > 0$; β_4 – форму кривой и координаты точек перегиба, д. ед., $\beta_4 > 0$; l – расчетное значение глубины бетона, мм.

Для возможности получения системы расчетно-экспериментальных зависимостей $KC = f(\Psi)$ значения коэффициентов β_i подбирали, полагая коэффициенты β_2 , β_3 и β_4 одинаковыми для любых классов бетона по прочности на сжатие, что практически не сказывается на значимости полученных зависимостей [3].

Путем математической обработки значений коэффициентов β_0 и β_1 получены их зависимости от количества использованного цемента:

$$\beta_0 = 0,0077\Psi + 0,7932; \quad (R^2 = 0,9969); \quad (2)$$

$$\beta_1 = 1769,4\Psi + 409077; \quad (R^2 = 0,9959), \quad (3)$$

где Ψ – содержание цемента, кг/м³.

Следовательно, связь начальной карбонизации бетона с количеством использованного цемента описывается выражением

$$KC_0(l/t=0) = (0,0077\Psi + 0,7932) + (1769\Psi + 409077)e^{\left(-\left(\frac{l+100}{5,05}\right)^{0,85}\right)} \quad (4)$$

Анализ результатов для бетонов различных классов по прочности на сжатие, количество цемента, используемого для приготовления бетона, для составов марок по удобоукладываемости П1–П5 отличается до 35 %, марок по удобоукладываемости Ж1–Ж4 – до 18 % [4].

Для прогнозирования значений KC_0 для любых бетонов необходимо учитывать рекомендуемые составы бетона. Так, для наиболее часто выпускаемых сборных железобетонных изделий целесообразно получить базовые зависимости для расчетных значений показателя KC (для бездобавочных бетонов) для жестких смесей марок по удобоукладываемости Ж1 и Ж2, для подвижных – П1. Причем для жестких смесей марок по удобоукладываемости Ж1 и Ж2 необходимо использовать средние значения количества использованного цемента, для марки по удобоукладываемости П1 целесообразно принимать значение количества цемента, соответствующее верхней границе (ОК = 4 см).

Полученные на основе использования зависимостей (2) и (3) коэффициенты β_0 и β_1 для бетонов различных классов по прочности на сжатие приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов β_0 и β_1 для различных классов бетона по прочности на сжатие

Класс бетона по прочности на сжатие	Марка смеси по удобоукладываемости					
	П1		Ж1		Ж2	
	β_0	β_1	β_0	β_1	β_0	β_1
C ¹² / ₁₅	2,43	785959	2,30	754110	2,23	739955
C ¹⁶ / ₂₀	2,91	895662	2,73	854966	2,65	835502
C ¹⁸ / _{22,5}	3,14	948744	2,94	902740	2,86	883276
C ²⁰ / ₂₅	3,37	1000057	3,15	950513	3,05	927511
C ²² / _{27,5}	3,60	1053139	3,35	996518	3,24	971746
C ²⁵ / ₃₀	3,85	1111529	3,54	1040753	3,42	1012442
C ²⁸ / ₃₅	4,37	1230079	4,01	1148686	3,85	1111529
C ³⁰ / ₃₇	4,57	1276083	4,18	1187613	4,02	1150456
C ³² / ₄₀	4,87	1345090	4,46	1251311	4,27	1208846
C ³⁵ / ₄₅	5,35	1456562	4,90	1352167	4,70	1306163
C ⁴⁰ / ₅₀	5,83	1566265	5,33	1451254	5,11	1399941
C ⁴⁵ / ₅₅	6,29	1672429	5,74	1546801	5,50	1490180
C ⁵⁰ / ₆₀	6,75	1778593	6,16	1642349	5,90	1582189

Математическая обработка значений коэффициентов β_0 и β_1 позволила получить регрессионные зависимости их изменения от гарантированной прочности бетона на сжатие для бетонных смесей марок по удобоукладываемости П1, Ж1 и Ж2. Так, для смесей марки по удобоукладываемости П1

$$\beta_0 = 0,0970 f_{c,cube}^G + 0,9641, \quad (5)$$

$$\beta_1 = 22287 f_{c,cube}^G + 447979; \quad (6)$$

– марки по удобоукладываемости Ж1

$$\beta_0 = 0,0865 f_{c,cube}^G + 0,9866, \quad (7)$$

$$\beta_1 = 19858 f_{c,cube}^G + 454249; \quad (8)$$

– марки по удобоукладываемости Ж2

$$\beta_0 = 0,0818 f_{c,cube}^G + 1,001, \quad (9)$$

$$\beta_1 = 1876 f_{c,cube}^G + 457312, \quad (10)$$

где $f_{c,cube}^G$ – гарантированная прочность бетона на сжатие, МПа.

Полученные зависимости позволяют значительно повысить объективность оценки карбонизации бетонов различных классов по прочности на сжатие (составов).

Список литературы

- 1 Неразрушающие методы оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в воздушных средах : практ. пособие / Т. М. Пецольд [и др.] ; под ред. А. А. Васильева. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 146 с.
- 2 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.
- 3 Расчетно-экспериментальная модель карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 263 с.
- 4 **Васильев, А. А.** Прогнозирование начальной карбонизации бетона различных классов по прочности на сжатие / А. А. Васильев, Ю. К. Кабышева, Н. А. Леонов // Современные научные знания : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2023. – С. 21–24.

УДК 378.00

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРОСМОТРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ BIM-ТЕХНОЛОГИИ

Е. Г. КАЛАШНИК, Г. Т. ПОДГОРНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время государство и общество очень заинтересованы в том, чтобы каждый молодой человек превратился в яркую индивидуальность с сильным, самостоятельным, творческим характером. Сегодня в науке и технике все больше и больше востребован высокий интеллект и умение творчески подойти к решению поставленных задач.

Главной целью преподавателя является развитие интереса студентов к изучаемой дисциплине, а также максимальное приближение учебного процесса к практической деятельности. Студент – будущий специалист, и он должен понять и почувствовать, что теоретические знания, полученные при обучении, он сможет применить в своей профессиональной деятельности.

В курсе дисциплины «Принципы моделирования строительных объектов» студентам специальности «Архитектура» даются как теоретические основы проектирования зданий и сооружений, так и практическое применение технологии BIM (Building Information Modeling – информационное моделирование зданий и сооружений). Обучение производится с использованием программного комплекса REVIT.

В процессе изучения дисциплины студенты разрабатывают проект двухэтажного жилого здания – коттеджа. Сразу, на первом этапе, от студентов требуется творческий подход, так как преподаватель не ставит строгие рамки для проектирования, кроме этажности здания, минимальных требований к проектированию жилых зданий и его эстетической привлекательности. Для развития творчества и самовыражения необходима свобода от ограничений. Будущий архитектор должен иметь возможность работать, не подчиняясь строгим схемам и установкам. Также крайне важны творческая обстановка и психологический комфорт.

Процесс изучения дисциплины можно разделить на две составляющие: общеобразовательную, в рамках которой студенту даются основы проектирования зданий и сооружений, правила составления и оформления строительных чертежей; и обучение конкретному инструментарию – BIM-технологии.

Каждый студент работает над отдельным проектом. Выбор или разработка основной концепции проекта выполняется самостоятельно и согласовывается с преподавателем.

Процесс работы состоит из двух частей. Сначала создается информационная модель здания и представляется в виде 3-мерной модели. Эта часть работы творческая. Здесь студент разрабатывает именно архитектурную модель с применением реалистичных материалов. Вторая часть работы посвящена разработке технической документации. Проект включает в себя создание готовой модели и оформление планов, фасадов, разрезов, извлечение данных в виде таблиц, таких как экспликации и ведомости элементов. Эта часть работы предназначена для усвоения не только возможностей программного обеспечения, но и освоения норм и правил оформления технической документации.

Особое значение для обучения студентов творческих специальностей играют просмотры. Просмотры творческих работ – это живое общение как с преподавателями, так и с однокурсниками. Во время просмотра студенты получают детальный разбор сильных и слабых сторон своей работы и обсуждают возможности для ее совершенствования.

Просмотры могут организовываться в нескольких видах.

1 Просмотр работ студентов преподавателем. Целью просмотра является проведение анализа выполненного задания, обсуждение качества работы, определяются методы и средства исправления ошибок.

2 Коллегиальный просмотр. Форма контроля, предполагающая публичное оценивание результатов выполнения работы дисциплин художественного цикла.

3 Коллективный просмотр и обсуждение работ студентов под наблюдением преподавателя. Проводится в форме дискуссии, обсуждения итогов работы. Студенты учатся корректно высказывать свое мнение, выражая профессиональную оценку работам. Работы могут выставляться анонимно и оцениваться большинством голосов.

В рамках изучения дисциплины за время обучения проводится два просмотра, в которых участвуют вся группа студентов и преподаватели. Первый – по окончании разработки 3-мерной модели здания, второй – по окончании работы над проектом.

Для представления проекта студенту дается от трех до пяти минут. Затем идет обязательное групповое обсуждение, во время которого отмечают как достоинства проекта, так и недостатки.

Такое обсуждение развивает у студентов умение высказывать и отстаивать свое мнение; слушать аргументы оппонентов; воспринимать точку зрения и конструктивную критику товарищей. Именно такие качества, как умение убедить, проявить гибкость в споре, отстоять свои интересы, умение работать в сотрудничестве с другими, формируют активного творческого человека. Активность студентов при обсуждении проектов сравнима с активностью преподавателя. При этом они приобретают опыт общения с членами творческой группы, получают навыки работы в команде, развивается, ответственность, настойчивость, личная инициатива.

Как показывает опыт, значительная часть студентов, походит к выбору проекта формально. Основной принцип: чем проще – тем меньше работы. Зачастую, после первого просмотра, увидев действительно творческие работы своих товарищей, такие студенты полностью пересматривают свой проект. Это говорит о том, что взаимодействие студентов друг с другом, а не только с преподавателем, является серьезным стимулом для совершенствования.

На итоговом просмотре, в конце работы, большинством голосов студентов определяются лучшие проекты, которые отправляются на конкурсы, выставки и т. д. Примеры студенческих работ разного уровня приведены на рисунке ниже.

Просмотр проекта является контрольным мероприятием. По его результатам выставляется промежуточная аттестация, что стимулирует студентов к соблюдению сроков выполнения работы и повышает ответственность.



При обучении студентов творческих специальностей нельзя обойтись без просмотров. В дальнейшей работе они обязательно будут с этим сталкиваться. Они должны привыкнуть к тому, что их постоянно оценивают.

Организация просмотров повышает эффективность обучения, развивает интерес к творчеству, позволяет овладеть нужными социальными навыками и помогает лучше подготовиться к дальнейшей профессиональной деятельности.

УДК 728.1.012

О ПРИМЕНЕНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

С. А. КАНЦИАНОВА

*Гомельская дистанция гражданских сооружений
Белорусской железной дороги*

Т. В. ЯШИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Инновационные технологии (ИТ) в сфере строительства являются важнейшими составляющими, благодаря которым на регулярной основе развивается строительная отрасль, благодаря чему строительство выводится на более высокий уровень [1]. Главную роль во внедрении ИТ играют экологическая безопасность и снижение затрат на строительство, так как именно данные качества отличают технологии XXI века от прежних технологий.

На данный момент строительный рынок полон разнообразными инструментами и материалами, инновационные идеи в сфере строительства стремительно продолжают развиваться и достаточно часто находят свое практическое применение в сфере строительства. Для того, чтобы снизить стоимость строительства, сократить сроки, а также повысить качество и комфортность, в сфере строительства внедряют разнообразные инновации. Инновация – это изменение, целью которого является внедрение, а также применение и использование новых организационно-экономических, научно-технических или иных решений. Инновации можно рассматривать как новые формы организации в промышленности и рынки сбыта, новых транспортных и производственных средств, а также виды потребительских товаров и мн. др.

Одним из направлений развития строительства в настоящее время стало создание зданий путем печати на 3D-принтерах, и напечатанные дома в последнее время с каждым годом всё чаще появляются в разных странах мира – Саудовской Аравии, Франции, США, Мексике, ОАЭ, России и др.

На сегодняшний день применяются разнообразные технологии строительства нежилых и жилых зданий и сооружений [2]. Рассмотрим вариант строительства жилого дома с помощью 3D-принтера.

3D-принтер – это прибор с числовым программным управлением, с помощью которого можно создавать реальные пространственные объекты из различных материалов, используя метод послойной печати.

Глобальные отличия в технологии строительства заключаются в следующем:

- материалы, которые используются для строительства;
- сроки выполнения работ;
- работы, которые выполняются на объекте.

Рассмотрим каждый из пунктов по отдельности:

1 При стандартном строительстве в качестве материала для кладки стен широко применяется газоблок. При строительстве здания 3D-принтером используется смесь бетонная.

2 При стандартном типе строительства работы выполняются сотрудниками каких-либо организаций с применением машин. При строительстве здания или сооружения на 3D-принтере также используется труд высококвалифицированных людей, но сам процесс строительства полностью автоматизирован.

3 При стандартном типе строительства в среднем срок постройки дома площадью в 150–200 м² составляет от 6 до 7 месяцев. При строительстве дома на 3D-принтере сроки постройки составляют от 2 до 3 месяцев.

Сам процесс постройки здания или сооружения заключается в том, что бетон наносится слоями. Для того чтобы прочность конструкций соответствовала нормам и проектным задачам, используется армирование (вертикальное и горизонтальное). Бетоном заливается зафиксированная арматура. Однако существуют принтеры, принцип работы которых заключается в том, чтобы вначале распылить полиуретан, а затем внутрь залить бетон.

Большинство моделей 3D-принтера предназначены для работы в закрытом помещении. У оборудования, которое расположено в цеху, есть большой недостаток: элементы, которые напечатаны на 3D-принтере, необходимо доставить на строительную площадку. В свою очередь, мобильное оборудование может использоваться прямо на строительной площадке для печати поверх фундамента. Для сохранения характеристик состава бетонной смеси возводится защитный колпак над объектом, а также в бетонную смесь вносятся специальные необходимые добавки [3].

Общая стоимость постройки жилого одноэтажного дома площадью в 100 м² со стенами из газоблоков составляет 125 270,29 руб.

Площадь первого, полностью отпечатанного на 3D-принтере дома (рисунок 1) составила 38 м². Общая стоимость строительства, включая все этапы возведения дома, а также прокладку электропроводки, наружную и внутреннюю отделку, монтаж дверей и окон, составила 20 081,11 руб. (таблица 1).



Рисунок 1 – Отпечатанный на 3D-принтере дом площадью 38 м²

Таблица 1 – Стоимость строительства дома

Наименование	3D-принтер, руб.
1 Фундамент	501,34
2 Стены	3235,27
3 Перекрытия, кровля	4880,74
4 Электропроводка	427,96
5 Двери и окна	7140,14
6 Наружная, внутренняя отделка	3895,66

Анализ строительства дома с помощью 3D-принтера показывает, что расходы материалов снижаются от 30 до 70 % в сравнении со стандартной технологией. Однако, учитывая стоимость самого принтера, можно сделать вывод о том, что рассмотренная технология возведения дома является достаточно дорогой и не все строительные организации смогут себе позволить приобрести соответствующее оборудование.

Список литературы

- 1 **Игнатова, Е. В.** Устойчивое развитие на основе цифровых технологий в строительстве / Е. В. Игнатова, М. А. Матюхина, Н. С. Сморгенков // Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 10, № 2. – С. 56–60.
- 2 **Иноземцев, А. С.** Анализ существующих технологических решений 3D-печати в строительстве / А. С. Иноземцев, Е. В. Королев, Т. К. Зыонг // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13, № 7 (118). – С. 863–876.
- 3 **Адамцевич, А. О.** Аддитивное строительное производство: особенности применения технологии / А. О. Адамцевич, А. П. Пустовгар, Л. А. Адамцевич // Промышленное и гражданское строительство. – 2023. – № 7. – С. 70–78.

УДК 622.363.2

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ШЛАМОВОГО ОСНОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КОНВЕЙЕРНОГО УКЛОНА ИЗ ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ

А. А. КОЛОГРИВКО, В. А. КУЗЬМИЧ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Рост объемов добычи и переработки калийных руд активно развивающегося предприятия ОАО «Беларуськалий» влечет за собой увеличение объемов отходов обогащения. На современном этапе освоения Старобинского месторождения калийных солей наиболее приемлемым остается вариант складирования твердых галитовых и жидких шламовых отходов соответственно в солеотвалы и шламохранилища на поверхности земли вблизи работ рудоуправлений (рисунок 1).

Отчуждение дополнительных площадей для хранения галитовых отходов обогащения затруднительно или не представляется возможным. Здесь следует рассматривать новые способы складирования отходов обогащения при организации хвостовых хозяйств, позволяющих сократить рост площадей, используемых для размещения этих отходов. Одним из вариантов снижения техногенной нагрузки в районе работ рудоуправлений является расширение солеотвалов с использованием в качестве оснований отработанные шламохранилища, представленные в качестве слабых шламовых оснований.



Рисунок 1 – Галитовые отходы обогащения ОАО «Беларуськалий»

Наибольшую актуальность в настоящее время приобретают работы по организации хвостового хозяйства первого рудоуправления ОАО «Беларуськалий». Складирование галитовых отходов действующей технологией становится затруднительным, анализ ситуационного плана показывает отсутствие резерва земельных ресурсов. На основе многолетнего производственного опыта и научно-

исследовательских работ предлагается реализация технологии складирования отходов обогащения способом гидронамыва с последующим строительством конвейерного уклона из галитовых отходов сухой отсыпкой на площади отработанного шламохранилища № 3, чаша которого заполнена слабыми шламовыми грунтами, несущую способность которых следует установить.

Организация безопасного строительства на первом этапе ставит задачу изучения прочностных и деформационных свойств шламовых грунтов, литологически слагающих тело шламохранилища для прогнозирования поведения слабого шламового основания во времени. Шламохранилище № 3 введено в эксплуатацию в 1975 году, а в 1979 году реконструировано за счет повышения отметки гребня дамб.

Особое внимание при анализе физико-механических свойств шламовых грунтов и определения несущей способности шламовых грунтов следует уделять определению их качественного состояния, в связи с важностью роли поведения шламов в чаше шламохранилища, определяющей целостную безопасность процесса складирования на слабом основании. Физико-механические и водно-физические свойства изучаемых глинисто-солевых шламовых отходов, не определенные в силу объективных обстоятельств лабораторными и полевыми инженерно-геологическими исследованиями, необходимыми для прогнозирования состояния поведения слабого основания по времени, принимались по результатам прогнозирования после теоретического изучения и обоснования значений свойств шламовых грунтов на основе аналитического обобщения признанных результатов теоретических и экспериментальных исследований инженерно-геологических свойств шламов, аналогичных изучаемым. Прогнозные значения физико-механических характеристик шламовых отходов принимаются интерполяцией и экстраполяцией на основе аналитического обобщения результатов современных и ранее выполненных исследований инженерно-геологических свойств шламовых отходов в условиях ОАО «Беларуськалий», как наиболее изученных и содержащих научную и практическую информацию в части их инженерно-геологических свойств.

Исследования водно-физических и физико-механических свойств шламовых грунтов посредством горно-геологической информационной системы Micromine проведен на основе анализа архивных данных, лабораторных и полевых инженерно-геологических исследований [1, 2] (рисунок 2).

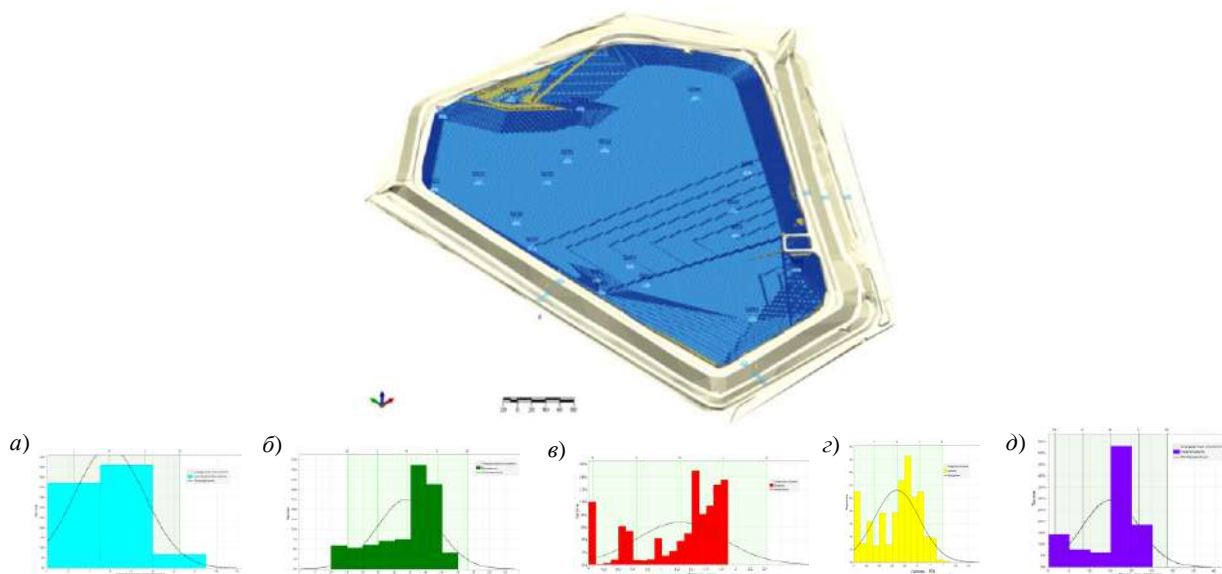


Рисунок 2 – Распределение параметров по телу шламов:

a – угол внутреннего трения; *b* – влажность; *c* – плотность; *d* – сцепление; *e* – число пластичности

Шламохранилище № 3 заполнено избыточно-засоленными шламовыми грунтами различной консистенции и частично сверху залито рассолами. Под рассолами залегают слабые шламовые грунты с влажностью не менее 60 %, мощностью от 0 до 8 м ниже поверхности земли. Под ними залегают плотные шламовые грунты нижнего слоя от пластичной до твердой консистенции с влажностью от 60 до 15–10 %, мощным сплошным чехлом покрывающие ложе шламохранилища и верховые откосы дамб.

Созданная блочная модель для условий отработанного шламохранилища № 3 дает возможность определять опасные участки шламовых грунтов и прогнозировать их потенциальные нарушения в

трехмерном и двумерном пространстве для определения несущей способности слабых шламовых грунтов. Модельные исследования в системе Micromine позволяют прогнозировать возможность складирования галитовых отходов на слабое шламовое основание.

Список литературы

1 Создание блочной геомеханической модели района Северомуйского тоннеля в ГГИС Micromine Origin&Beyond / Г. С. Федотов [и др.] // Горный журнал. – 2023. – № 1. – С. 64–68.

2 Курцев, Б. В. Геомеханическое сопровождение горных работ с использованием ГГИС Micromine / Б. В. Курцев, Г. С. Федотов // Горный журнал. – 2022. – № 1. – С. 45–50.

УДК 534.13:656.135

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ И КОЛЕБАНИЯ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ

И. Е. КРАКОВА, О. И. ЦЫГАНЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Трехслойные сэндвич-панели относятся к высокоэффективным конструкциям. Они широко используются в строительстве при возведении малоэтажных домов, зданий, павильонов производственного и торгового назначений, поскольку обеспечивают меньшую нагрузку на фундамент, хорошие тепло-, звукоизоляционные показатели, позволяют сократить сроки строительства. Строительная трехслойная сэндвич-панель представляет собой конструкцию, состоящую из двух лицевых несущих слоев, которые выполнены из тонкого листа стали, обладающего высокой прочностью, а между ними расположен средний слой – наполнитель. Слои соединены с помощью клея, что обеспечивает их совместную работу.

Доставка сэндвич-панелей к местам строительства чаще всего осуществляется автотранспортными средствами. От правильности размещения и крепления грузов в кузове автомобиля зависит целостность груза в процессе транспортировки и безопасность перевозки. Правила крепления грузов на автомобильном транспорте разработаны с учетом того, что перевозимый груз жесткий. Строительные сэндвич-панели обладают высокой деформативностью. Пакеты, сформированные из таких панелей, имеют относительно небольшую массу, но значительные габаритные размеры. С целью снижения затрат на перевозку такие пакеты в кузове автотранспортного средства часто размещают в два яруса. При этом центр тяжести груза находится на значительной высоте над полом автоплатформы, что приводит в процессе транспортировки груза к значительным по величине моментам сил инерции, приводящим к перераспределению вертикальных нагрузок на средства крепления.

Исследованию колебаний трехслойных пластин посвящено немало работ. Например, в статьях [1, 2] решена задача об определении собственной частоты колебаний трехслойной пластины при различных способах закрепления ее вершин и краев. Практически не рассматривались ситуации, связанные с размещением пакетов, сформированных из двух и более трехслойных панелей, в два яруса. Ранее нами была разработана методика расчета для пакета сэндвич-панелей, срединный слой которых выполнен из минеральной ваты [3]. Целью рассматриваемой работы стал анализ влияния механических свойств трех типов материала срединного слоя (заполнителя) строительных сэндвич-панелей на частоты собственных колебаний пакета и прочность панелей под действием нагрузок, возникающих при их перемещении автотранспортным средством.

Для анализа влияния механических свойств срединного слоя строительной сэндвич-панели были разработаны упрощенные модели пакетов, включающих в себя шесть панелей размером $7200 \times 1000 \times 80$ мм, размещенных друг над другом. Между панелями установлены пенопластовые прокладки с размерами $400 \times 1000 \times 40$ мм, расположенные симметрично относительно центра панели. Нижняя панель пакета опирается на такие же прокладки, установленные на неподвижное основание. Рассмотрен случай расположения одинаковых пакетов в два яруса.

Для расчета напряженно-деформированного состояния и расчета частот собственных колебаний для панелей с различным материалом срединного слоя в программном комплексе ANSYS построена конечно-элементная модель перевозимого груза, учитывающая особенности геометрии и физико-механических свойств материалов слоев, составляющих панели. Для расчета принимались следующие исходные данные: для стали (облицовочные слои) плотность $\rho_1 = 7800$ кг/м³, модуль упругости $E_1 = 200$ ГПа, коэффициент Пуассона $\nu_1 = 0,3$. Рассмотрены три варианта исполнения наполнителя,

широко используемого при производстве сэндвич-панелей: минеральная вата – плотность $\rho_2 = 75 \text{ кг/м}^3$, модуль упругости $E_2 = 5,6 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\nu_2 = 0,12$, пенополиуретан – плотность $\rho_3 = 45 \text{ кг/м}^3$, модуль упругости $E_3 = 12 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\nu_3 = 0,26$; пенополистирол – плотность $\rho_4 = 20 \text{ кг/м}^3$, модуль упругости $E_4 = 15 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\nu_4 = 0,2$. Принято, что пенопластовые подложки обладают характеристиками: плотность $\rho_5 = 15 \text{ кг/м}^3$, модуль упругости $E_5 = 10 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\nu_5 = 0,2$. Поскольку на нижнюю панель в ярусе приходится наибольшая нагрузка от расположенных сверху панелей, то расчеты выполнялись для этой панели. Учет движения груза с транспортным средством выполнен с помощью силы инерции, которая приложена к одиннадцати панелям, расположенным выше нижней. Такое ее действие приводит к неравномерности вертикального давления на нижнюю панель. Это давление передается нижней панели через две пенопластовые прокладки. Для каждого вида панелей с учетом возникающей при торможении силы инерции определены интенсивности распределенной нагрузки. Для пакетов, сформированных из панелей со средним слоем из минеральной ваты, давление составило 14265 Н/м^2 ; для пакетов панелей из пенополистирола – 5418 Н/м^2 ; для пакетов панелей из пенополиуретана – 9490 Н/м^2 .

Результаты расчета напряженно деформированного состояния показали, что наибольший прогиб и напряжения возникают в зоне контакта подложки и нижней панели в пакете, средний слой которого выполнен из минеральной ваты, поскольку данный материал обладает большей способностью к деформации. Максимальные значения прогиба и напряжения в панели с наполнителем из пенополистирола оказались практически в два раза меньше, чем у аналогичной панели со средним слоем из пенополиуретана.

Анализ частот собственных колебаний сэндвич-панелей представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Значения частот собственных колебаний сэндвич-панелей при различных материалах среднего слоя

Форма колебаний	Собственные частоты колебаний сэндвич-панели со средним слоем, Гц		
	Минеральная вата	Пенополистирол	Пенополиуретан
1	13,670	19,991	17,369
2	14,930	20,177	17,466
3	27,857	38,505	33,581

Приведенные результаты показывают, что значения частот собственных колебаний по первой форме для панелей с более жестким наполнителем превышают частоты собственных колебаний панели с наполнителем из минеральной ваты на 30–50 %. Собственные частоты колебаний панелей с более легким средним слоем из пенополистирола и пенополиуретана отличаются незначительно несмотря на то, что плотности этих материалов различаются более, чем в два раза.

При транспортировке пакетов на полуприцепе автотранспортного средства, движущегося со скоростью 60–85 км/ч по ровным и неровным дорогам, колебания полуприцепа происходят при частотах 5–7 Гц. При размещении в пакете нескольких панелей частоты колебаний системы оказываются приблизительно в три раза меньшими [4]. Следовательно, использование наполнителя, отличного от минеральной ваты, не приводит к увеличению частот собственных колебаний до значений, при которых возможно уйти от резонанса. Значительные амплитуды колебаний могут привести к расслаблению средств крепления, смещению панелей в штабеле и стать причиной смещения груза относительно пола полуприцепа, либо его опрокидыванию.

Таким образом, результаты исследования показывают, что использование в качестве наполнителя сэндвич-панелей более жестких материалов не приводит к существенным изменениям напряжений и частот собственных колебаний. Поэтому при организации транспортировки таких панелей не рекомендуется создавать транспортные пакеты с числом панелей, большим, чем семь.

Список литературы

- 1 **Mallikarjuna, K. T.** Free vibration of symmetrically laminated plates using a higher-order theory with finite element technique / K. T. Mallikarjuna // Int. J. Numer. Meth. Eng., 1989. – Vol. 28, no. 8. – P. 1875–1889.
- 2 **Лопатин, А. В.** Определение основной частоты колебаний прямоугольной трехслойной пластины с двумя свободными краями / А. В. Лопатин, П. О. Деев // Вестник СибГАУ. – 2011. – Вып. 1 (34). – С. 46–50.
- 3 **Кракова, И. Е.** Свободные колебания транспортных пакетов из сэндвич-панелей / И. Е. Кракова, О. И. Якубович // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – Вып. 11. – С. 150–154.
- 4 **Шимановский, А. О.** Моделирование колебаний и напряженно-деформированного состояния пакетов сэндвич-панелей при их транспортировке / А. О. Шимановский, И. Е. Кракова // Строительная механика и конструкции. – 2022. – № 4. – С. 49–57.

МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ ПОВЫШЕННОЙ ВОДОСТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК

Д. В. МАЛАШКОВ, А. С. НЕВЕРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Гипсовые вяжущие вещества являются одним из самых эффективных и перспективных строительных материалов, которые в настоящее время нуждаются в расширении и обновлении с учетом последних научных достижений. Новые исследования и разработки позволяют расширить область применения гипсовых строительных материалов и изделий на их основе путем улучшения их эксплуатационных характеристик, особенно водостойкости и прочности.

Анализ литературных данных [1–4] показывает, что для улучшения строительно-технических свойств гипсового камня существует достаточно широкий спектр приемов. В частности, к одному из таких способов относится добавление к гипсовому вяжущему полимерных добавок.

Цель данной работы – изучить влияние различных полимерных добавок на физико-механические свойства гипсового вяжущего.

Добавление редиспергирующих порошков (РПП).

РПП – это полимеры, при введении которых в состав композиций замедляется скорость формирования кристаллогидратов и предотвращается их образование в жидкой фазе. Использовался гипс строительный, из которого готовилось тесто с $V/\Gamma = 0,48$, р-модификации марки Г4 (ГОСТ 125-79) производства Челябинского гипсового завода.

В качестве РПП был использован дисперсионный латексный порошок марки DLP.

Поскольку РПП снижает подвижность гипсового теста [1], то в гипсовую массу вводится лигно-сульфонатный пластификатор Stachoplast (BV) в количестве 1,5 % от массы вяжущего, что обеспечивает достижение необходимой подвижности.

В присутствии пластификатора (ЛСТ) в объеме 1,5 % снижается подвижность гипсового теста, и только при дозировке 1 % она возрастает.

Для повышения прочности и снижения трещиностойкости гипсового камня в гипсовую смесь вводят волокнистый наполнитель [1]. В качестве такого наполнителя использован коротковолокнистый асбест Баженовского месторождения (Урал) в количестве 0,05; 0,1; 0,15; 0,20 % (от массы гипсового вяжущего).

При введении асбеста в комплексе с РПП и ЛСТ подвижность снижается, однако при увеличении содержания асбеста сверх 0,20 % она возрастает.

Определение физико-механических свойств гипсового камня показало, что введение коротковолокнистого асбеста в комплексе с РПП приводит к существенному росту прочности (на 193 % при изгибе и на 68 % при сжатии).

Таким образом, указанный комплекс является действенным средством увеличения механической прочности гипсовых изделий.

Добавление добавки из декстрина.

Декстрин – это полисахарид, который получают из крахмала. Он является продуктом переработки кукурузы, картофеля, пшеницы и других возобновляемых растений и широко используется в производстве различных материалов. Его полимерная структура имеет разветвленную форму и содержит кислородсодержащие циклические элементы с кислородным мостиком –O– (связь –C–O–C–), а также гидроксильные (–OH), спиртовые (–C–OH) и гидроксиметильные (–CH₂OH) группы [2]. Эти функциональные элементы в структуре декстрина могут оказывать определенное влияние на реологические свойства неорганических вяжущих материалов.

Добавка декстрина 0,01–0,03 % приводит к существенному росту прочности гипсового камня. Дальнейшее увеличение содержания химической добавки сопровождается тенденцией незначительного снижения прочности. Введение декстрина ведет к повышению прочности гипсового вяжущего до 70 %. Имеющиеся экспериментальные данные свидетельствуют, что декстрин является эффективным модификатором как гипсовых, так и наполненных минеральными добавками гипсовых вяжущих. Его применение позволяет повысить подвижность гипсового теста и увеличить прочность гипсобетона. Кроме того, оно позволяет повысить качество строительных смесей при одновременном уменьшении удельного расхода гипса [2].

Добавление: суперпластификатор на основе сульфированной меламинформальдегидной смолы (смФ), метилцеллюлоза (мц) и редиспергируемый полимерный порошок на основе сополимеров винилацетата, этилена и винилхлорида (ВАЭвх).

Проведенные исследования показали, что добавки на основе сульфированной меламинформальдегидной смолы, метилцеллюлозы и сополимеров винилацетатэтилена с винилхлоридом оказывают влияние на форму, размер и внешний вид кристаллов двухводного гипса.

Рентгеноструктурный анализ подтвердил, что молекулы полимерных добавок не внедряются в структуру двухводного сульфата кальция, и химический состав продукта остается неизменным. В результате термического анализа установлено, что при воздействии высокой температуры введение рассматриваемых добавок не ведет к ухудшению стабильности кристаллов двухводного гипса. Определено, что наибольшее влияние на кристаллизацию двухводного гипса оказывает суперпластификатор на основе сульфированной меламинформальдегидной смолы [3].

Добавление латексных порошков.

Для исследования использовалось композиционное гипсовое вяжущее марки Г7, которое было получено из фосфогипса дигидрата с использованием алюмосиликатных добавок [4].

В результате добавления латексных порошков к гипсовому вяжущему, полученному из фосфогипса дигидрата с использованием алюмосиликатных добавок [4], удалось достичь повышения прочностных характеристик и водостойкости. Использование редиспергируемых полимерных порошков, таких как VINNAPAS 5010N и VINNAPAS 5028E, в дозировке от 0,7 до 1,2 % от массы вяжущего, привело к значительному увеличению водостойкости композиционного вяжущего до коэффициента размягчения $K_p = 0,82$. При дальнейшем увеличении дозировки порошков результаты незаметно улучшились.

Таким образом, экспериментально было подтверждено эффективное повышение водостойкости гипсового вяжущего на основе фосфогипса с использованием водорастворимых редиспергируемых полимерных порошков VINNAPAS 5010N и VINNAPAS 5028E. Были определены оптимальные дозировки данных порошков.

Анализ исследований с применением различных полимерных добавок показывает, что практически все вышепримененные полимерные добавки оказали положительный эффект на показатели прочности и водостойкости гипсовых вяжущих.

Результаты данных исследований будут использованы в дальнейших исследованиях, где необходимо рассмотреть возможность комплексного применения полимерных добавок.

Список литературы

- 1 Влияние редисперсионных полимерных порошков на свойства самонивелирующихся композиций / С. П. Сивков [и др.] // Сухие строительные смеси: наука и практика. – 2006. – № 10. – С. 58–61.
- 2 Механизмы влияния декстрина и модифицированного лигносульфоната технического на процессы гидратации и твердения портландцемента / А. Шарифов [и др.] // Известия АН РТ. – 2010. – № 4 (141). – С. 78–84.
- 3 Шарифов, А. Повышение прочности и снижение водопоглощения гипсобетона минерально-химическими добавками / А. Шарифов, А. А. Акрамов, У. Х. Умаров // Технологии бетона. Сер. 1-2. – 2012. – № 66-67. – С. 68–69.
- 4 Бутт, Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашков. – М. : Высш. шк., 1980. – 472 с.

УДК 624.131

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВЕРТИКАЛЬНОГО АРМИРОВАНИЯ СЛАБОГО ОСНОВАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВА СПЛОШНОЙ ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДОМА

А. Н. НЕВЕЙКОВ

Государственное предприятие «Институт “Белжелдорпроект”», г. Минск, Республика Беларусь

В. Н. ДЕДОК

Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

Рассматриваются вопросы проектирования фундаментов типового двухсекционного 11-этажного жилого крупнопанельного дома, который имеет перекрёстно-стеновую конструктивную систему с уз-

ким шагом (до 3,6 м) поперечных стен и опиранием перекрытий по контуру, а также размещенное под всем зданием техническое подполье для прокладки коммуникаций.

Анализ инженерно-геологических изысканий площадки строительства показал невозможность применения наиболее экономичных ленточных фундаментов. Согласно изысканиям грунтовой массив в пределах строительной площадки сложен сверху вниз техногенными отложениями из насыпных грунтов мощностью от 0,5 до 3,8 м с включениями строительного мусора, флювиогляциальными надморенными отложениями мощностью от 0,4 до 1,7 м из песка пылеватого средней прочности (модуль деформации $E = 14$ МПа) и прочного ($E = 16$ МПа), моренными отложениями мощностью от 11 до 23 м из супеси прочной ($E = 23$ МПа) и суглинков слабых ($E = 4,2$ МПа), средней прочности ($E = 8,5$ МПа), прочных ($E = 26$ МПа) и очень прочных ($E = 46$ МПа) с включениями гравия и гальки. В результате в качестве основного варианта принят сплошной плитный фундамент толщиной 600 мм. Опыт строительства жилых высотных зданий с использованием таких фундаментов показывает их эффективность как с точки зрения надежности, так и ведения строительно-монтажных работ. По результатам статического расчета здания методом конечных элементов в программе «ING+» с учетом смоделированных фактических инженерно-геологических условий (грунт задавался по скважинам объемными элементами в виде упругого изотропного полупространства) определено, что при осредненном расчетном давлении фундамента на основание в 170–180 кПа при $\gamma_f = 1,0$ прогнозируемые осадки фундаментной плиты на упругом основании превышают допустимые нормами значения по максимальной величине и неравномерности [1], что впоследствии было подтверждено расчетом методом конечных элементов в программе GEO5-FEM.

С учетом полученных результатов расчета было предложено под частью сплошной фундаментной плиты выполнить вертикальное армирование слабых грунтов (геомассив) забивными сваями переменной длины сечением 300×300 мм для получения эквивалентного модуля деформаций усиленного грунта $E_{\text{экв}} > 20$ МПа. Под всей плитой был предусмотрен распределительный слой из песчано-гравийной смеси толщиной 500 мм с $E = 35$ МПа. Это решение позволило исключить применение свайного или плитно-свайного фундамента с длинными сваями. Забивные сваи выбраны на основании технико-экономического сравнения со щебеночными и буронабивными. Под полученным искусственным основанием расположены:

- суглинок моренный средней прочности с характеристиками $\gamma_{\text{II}} = 19,3$ кН/м³; $C_{\text{II}} = 33,1$ кПа; $\varphi_{\text{II}} = 24,4^\circ$; $E = 8,5$ МПа (под уплотненным распределительным слоем в месте отсутствия вертикального армирования);

- суглинок моренный прочный с характеристиками $\gamma_{\text{II}} = 19,9$ кН/м³; $C_{\text{II}} = 44,4$ кПа, $\varphi_{\text{II}} = 26,9^\circ$; $E = 26$ МПа (под нижними концами вертикальных армирующих элементов и суглинком моренным средней прочности).

Одним из важных отличий данного искусственного основания является то, что отсутствует прямой контакт между плитным фундаментом и сваями из-за передачи нагрузки через распределительный слой грунта. За счёт работы этого слоя нагрузка на сваи от плиты распределяется равномерно. Еще одним важным отличием является отсутствие ограничений к длине и диаметру армирующих элементов. Отмеченные особенности влияют на напряженно-деформированное состояние такого основания.

Несмотря на имеющийся опыт применения метода вертикального армирования оснований плитных фундаментов зданий в строительной практике Республики Беларусь (из литературных источников [2, 3] и др. известно о применении более чем на 15 объектах) и наличие практического метода расчета таких оснований, изложенного в рекомендациях Р 1.02.133-2014 [4], которые разработаны РУП «Институт “БелНИИС”», широкое применение данного метода всё еще затруднительно. Основные затруднения связаны с тем, что в публикуемых сведениях отражены неполные данные об инженерно-геологических условиях площадки строительства, проектных решениях, методах и результатах опытных полевых исследований при отсутствии каких-либо сведений о расчетах численными методами, что затрудняет верификацию предложенного РУП «Институт “БелНИИС”» метода расчета проектными организациями. При этом в рекомендациях в части сплошного плитного фундамента не оговорены возможности применения вертикального армирования под его частью, назначение минимально необходимых длин армирующих элементов и толщины распределительного слоя. Также требует дополнительного уточнения и разъяснения определение эквивалентных физико-механических характеристик искусственного основания. Поэтому при проектировании геомассива дополнительно выполнены уточняющие расчеты:

– по практическому методу, разработанному Федоровским В. Г., Безволевым С. Г., Карауловым А. М. [5, 6];

– методу конечных элементов в геотехнической программе GEO5-FEM, которая позволила учесть фактическое состояние и напластования грунтов основания (для расчёта применена модель Кулона – Мора).

В результате проведенных расчётов удалось получить качественную и количественную оценки работы армированного вертикальными элементами грунтового массива, что позволило окончательно назначить длину свай от 4 до 8 м и шаг в 1,8 м, рассчитать максимальное усилие в армоэлементах и осадку плитного фундамента. По результатам расчёта в геотехнической программе GEO5-FEM был определен эквивалентный модуль деформации геомассива, который составил 20–25 МПа и был далее применен в программе ING+ для совместного расчёта здания с основанием и назначения армирования плиты.

Результатами расчёта в программе GEO5-FEM установлено, что:

– максимальная осадка фундаментной плиты на естественном основании не превышает 205 мм при относительной разности осадок не более 0,005, а на искусственном – 95 мм и 0,0015 соответственно;

– максимальное расчетное усилие в армирующем элементе не превышает 475–525 кН при передаче грунтом на верхний и нижний концы расчетного усилия не более 275–325 кН;

– применение вертикального армирования основания привело к равномерной передаче давления на грунтовый массив, которое не превышало расчетного сопротивления грунта распределительного и подстилающего слоев, снизило осадку плитного фундамента на почти 55 %.

При расчёте по рекомендациям и методу, предложенному Федоровским В. Г. и Карауловым А. М., для наиболее неблагоприятных условий (скважины) установлено, что максимальная осадка фундаментной плиты не превышает 80 и 105 мм соответственно при максимальном расчетном усилии в свае до 500 кН.

Для контроля качества работ проектом были запланированы три опытных полевых испытания геомассива через распределительный слой железобетонным штампом размером 3,00×1,75 м, загружаемым ступенчато возрастающей статической вдавливающей вертикальной нагрузкой до достижения давления под штампом в 250 кПа. В результате проведенных штамповых испытаний был определен эквивалентный модуль деформаций геомассива, который составил 40–45 МПа, что превысило проектное значение.

С учётом вышеизложенного по окончательному проектному решению под частью сплошного плитного фундамента двухсекционного 11-этажного жилого дома было выполнено вертикальное армирование слабых грунтов забивными сваями и устройство под всей плитой распределительного слоя из песчано-гравийной смеси. Это обеспечит равномерную расчетную осадку здания, не превышающую допустимых значений. Эффективность принятого решения подтверждена результатами расчетов в программах GEO5-FEM и ING+ и опытных полевых штамповых испытаний статической вдавливающей нагрузкой.

Список литературы

1 ТКП 45-5.01-254-2012. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования. – Минск : Стройтехнорм, 2012. – 164 с.

2 **Кравцов, В. Н.** Исследование вертикально армированных оснований плитных фундаментов грунтобетонными микросваями и апробация их результатов в производственных условиях / В. Н. Кравцов, С. А. Якуненко, П. В. Лапатин // Вестник Полоцкого государственного университета. – 2015. – № 16. – С. 40–47.

3 **Сернов, В. А.** Применение геомассива при строительстве трех девятиэтажных жилых домов в г. п. Колодищи / В. А. Сернов, Т. В. Тронда // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров в Республике Беларусь : сб. тр. XVIII Междунар. науч.-метод. семинара, Новополоцк, 28–29 ноября 2012 г. – 2012. – Т. II. – С. 286–292.

4 Р 1.02.133-2014. Рекомендации по проектированию и устройству вертикально армированных оснований (геомассивов) для плитных фундаментов зданий и сооружений в грунтовых условиях Республики Беларусь. – Минск : Стройтехнорм, 2014. – 28 с.

5 **Федоровский, В. Г.** Метод расчета свайных полей и вертикально армированных грунтовых массивов / В. Г. Федоровский, С. Г. Безволев // Основания, фундамент и механика грунтов. – 1994. – № 3. – С. 11–15.

6 **Караулов, А. М.** Решение одномерной задачи уплотнения вертикально армированного основания / А. М. Караулов // Труды НГАСУ. – 1998. – Т. 1, № 3 (3) – С. 29–33.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕЛИОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

М. А. ПРАВЕДНАЯ

ОАО «Институт Гомельоблстройпроект», Республика Беларусь

Т. В. ЯШИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Процесс изготовления изделий из железобетона связан с необходимостью непрерывного потребления теплоносителя. Для этого осуществляется накопление энергии в теплоаккумулирующих стендах и основаниях с последующей передачей накопленного тепла твердеющему бетону при его термовлажностной обработке. Увеличение энергоэффективности изготовления изделий возможно при использовании солнечной энергии. Однако ее поступление носит динамичный характер, поэтому солнечная энергия накапливается в теплоаккумулирующих материалах, а также применяются смешанные системы с дополнительным источником энергии, что существенно повышает производительность технологической линии. Комбинированные и теплонакопительные энергетические системы, установки для термовлажностной обработки железобетонных изделий с применением лучистой энергии достаточно широко используются на предприятиях строительной индустрии в странах СНГ [1].

Теплоаккумулирующие стенды связываются с одно- или двухконтурной системой нагрева жидких теплонакопительных материалов и таким образом одновременно выполняют роль как термоагрегатов, так и аккумуляторов тепла. На площадке-аккумуляторе обработка изделий осуществляется по поточно-агрегатной и стендовой технологиям. Высота теплоаккумулирующего слоя: 5–10 см – в случае прямого нагрева солнечной радиацией; 10–20 см при круговороте жидкого теплоносителя через этот слой и плоские коллекторы.

Неподвижная матрица-стенд снабжена подогреваемым поддоном, который имеет вид ложемента под нестандартные железобетонные конструкции или изделия конкретного сортамента. Поддон наполняется гравием, через который прокачивается прогреваемый в коллекторах одно- или двухконтурной системы жидкий теплоноситель. Верхняя часть матрицы – инвентарная рама с заполнением из прозрачного материала.

Теплоаккумулирующие стенды с *камерами неглубокого заложения* применяются при пакетной тепловой обработке. Камеры с высотой яруса, соответствующей трем-четырем плитам, целесообразно применять для тонкостенных изделий толщиной 5–15 см. Плоские плиты такой толщины в индивидуальных формах с прозрачными покрытиями быстро прогреваются, а в вечернее и ночное время легко охлаждаются.

ВНИПИ Теплопроект разработан *универсальный теплоаккумулирующий гелиостенд*, который представляет собой камеру из тяжелого бетона, перекрытую двухслойной светопрозрачной крышкой [2]. Камера рассчитана на 1–13 изделий в формах по высоте.

Комбинированная энергетическая установка с установленными на внутренних ее стенах плоскими парафиновыми аккумуляторами прошла промышленные испытания на Орском заводе ЖБИ. Первый вариант ее эксплуатации состоит в нагреве парафина в дневное время за счет солнечной энергии и поддержании параметров изотермического выдерживания в ночное время с помощью электроэнергии. Второй вариант предполагает нагрев парафиновых аккумуляторов в ночное время к моменту восхода солнца электроэнергией. К этому времени завершаются технологические процессы изготовления бетонных изделий, которые далее размещаются в гелиокамере, где осуществляют термообработку бетона как накопленной в ночное время электроэнергией, так и поступающей в дневное время солнечной энергией. Весь цикл термообработки в такой камере длится 22 часа [3].

Такая гелиокамера способна аккумулировать солнечную энергию в течение светового дня при любой ориентации на местности. Снаружи камеры на ее стенах размещают плоские емкости с парафином, а также крепят металлические переплеты, заполненные прозрачным стеклом. Исследование режима твердения бетона продемонстрировало равномерное увеличение температуры в изделиях в случае, если общий перепад ее по высоте пакета при нагреве не превышает 10 °С.

Для тонкостенных железобетонных изделий предлагается в период высокого уровня солнечной радиации концентрировать энергию в нижней части опалубочных форм, а в качестве накопителя применять парафин, бетон, воду. Толщина слоя сменных теплонакопительных оснований принималась: бетона – 5 см, парафина – 1,6 см, воды – 2,5 см, причем тяжелый бетон представляет монолитный слой, контактирующий с нижней поверхностью фрагмента опалубки, а для парафина и воды используются металлические емкости [4].

Анализ технико-экономических показателей использования различных видов теплоаккумулирующих материалов демонстрирует неоднозначность ситуаций по их выбору. Возрастание прочности твердеющего бетона на 15–17 % при использовании в качестве накопителя воды и парафина сопровождается высокими начальными затратами на производство и установку специальных герметичных емкостей. Парафин имеет невысокую стоимость, достаточно дефицитен, поскольку широко используется в разных отраслях промышленности. Вода, взаимодействуя со стальными емкостями, приводит к их коррозии, которая снижает эксплуатационную надежность оснований. Представляется предпочтительным использование тяжелого бетона, который, обладая пониженным значением объемного теплосодержания, легко доступен и технологичен.

В условиях снижения поступления лучистой энергии находят применение *стационарные теплоаккумулирующие комбинированные гелиокамеры*, которые могут эксплуатироваться в осенне-весенний и зимний периоды года. Такие камеры состоят из бетонных стен и днища, которые являются аккумуляторами тепла, и съемной двухслойной [5] или трехслойной [6] прозрачной крыши, монтируемой на стены.

Инфракрасные излучатели, с помощью которых преимущественно и проводится термообработка бетона, играют роль дублирующего источника энергии, размещаются под опалубочной формой. Суточная зрелость бетона, который твердеет в теплонакопительной камере, оказывается на 16–17 % выше, чем у бетона, отвердевающего под двухслойным светопрозрачным покрытием; на 20 % выше, чем под пленкообразующим составом, и на 56 % выше, чем при твердении без ухода [6].

Обеспечение одинаковых значений распалубочной и отпускной прочности, показателей по экономии энергии, связанных с круглогодичным гелиопрогревом, в основном определяется географическим месторасположением гелиополигона, классом бетона и размерами изготавливаемых изделий.

Список литературы

- 1 Гелиосистемы для повышения эффективности использования солнечной энергии в технологии бетона / А. Ж. Айменов [и др.] // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2021. – Т. 17, № 2 (24). – С. 57–63.
- 2 Заседателев, И. Б. Гелиотермообработка сборного железобетона / И. Б. Заседателев, Е. Н. Малинский, Е. С. Темкин. – М. : Стройиздат, 1990. – 310 с.
- 3 Подгорнов, Н. И. Методы термообработки сборного и монолитного железобетона с использованием солнечной энергии : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.08 / Н. И. Подгорнов. – М. : 2005. – 487 с.
- 4 Подгорнов, Н. И. Теплоаккумулирующие и комбинированные энергетические системы и установки для термообработки бетона с использованием солнечной энергии / Н. И. Подгорнов, Д. Д. Коротеев / Строительство и реконструкция. – 2009. – № 4 (24). – С. 70–76.
- 5 Борбоев, А. М. Тепловая обработка изделий из тяжелого бетона в теплоаккумулирующих гелиокамерах : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / А. М. Борбоев. – М., 1993. – 195 с.
- 6 Орозбеков, М. О. Комбинированная гелиотермообработка сборного железобетона в условиях жаркого климата : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.08 / М. О. Орозбеков. – Ош, 1994. – 270 с.

УДК 624.05

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В. М. ПРАСОЛ, Т. О. ЛЕОНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing – от слова «аддитивность» – прибавление) – это послойное наращивание и синтез объекта с помощью 3D-печати.

Родоначальниками современных аддитивных технологий можно считать две технологии, появившиеся ещё в 1890 г. Первая технология – изготовление трёхмерных карт поверхности местности. Из тонких восковых пластин вырезались фрагменты, соответствующие воображаемому горизонтальному сечению объекта, эти пластины укладывались одна на другую в определенном порядке

и склеивались. После этого поверх полученных фигур накладывали бумагу и формировали макет отдельного элемента ландшафта.

Вторая технология – фотоскульптура. Вокруг объекта или субъекта располагались фотокамеры и производилось одномоментное фотографирование на все камеры. Каждое изображение проецировалось на полупрозрачный экран, и оператор пантографом обрисовывал контур. Пантограф был связан с режущим инструментом, который удалял глину в соответствии с профилем текущего контура. Позже стали использовать фоточувствительный желатин.

Технология трёхмерной печати появилась в конце 80-х годов XX в. В 1986 г. был предложен способ послойного синтеза посредством ультрафиолетового излучения, сфокусированного на тонкий слой фотополимерной смолы. В этом же году был собран первый 3D-принтер.

Общедоступными аддитивные технологии стали после того, как в 1995 году студенты Массачусетского технологического университета внедрили технологию послойного синтеза материала в корпус обычного настольного принтера.

Современная 3D-печать может производиться различными методами. К наиболее распространенным можно отнести следующие три технологии.

1 SLA-технология (от Stereolithography Apparatus), или стереолитография, – метод поэтапного послойного отверждения жидкого фотополимера лазером.

2 SLS-технология (от Selective Laser Sintering) – метод послойного лазерного спекания мелких частиц полимерного порошка в прочную структуру на основе 3D-модели.

3 FDM-технология (от Fused Deposition Modeling) подразумевает создание объектов при помощи послойного нанесения расплавленного материала.

Сейчас аддитивные технологии достаточно распространены в таких сферах, как медицина, машиностроение, ювелирное дело. Также аддитивные технологии нашли применение и в строительстве. Наиболее часто 3D-печать в строительстве служит для создания ограждающих конструкций. Кроме того, их можно использовать для заливки фундамента и даже печати строений целиком.

Строительные 3D-принтеры печатают конструкции путем экструзии (выдавливания) специальной смеси по заданной трехмерной компьютерной модели. Заранее подготовленная смесь загружается в устройство и подается к головке принтера.

По данным The Business Research Company, ожидается, что объем мирового рынка строительства зданий с использованием 3D-печати вырастет с 31,55 млн долларов в 2021 году до 2 004,73 млн долларов в 2026 году со скоростью 194,20 %. В последующем прогнозируется рост объема мирового рынка строительства зданий с использованием аддитивных технологий на 83,10 % с 2026 года и достигнет 41 258,61 млн долларов в 2031 году.

Прогнозируемый рост обуславливается технологическим прогрессом, ростом инвестиций в строительство с использованием аддитивных технологий, сокращением производственных расходов, развитием технологий 3D-печати и экспоненциальным ростом урбанизации.

По географическому признаку рынок строительства зданий с применением аддитивных технологий сегментирован:

– на Азиатско-Тихоокеанский регион (Китай, Индия, Япония, Австралия, Индонезия, Южная Корея);

– Северную Америку (США);

– Южную Америку (Бразилия);

– Западную Европу (Франция, Германия, Великобритания);

– Восточную Европу (Россия);

– Ближний Восток;

– Африку.

На долю Азиатско-Тихоокеанского региона приходилось 31,33 % мирового рынка строительства зданий с использованием 3D-печати в 2022 году, благодаря этому он являлся крупнейшим регионом на рынке. За ним следовали Северная Америка, Западная Европа и другие регионы. В дальнейшем прогнозируется, что самыми быстрорастущими регионами будут также Азиатско-Тихоокеанский регион и Северная Америка, где среднегодовой темп роста составит 198,70 и 196,80 % соответственно в период с 2021 по 2026 год.

Рассматриваемая технология возведения зданий имеет следующие преимущества по сравнению с традиционными методами.

Применение 3D-печати позволяет создавать объекты сложных, разнообразных форм, ускорять сроки строительства.

Производство является безотходным, так как сам метод заключается в изготовлении изделия «добавлением» материала, а не «вычитанием» лишнего материала из заготовки, как при традиционных методах производства строительных конструкций. Это позволяет экономить на исходных материалах. Чем сложнее форма, тем существеннее будет экономия.

Использование 3D-принтеров позволяет уменьшить количество рабочих на стройплощадке. Так, для обслуживания строительного принтера требуются операторы, диспетчер-логист и рабочие, которые подают рабочую смесь; специалисты, монтирующие арматуру, закладные и окна с дверьми. Большинство тяжелого труда, который выполняют рабочие при традиционных методах строительства, при аддитивном строительстве выполняется 3D-принтером, что позволяет сделать труд рабочих на объектах интеллектуальным и снизить влияние человеческого фактора. Также это приводит к сокращению расходов на оплату труда за счёт автоматизации.

Экономия на исходных материалах и оплате труда позволяет снизить расходы на возведение «коробки» здания на 30–40 %, что в общем объеме составляет 7–10 %.

Также следует отметить, что применение аддитивных технологий подразумевает обязательное использование BIM-технологий (Building Information Modeling), которые позволяют создавать информационные модели объектов и рассматривать эти модели с учётом их полного жизненного цикла.

В то же время существует ряд недостатков, препятствующих распространению 3D-печати. К ним можно отнести достаточно высокую стоимость 3D-принтеров, отсутствие нормативно-технической базы, сложные составы бетонных смесей, невозможность выполнения работ при температуре ниже 5 °С. Также все ещё не решены вопросы по армированию и утеплению конструкции в рамках единого процесса и нет достаточного опыта эксплуатации подобных зданий и сооружений.

В современном строительном мире много внимания уделяется зелёному строительству, использованию информационного моделирования, автоматизации строительных процессов. Всё это включает в себя строительство с использованием аддитивных технологий. 3D-печать в строительстве является новым и весьма перспективным направлением, которое в ближайшем будущем сможет стать полноценным конкурентом традиционным методам строительства, а возможно, и обойти их при возведении малоэтажных зданий и зданий сложных форм.

Список литературы

- 1 Пустовгар, А. П. Технология и организация аддитивного строительства / А. П. Пустовгар, А. О. Адамцевич, А. А. Волков // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 9. – С. 12–20.
- 2 Демиденко, А. К. Перспективы применения 3D-печати в строительном комплексе Российской Федерации / А. К. Демиденко, А. В. Кулибаба, М. Ф. Иванов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – № 12. – С. 71–96.
- 3 Аддитивные технологии в строительстве: нишевые решения или предел рынка? / Консалтинговая группа «Текарт». 2021. – 19 с.
- 4 Антонова, В. С. Аддитивные технологии : учеб. пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. – СПб. ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. – 30 с.
- 5 3d-Printing Building Construction Market [Электронный режим]. – Режим доступа : <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/>. – Дата доступа : 12.09.2023.

УДК 624.15:728.1

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МЕТОДА УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТА В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНАХ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

В. М. ПРАСОЛ, Д. М. ГОЛОВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В Республике Беларусь, как и в других странах, наблюдается концентрация населения в крупных городах.

За период с 1991 по 2021 год уровень урбанизации в Республике Беларусь увеличился с 66,3 до 77,5 %. Ожидается, что уровень урбанизации будет увеличиваться и в 2030 году превысит 80 %.

В связи с этим градостроительная политика идет в направлении к наиболее рациональному использованию городского пространства и уплотнению существующей застройки. Поэтому в современном мире развитие мегаполисов и крупных городов Беларуси происходит как за счет использо-

вания подземных территорий (вглубь), так и за счет многоэтажного строительства (вверх), данные решения позволяют более рационально использовать существующие городские территории.

Стесненные условия городской застройки на начальных этапах проектирования и строительства зданий и сооружений создают ряд сложных и трудных геотехнических проблем, которые следует решить проектировщикам и подрядным организациям.

Самыми первостепенными проблемами в возведении зданий в центральных районах крупных городов являются: необходимость обеспечения и поддержания на том же уровне, что и до строительства в данных условиях, эксплуатационных свойств существующих зданий и сооружений, которые находятся в опасном приближении от строительной площадки.

Строительство новых зданий, находящихся в опасной близости к уже существующим зданиям и сооружениям, является более трудной задачей, чем строительство в нормальных условиях на отдельной площадке. Данная ситуация может вызывать дополнительную усадку и деформацию основания, в результате чего напряжение в грунтовых массах может увеличиться, что, в свою очередь, может привести к появлению в фундаментах, а далее и в несущих стенах близлежащих зданий деформаций, трещин, перекосов перемычек и лестничных клеток и маршей, к сдвигу и деформации плит перекрытий и т. п. до осадки части здания и его разрушения. Наиболее опасным при строительстве в таких условиях является также наличие слабых грунтовых масс под основанием фундаментов зданий, которые могут усугубить действие данных деформаций.

Помимо данной проблемы, существуют также следующие: ограниченность территории; необходимость постоянного геотехнического мониторинга; трудности в размещении крупногабаритной техники (башенные краны и т. п.), монтажа рельсовых путей; необходимость в дополнительном укреплении фундамента соседних близких зданий и сооружений, находящихся в опасной близости; высокий уровень шума от техники (компрессоры, элементы вентиляционных систем, различные дробильные и мельничные установки, насосы, и т. д.) и т. п.

В связи с этим возникает необходимость выбора оптимального метода устройства фундамента, который исключал бы возможность возникновения данных проблем.

Наиболее эффективно себя показали методы возведения фундаментов, созданные на принципе струйной цементации грунтов. К таким относятся уже давно известные технологии «Стена в грунте» и «Jet grouting», предоставляющие возможность устройства фундаментов новых зданий и сооружений в центральных районах крупных городов.

Технология устройства «Стена в грунте» направлена на строительство высотных зданий и различных подземных сооружений, таких как парковки, подземные многоярусные комплексы и т. п., в непосредственной близости от уже существующих зданий и сооружений, т. к. полностью исключает динамическое воздействие на грунт.

Метод «Стена в грунте» – это технология возведения фундаментов, ограждений котлованов, подпорных стен и подземных или заглубленных конструкций и сооружений. Её сущность заключается в том, что в грунте, до рытья котлована, размещают траншеи-щели и выемки различной формы в плане (прямоугольная, круглая, и т. п.), в которых из монолитного или сборного железобетона возводят ограждающие конструкции, и уже затем начинаются земляные работы внутри периметра. Метод дает возможность совмещать работы по устройству фундаментов и подвалов, что позволяет уменьшить объемы земляных работ. Он может применяться на любых грунтах, ограничения есть только для данных типов: в грунтах с пустотами и кавернами, на рыхлых свалочных грунтах, скальных, плавунных, дисперсных насыпных, при наличии подземных вод под напором, грунтах со строительным мусором, обломками бетонных и подобных элементов.

При возведении стен способом «Стена в грунте» применяется два вида: свайные и траншейные. Свайные могут быть как сплошными, так и прерывистыми с применением следующих видов свай: бурозаливных, буронабивных, буросекущих, бурокасательных, забивных и вдавливаемых. Траншейные – образуемые сплошной стеной из монолитного, сборного и сборно-монолитного железобетона. В методе с буросекущими сваями устраиваются сваи на расстоянии, меньшем их диаметра; выполняются такие конструкции, как ограждение строительной площадки, подпорные стены или противофильтрационные завесы, однако основания дома он выполнять не способен. Метод разработки траншеи применяют при возведении многоэтажных зданий, где спроектирована многоэтажная подземная часть. Она даёт технологические преимущества при строительстве многоэтажных зданий, в проекте которых предусмотрены многоярусная заглублённая часть, подземная парковка, гараж, хранилища, подвал.

Этот метод позволяет производить строительство в водонасыщенных неустойчивых грунтах, тем самым позволяя отказаться от таких работ, как водопонижение и замораживание грунтов, забивка шпунта; позволяет отказаться от дорогостоящих работ по водоотводу; дает возможность эко-

номить на материалах, снижает энергоёмкость строительства, а также уменьшает сроки строительного производства.

Технология Jet grouting представляет собой применение энергии высоконапорной струи цементного раствора, одновременно направленной на разрушение и перемешивание грунта на месте, с образованием нового материала, который обладает высокими прочностными и деформационными характеристиками и носит название грунтоцемент, однако иногда вместо цементного раствора могут применять струю воды или раствор цементно-бentonитовый.

Цементация грунта производится в два этапа с помощью буровой колонны.

На первом этапе специально оборудованной установкой бурится пробная скважина. Бурение осуществляется до проектной глубины с предварительной промывкой водным раствором под давлением не более 50 атм. Орошение подается на режущий инструмент. Затем насосом высокого давления подается водоцементный раствор под давлением до 500 атм. Этим высоким давлением перекрывается канал орошения и открываются два отверстия, в которых установлены сопла диаметром до 3,0 мм. При медленном вращении и поднятии буровой колонны происходит разрезание и перемешивание грунта энергией высоконапорной струи цементного раствора или воды, которая извергается из сопел.

Существует всего три режима технологии, в зависимости от вида грунта и необходимого размера диаметра свай: однокомпонентная (стандартный метод с использованием перемешивания цементного раствора и грунта), двухкомпонентная (к стандартному методу добавляется энергия струи сжатого воздуха), трехкомпонентная (она похожа на предыдущий режим, однако струя сжатого воздуха используется для создания в грунте полостей, которые заполняются раствором и получают колонны из цементного раствора без примесей грунта)

Рассматривая данную технологию, можно выделить её достоинства: позволяет выполнять работы в условиях плотной городской застройки за счет отсутствия ударных воздействий и небольшого количества техники – буровая установка и узел приготовления цементного раствора, который можно расположить в любом месте на строительной площадке; исключение необходимости предварительной работы с котлованом и работ, связанных с подземными водами; производство работ вне зависимости от типа грунта, от гравийных отложений до мелкодисперсных глин и илов, за счет инъекционного закрепления грунтов; возможность организации работ при отрицательных температурах, в зимнее время года.

Исходя из вышеперечисленного, использование данных методик обеспечит безопасное строительство без дополнительных воздействий на соседние здания как в условиях плотной городской застройки, так и при нестандартных геологических условиях, также за счет скорости возведения фундаментов и подземных конструкций они смогут сократить сроки и стоимость строительства, что делает их лучшим вариантом при строительстве в центральных районах крупных городов.

Список литературы

1 **Басараб, А. Б.** Современные методы устройства фундаментов в стесненных условиях / А. Б. Басараб // Молодежь и наука : сб. материалов IX Всерос. науч.-техн. конф. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://elib.sfukras.ru/bitstream/handle/2311/12327/s099-001.pdf?sequence=1>. – Дата доступа : 14.05.2023.

2 **Копотилова, А. С.** Особенности строительства в условиях плотной городской застройки / А. С. Капотилова // Молодой учёный. – 2017. – № 49 (183). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://imoluch.ru/archive/183/46924/>. – Дата доступа : 14.05.2023.

3 **Протопопова, Д. А.** Проблемы и решения возведения зданий в условиях сложившейся городской застройки / Д. А. Протопопова // Academy. – 2017. – № 2 (12). – С. 142.

УДК 728.1:69

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

В. М. ПРАСОЛ, Д. М. ГОЛОВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Высокая плотность городов стала отчетливой характеристикой городского развития.

Всё началось во второй половине XX века, когда наблюдалась стремительная урбанизация населения. В современном мире данная тенденция также остается, но в меньшем количестве, т. к. в

больших городах всё находится в шаговой доступности и в целом качество жизни лучше. Помимо этого, строительство зданий и сооружений в городе является одним из самых привлекательных направлений для инвестиций денежных средств, поскольку имеет ряд преимуществ: позволяет избежать необходимости прокладки инженерных сетей при наличии соответствующих мощностей, что позволяет сохранить значительную сумму средств; позволяет экономить на строительстве и организации общественно значимых объектов, таких как школы, детские сады, больницы, магазины, банки и другие важные учреждения. Благодаря наличию развитой транспортной инфраструктуры, доставка строительной техники, материалов и сборных конструкций становится гораздо более эффективной и экономически выгодной. Однако, с учетом современных тенденций и роста возведения жилых зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки, требуется разработка и применение разных объемно-планировочных решений, связанных с рядом особенностей:

1 Комфортностью среды проживания. Целью проектирования зданий является удовлетворение всех необходимых потребностей человека. Комфортность среды создается как архитектурно-планировочными решениями, так и применением безопасных и качественных строительных материалов, которые позволят повысить эффективность будущих зданий. Необходимо разработать такие планировочные решения, которые будут учитывать как физическую, так и психологическую связь человека с окружающим его пространством.

2 Многофункциональностью зданий. В современной проектной практике проектирование многофункциональных зданий стало одним из устойчивых тенденций. Интеграция жилых и общественных функций в домах, размещаемых в основном в узлах городской активности, – это один из путей интенсификации освоения городской территории.

3 Универсальными видами строительства. Из всех известных видов наиболее рационально использование монолитного и сборно-монолитного строительства. Достоинства сборно-монолитных домов уже хорошо известны проектировщикам и строителям. Благодаря своим конструктивным архитектурно-планировочным возможностям они все активнее и весьма удачно вписываются в архитектурный ансамбль города.

Технологические особенности строительства зданий из монолитного бетона создают большие возможности архитекторам в их творческих поисках по сравнению со сборным строительством, особенно в условиях жесткой современной технологии. Монолитное строительство за счет своего разнообразия в формообразовании позволяет достичь наиболее полного соответствия зданий с их функциональным назначением, в наилучшей степени соответствовать условиям конкретного участка строительства, что создает благоприятные возможности для создания оригинального, выразительного облика зданий, своеобразных архитектурных ансамблей. Для стесненных условий монолитное домостроение является самым удачным и удобным вариантом.

Также при строительстве зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки необходимо грамотно подойти к выбору конструктивного решения, ведь от этого зависит вид и количество материалов, организация пространства и перемещение на строительной площадке, выбор машин и механизмов, которые могут негативно повлиять на уже существующие здания и сооружения и мешать спокойной и размеренной жизни граждан.

Граждане, которые жили в непосредственной близости от площадки строительства или реконструкции, отмечали некоторые проблемы, которые были с этим связаны:

1 Присутствие постоянного высокого уровня шума.

2 Отсутствие согласования и разрешения на строительство от жильцов ближайших соседствующих домов при планировании сооружения.

3 Изменение транспортной инфраструктуры, которая может привести к ухудшению транспортного потока, вследствие чего могут возникнуть пробки и т. п.

4 Воздействие вибрации от строительной площадки на соседние дома.

При анализе существующих условий строительства были выявлены особые требования, которые должны быть учтены при подготовке и производстве строительного-монтажных работ:

– необходимость проверочных расчетов существующих и монтируемых конструкций на восприятие ими монтажных нагрузок;

– принятие мер по защите существующих инженерных коммуникаций и технологического оборудования от возможных повреждений при выполнении монтажных работ;

– ограничение размеров монтажной зоны и характеристика факторов, влияющих на эти ограничения;

– до возведения фундамента здания необходимо исследовать состояние грунтовых масс в основаниях всех близлежащих зданий и сооружений, чтобы не допустить деформации зданий под ними при производстве работ, а также проводить частый мониторинг и при необходимости укрепить во избежание разрушения;

– необходимость в подготовке и организации дополнительных территорий для сборки нужных элементов конструкций и организации её доставки на строительную площадку, т. к. часто на площадке нет для этого места;

– принятие дополнительных мер при возникновении проблем с доставкой строительных материалов вследствие помех для транспортных средств на дороге;

– использование рациональных транспортных средств и строительной техники, которую можно разместить и функционально использовать на строительной площадке;

– серьёзное отношение к защите населения от воздействия вибраций и шума со строительной площадки с помощью шумозащитных экранов и т. п.;

– соблюдение всех норм законодательства, связанных с утилизацией отходов строительства, использованием нетоксичных материалов при очистке площадки и т. д.

Также часто возникают ситуации со сложностью организации на строительной площадке бытовых и временных построек для рабочих кадров. В таких случаях допустимо их вынесение на соседние свободные участки за пределами застройки. К таким постройкам относятся: административно-бытовые помещения, столовые, санитарные помещения, мастерские и цеха арматурных, слесарных, столярных работ, закрытые складские помещения и т. п.

Особое внимание стоит уделить технике безопасности и охране труда на строительной площадке: организовать эвакуационные выезды по строительной площадке, пожарные гидранты, готовые к использованию, ограждения вокруг котлована и ограничительной обноски, средства экстренного тушения пожара, навесы над пешеходными зонами вдоль строительной площадки, указатели зон проведения работ.

При возведении жилых и общественных зданий в стесненных условиях требуется разработка специальных методов и приемов, использование малогабаритных транспортных средств. Наиболее эффективна такая система, в состав которой входят универсальные машины, способные выполнять несколько механизированных процессов.

С увеличением численности населения крупных городов возрастает необходимость рационального использования городских территорий и уплотнения городской застройки. С каждым годом данный вопрос увеличивает свою актуальность, однако до сих пор у нас нет необходимой нормативной базы для безопасного и эффективного возведения зданий в данных условиях. Поэтому при проектировании и строительстве в таких условиях необходимо знать и понимать все сопутствующие проблемы и особенности, с которыми можно столкнуться, следует быть подготовленным и применять соответствующие меры, которые смогут обеспечить эффективность и безопасность.

Чем быстрее уплотняется застройками пространство в городе, тем меньше становятся свободные участки земли для строительства новых зданий и сооружений. В связи с этим проблема возведения зданий и сооружений в густозастроенных городских территориях является особо значимой на сегодняшний день и требует разработки целого комплекса мер и технологий для обеспечения безопасности и оптимизации производства строительных работ и, как следствие, увеличения технико-экономических параметров возведения зданий. Нужно понимать все проблемы и особенности, с которыми можно столкнуться при строительстве, а также как можно раньше суметь предвидеть их и принять меры, которые во время строительства помогут сэкономить время, деньги, а главное, обеспечить высокий уровень безопасности.

Список литературы

1 **Максимов, Р. И.** Проблемы строительства зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки / Р. И. Максимов // Интерактивная наука. – 2021. – № 7 (62). – С. 24–26. – ISSN 2414-9411. – DOI : 10.21661/r-554649.

2 **Копотилова, А. С.** Особенности строительства в условиях плотной городской застройки / А. С. Капотилова // Молодой учёный. – 2017. – № 49 (183). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://imoluch.ruarchive/183/46924/>. – Дата доступа : 14.05.2023.

3 **Теличенко, В. И.** Технология возведения зданий и сооружений / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лapidус. – М. : Высш. шк., 2006. – 446 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ОБРАЗЦА НА ЗНАЧЕНИЕ КУБИКОВОЙ ПРОЧНОСТИ КЕРАМЗИТОФИБРОБЕТОНА

В. А. РЖЕВУЦКАЯ, Ю. Г. МОСКАЛЬКОВА

Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

Влияние размеров опытного керамзитофибробетонного образца в форме куба на значение кубиковой прочности недостаточно освещено в ранее опубликованных работах [1–5], ввиду того что исследователи чаще всего изготавливают образцы-близнецы одинаковых размеров. Аналитической обзор, приведенный в [6], продемонстрировал, что для фибробетонов с использованием плотных заполнителей размер опытного образца-куба не влияет на получаемое значение кубиковой прочности, в то время как для легких фибробетонов с использованием пористых заполнителей результаты испытаний оказались достаточно противоречивы (рассматривались образцы с номинальным размером ребра куба 100 мм и 150 мм).

Таким образом, задача исследования – оценить влияние опытных образцов с размером ребра куба 100 мм и 150 мм на величину средней кубиковой прочности керамзитофибробетона при содержании полипропиленовой фибры и 0 и 0,36 % по объему бетона. Состав для приготовления керамзитобетонной и керамзитофибробетонной смеси: Ц : К : П = 1 : 1,84 : 0,79 (Ц – цемент, К – керамзитовый гравий, П – песок), В/Ц = 0,52.

Основные характеристики материалов для приготовления керамзитобетонной и керамзитофибробетонной смеси представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики материалов для приготовления опытных образцов

Показатель	Характеристика
<i>Крупный заполнитель</i>	
Вид	гравий керамзитовый
Фракция	4–10 мм
Прочность в цилиндре	1,03 МПа
<i>Вязущее</i>	
Вид	портландцемент
Активность	42,5 МПа
<i>Мелкий заполнитель</i>	
Вид	песок речной
Модуль крупности	2,13
<i>Дисперсное армирование</i>	
Вид	фибра полипропиленовая (рисунок 1)
Длина волокна	12 мм



Рисунок 1 – Полипропиленовые волокна длиной 12 мм

В таблице 2 приведены результаты обработки опытных данных керамзитобетонных и керамзитофибробетонных кубов с размером ребра куба 100 и 150 мм.

Таблица 2 – Результаты обработки опытных данных для образцов-кубов с ребром 100 мм и 150 мм [6]

Показатель	Опытные образцы с размером ребра куба, мм					
	100		150		100 и 150	
Процент дисперсного армирования ρ_{ppf} , %	0	0,36	0	0,36	0	0,36
Количество образцов n	31	42	10	41	41	83
Средняя кубиковая прочность $f_{1cm,cube}$, МПа	13,1	10,9	13,1	13,9	13,1	12,4
Коэффициент вариации V , %	10,2	15,5	4,2	11,3	9,1	17,6

Результаты обработки данных (таблица 2) демонстрируют влияние номинального размера ребра куба 100 мм и 150 мм на получаемые опытные значения средней кубиковой прочности керамзитофибробетона.

На основании проведенных исследований предложены рекомендации для определения кубиковой прочности керамзитофибробетона [7]:

1 Не рекомендуется оценивать прочность керамзитофибробетона с полипропиленовой фиброй на кубах с ребром 100 мм из-за нестабильности получаемых результатов и частого наличия выбросов.

2 Рекомендуется проводить испытания на стандартных кубах с ребром 150 мм и более.

Таким образом, можно сделать вывод, что для получения корректных значений средней кубиковой прочности на сжатие для керамзитофибробетона с полипропиленовой фиброй рекомендуется использовать стандартные образцы куба с размером ребра 150 мм и более, т. е. при планировании экспериментальных исследований на этапе определения прочностных характеристик керамзитофибробетона необходимо учитывать масштабный фактор.

Целесообразным представляется проведение серии аналогичных испытаний на кубах с ребром 70 мм и ребром 200 мм с целью установления закономерности между масштабным фактором и получаемыми значениями кубиковой прочности для подтверждения достоверности сделанных выводов.

Список литературы

- 1 **Altalabani, D.** Mechanical properties and load deflection relationship of polypropylene fiber reinforced self-compacting lightweight concrete / D. Altalabani, D. K. H. Bzeni, St. Linsel // Construction and Building Materials. – 2020. – Vol. 252. – P. 119–084.
- 2 **Fallah, S.** Mechanical properties and durability of high-strength concrete containing macro-polymeric and polypropylene fibers with nano-silica and silica fume / S. Fallah, M. Nematzadeh // Construction and Building Materials. – 2017. – Vol. 132. – P. 170–187. – DOI : 10.1016/j.conbuildmat.2016.11.100.
- 3 **Fantilli, A. P.** Ecological and mechanical assessment of lightweight fiber-reinforced concrete made with rubber or expanded clay aggregates / A. P. Fantilli, B. Chiaia, A. Gorino // Construction and Building Materials. – 2016. – Vol. 127. – P. 692–701. – DOI : 10.1016/j.conbuildmat.2016.10.020.
- 4 **Ghasemzadeh Mousavinejad, S. H.** Experimental study effect of silica fume and hybrid fiber on mechanical properties lightweight concrete / S. H. Ghasemzadeh Mousavinejad, Y. G. Shemshad Sara // Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering. – 2019. – Vol. 43, no. 2. – P. 263–271. – DOI : 10.1007/s40996-018-0137-9.
- 5 **Ramujee, K.** Strength properties of polypropylene fiber reinforced concrete / K. Ramujee // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – 2013. – Vol. 2, no. 8. – P. 3409–3413.
- 6 **Maskalkova, Yu. G.** Size effect of cube specimen on strength of expanded clay fiber-reinforced concrete / Yu. G. Maskalkova, V. A. Rzhevutskaya // Magazine of Civil Engineering. – 2022. – Vol. 116, no. 8. – 18 p. – DOI: 10.34910/MCE.116.12.
- 7 **Maskalkova, Y. G.** The effective reinforcement ratio of expanded clay concrete by polypropylene fiber / Y. G. Maskalkova, V. A. Rzhevutskaya // Construction of Unique Buildings and Structures. – 2020. – Vol. 93, is. 8. – 11 p. – DOI : 10.18720/CUBS.93.3.

УДК 711.52:711.123

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ЗОНИРОВАНИЯ В ХОДЕ РЕНОВАЦИИ ЗАВОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ В ПАРКОВУЮ ЗОНУ: ДОСТОИНСТВА И НАЗНАЧЕНИЕ, ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ РЕНОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

И. В. РУДЕНКОВА, А. В. БАЛАХОНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Промышленные заводы и предприятия часто занимают большие территории в городах, которые после прекращения производства остаются пустующими и непригодными для использования. Од-

нако, с учетом растущей потребности в зеленых пространствах в городах, возникает необходимость в реновации этих территорий и их преобразовании в парковые зоны [1].

Процесс реновации заводов включает в себя следующие шаги:

1 Анализ текущего состояния территории завода, включая оценку ее экологического состояния и потенциала для создания парковой зоны.

2 Разработка плана реновации, включающего перепланировку и изменение инфраструктуры, создание новых зеленых зон и установку объектов отдыха и рекреации.

3 Очистка и благоустройство территории от промышленных отходов.

4 Создание рекреационных объектов на территории.

5 Мониторинг и оценка эффективности реализованного проекта.

6 Внесение корректировок и дальнейшее совершенствование парковой зоны.

В результате выполнения данных шагов заводская территория превращается в парк, который способствует улучшению экологической ситуации в городе и повышению качества жизни его жителей.

Изучив различные виды реноваций зонирования заводских территорий в парковые, их можно разделить, сформировав классификацию. Эта классификация основывается на таких показателях, как историко-культурная ценность сооружения, эколого-экономические аспекты и цель деловой активности будущей парковой зоны.

Классификация по устройству зонирования парковых составляющих (территория озеленения и общественно-досуговая):

1 Устройство зонирования заводской территории в парковую производится исключительно со вниманием на силуэт здания завода, то есть в здании будет располагаться общественно-досуговая часть парка, остальная промышленная территория – озеленение. В этом случае подразумевается консервация сооружения в большей степени и экономия финансовых вложений.

2 Устройство зонирования заводской территории в парковую производится также исключительно со вниманием на силуэт здания завода, но при этом может сохраняться только внешняя «оболочка» сооружения, которая впоследствии будет служить границами полноценного зеленого пространства – крытый парк, оранжерея и т. п. (относительная консервация здания). Общественно-досуговая часть парка в таком случае окажется на остальной промышленной территории в будущем.

3 Устройство зонирования промышленной территории производят, игнорируя силуэт здания предприятия, то есть стены не должны служить препятствием для установления озеленения внутри завода, так же, как и общественно-досугового пространства снаружи – взаимопроникновение главных составляющих паркового зонирования. Подходит как для наибольших, так и для наименьших финансовых затрат.

Данная классификация поможет эффективнее выбирать вид реновационного зонирования, что ускорит процесс создания таких территорий. Этот процесс имеет свои достоинства и недостатки, а также проблемы, которые требуют соответствующих решений. Рассмотрим, какие достоинства можно отнести к этому процессу. Одним из основных достоинств реновационного зонирования является улучшение экологической ситуации. Преобразование промышленных зон в парковые позволяет снизить уровень загрязнения воздуха, воды и почвы, что способствует улучшению качества жизни горожан. Зеленые насаждения и другие элементы благоустройства помогают создать экологически чистые территории, способствующие сохранению природных ресурсов и биоразнообразия.

Кроме того, реновационное зонирование создает комфортные условия для проживания и отдыха горожан. Зеленые насаждения, пешеходные дорожки, спортивные площадки и другие объекты обеспечивают возможности для активного образа жизни и отдыха на свежем воздухе. Это способствует улучшению физического и психологического здоровья горожан, а также создает приятную атмосферу для проведения досуга.

Реновационное зонирование заводской территории в парковую также способствует развитию туристического потенциала города. Привлечение туристов может стать дополнительным источником дохода для города и способствовать его экономическому развитию. Создание различных рекреационных объектов, проведение мероприятий и организация экскурсий помогает привлечь внимание туристов и увеличить их поток.

Еще одним важным достоинством реновационного зонирования является возможность создания новых рабочих мест. Преобразование заводской территории в парковую может предоставить воз-

возможность для размещения новых предприятий и создания новых рабочих мест (например, торговые павильоны). Это способствует развитию экономики города и улучшению социальной сферы.

Наконец, грамотное зонирование в ходе реновации заводской территории в парковую повышает привлекательность города. Создание зеленых пространств и комфортных условий для жизни и отдыха делает город более посещаемым. Это может повысить престиж города, привлечь новых жителей и инвесторов, а также способствовать его развитию.

К основным проблемам в ходе реновации заводской территории в парковую можно отнести следующие:

1 **Время и сложность процесса:** реновация заводской территории в парковую зону может занять продолжительное время и требует комплексного подхода, включая согласование с различными организациями и государственными структурами. В этом случае во избежание больших затрат по времени и высокой сложности процесса подходят пункты 1, 2 из классификации способов зонирования (минимальное разрушение здания завода).

2 **Потеря рабочих мест:** реновация заводской территории может привести к закрытию предприятий и потере рабочих мест. В этом случае, исключая потерю рабочих мест, в большей степени подходит пункт 1 из классификации способов зонирования, а пункты 2, 3 – при возможности более крупных финансовых затрат (наличие рабочих мест в досугово-развлекательной, культурно-массовой, административной сфере).

3 **Необходимость сохранения исторической ценности объекта.** В этом случае в большей степени подходит пункт 1 из классификации (максимальное сохранение здания завода).

4 **Неизбежные проблемы повышенной сложности,** которые требуют наибольших затрат – проблемы с инфраструктурой (инвестиции в развитие инфраструктуры, такой как дороги, электроснабжение и водоснабжение) и необходимость очистки загрязненных почв, воды, материалов (проведение демонтажа и утилизации опасных материалов). Это обязательные затраты в ходе реновации, сэкономить которые можно, выбрав пункт 3 из классификации, организовав максимальное пространство озеленения после подготовки территории.

В целом классификация приемов зонирования на начальном этапе реновации заводской территории в парковую является эффективным способом по установлению благоприятной среды для окружающих с учетом недостатков и проблем, связанных с инфраструктурой, финансовыми вложениями, сложностью реновационного процесса и др. Реновация изолированных производственных зон, создание единых парковых пространств, развитие общественных функций – все это способствует установлению здорового микроклимата в городах.

Список литературы

1 **Котенко, И. А.** Реновация бывших промышленных территорий / И. А. Котенко, В. А. Токарева // Градостроительство и архитектура [Электронный ресурс] . – 2015. – Т. 5. – № 3. – С. 47–52. – DOI : 10.17673/Vestnik.2015.03.6. – Режим доступа : <https://clek.ru/35f9iq>. – Дата доступа : 10.09.2023.

2 **Малков, И. Г.** Предпосылки, целесообразность и особенности перепрофилирования зданий / И. Г. Малков, И. В. Руденкова // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F, Строительство. Прикладные науки [Электронный ресурс]. – 2021. – № 16. – С. 86–93. – Режим доступа : <https://journals.psu.by/constructions/article/view/1162>. – Дата доступа : 10.09.2023.

УДК 624.072

РАСЧЕТ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ И ИХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНЫМ МЕТОДОМ

К. А. СИРОШ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Объектом работы является несущий элемент узла сопряжения элементов пространственного каркаса здания – закладная деталь, имеющая вид металлической прямоугольной пластинки, размерами $l \times h$ с постоянной толщиной. Пластика находится под действием некоторых сосредоточенных сил R в условиях плоского напряженного состояния.

В расчетах закладной пластины принимаем, что она лежит на нелинейно-упругом слое под действием произвольной внешней нагрузки.

Способом расчета в данной работе является вариационно-разностный метод (ВРМ). Вариационно-разностный метод основан на методе Ритца – Тимошенко и вариационном принципе Лагранжа – Дирихле с последующей заменой дифференциальных уравнений конечно-разностными аппроксимациями. Метод заключается в приведении задачи минимизации функционала полной потенциальной энергии элемента исследуемой системы «конструкция – основание» с параметрами расчетной области к задаче минимизации функции многих переменных [1]. Согласно вариационному принципу Лагранжа – Дирихле при нагружении исследуемого элемента статической нагрузкой его полная потенциальная энергия в состоянии равновесия имеет наименьшее значение.

Вариационно-разностный метод (ВРМ) позволяет описать напряженно-деформированное состояние (НДС) закладной металлической детали узла сопряжения с учетом нелинейности материалов в контактной зоне.

Закладная пластинка разбивается сеткой конечных размеров с постоянным шагом в осях на ячейки метода конечных разностей.

Для каждой отдельной ячейки расчетной области определяется энергия деформации в центре ячейки [2, 3] (рисунок 1).

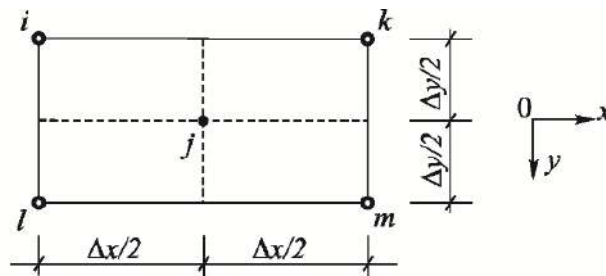


Рисунок 1 – Прямоугольная ячейка метода конечных разностей

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E}_j &= \left[\frac{E_j^{(m)}}{1-\mu_0^2} \left[\varepsilon_x^{j^2} + \varepsilon_y^{j^2} + 2\mu_0 \varepsilon_x^j \varepsilon_y^j \right] + \frac{E_j^{(m)}}{4(1+\mu)} \gamma_{xy}^{j^2} \right] \Delta x \Delta y = \\ &= \left[\frac{E_j^{(m)}}{1-\mu_0^2} \left[\left(\frac{1}{2\Delta x} u_k + u_m - u_i - u_l \right)^2 + \left(\frac{1}{2\Delta y} v_k + v_i - v_l - v_m \right)^2 \right] + \right. \\ &\quad \left. + 2\mu_0 \cdot \frac{1}{2\Delta x} u_k + u_m - u_i - u_l \cdot \frac{1}{2\Delta y} v_k + v_i - v_l - v_m \right] \Delta x \Delta y. \\ &\quad + \frac{E_j^{(m)}}{4(1+\mu_0)} \left(\frac{1}{2\Delta y} (u_i + u_k - u_l - u_m) \right) \left(\frac{1}{2\Delta x} (v_k + v_m - v_l - v_i) \right)^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Полная энергия пластинки и действующей на нее нагрузки в общем виде

$$\mathcal{E} = \sum_{n=1} \Delta \mathcal{E}_j - R(u_s + u_t), \quad (2)$$

где n – количество ячеек разбивочной области.

Далее формула (2) дифференцируется по узловым перемещениям, после формируется система линейных алгебраических уравнений.

Расчет осуществляется итерационным алгоритмом вариационно-разностного метода (ВРМ) при постоянном коэффициенте Пуассона [4]. При вычислениях используем касательный модуль, так как на каждой итерации модуль деформации в i -й точке основания меняется.

Касательный модуль для ячейки с номером « j »

$$E_j^{(1)} = \frac{E_0}{\text{ch}^2 \left(\frac{E_0}{\sigma_u} \varepsilon_j^{(0)} \right)}. \quad (3)$$

Нулевая итерация – есть решение задачи в линейной постановке. Для решения поставленной задачи во втором и последующих приближениях необходимо в центре каждой ячейки вычислить напряжения.

В общем виде выражение интенсивности деформаций:

$$\varepsilon_j^{(m-1)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_x^{(m-1)} - \varepsilon_y^{(m-1)})^2 + \varepsilon_y^{(m-1)^2} - \varepsilon_x^{(m-1)^2} + \frac{3}{2} \gamma_{xy}^{(m-1)^2}}. \quad (4)$$

Таким образом, нелинейный расчет закладной детали узла сопряжения предполагает итерационный процесс, который заканчивается, как только разница между последующим и предыдущим приближением исследуемой функции будет соответствовать требуемой точности решения.

В рассматриваемой работе автором предложено вариационно-разностным методом реализовывать решение задачи о расчете закладной пластины узла сопряжения. Построен алгоритм расчета и апробирован в проприетарной системе компьютерной алгебры МАТНЕМАТИСА. Приведены дифференциальные соотношения полной потенциальной энергии несущего элемента узла сопряжения (закладной пластинки).

Список литературы

- 1 **Козунова, О. В.** Нелинейный расчет фундаментных плит на слоистых основаниях, ослабленных биогенными включениями / О. В. Козунова // Вестник гражданского инженеров. – 2009. – № 2 (19). – С. 100–104.
- 2 **Козунова, О. В.** Вариационно-разностное исследование НДС пластины как закладной детали опорного узла в нелинейной постановке / О. В. Козунова, А. А. Васильев, К. А. Сирош // Механика. Исследования и инновации. – Гомель : БелГУТ, 2017. – Вып. 10. – С. 171–176.
- 3 **Рындин, Н. И.** Краткий курс теории упругости и пластичности / Н. И. Рындин. – Л. : Изд-во Ленинград. университета, 1974. – 174 с.
- 4 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 398 с.
- 5 **Фихтенгольц, Г. М.** Основы математического анализа : учеб. в 2 т. Т. 1 / Г. М. Фихтенгольц. – СПб. : Лань, 2001. – 448 с.
- 6 **Дураев, А. Е.** Расчет методом конечных разностей прямоугольных плит, лежащих на грунтовом основании, модуль деформации которого изменяется с глубиной / А. Е. Дураев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1971. – № 4. – С. 32–34.
- 7 **Босаков, С. В.** Метод Ритца в контактных задачах теории упругости : [монография] / С. В. Босаков. – Брест : БрГТУ, 2006. – 107 с.

УДК 699.86

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗАЛИВОЧНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

А. Г. ТАШКИНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Широкое применение в современном строительстве находят пенопласты, обладающие низкими значениями плотности, тепло- и звукопроводности. Высокой прочностью и химической стойкостью, теплостойкостью, хорошими диэлектрическими свойствами и адгезией ко многим материалам, низкой водо- и паропроницаемостью характеризуются эпоксидные пенопласты (пеноэпоксиды). Высокой технологичностью обладают заливочные композиции, которые могут приготавливаться непосредственно на строительной площадке путем смешения эпоксидных диановых смол ЭД-20 и ЭД-16 с полиэтилгидросилоксаном (газообразователем) и алифатическим полиамином (отвердителем). От содержания газообразователя и отвердителя зависит объем выделяющегося газа и скорость отверждения пеномассы, а следовательно, и свойства получаемых пеноэпоксидов. Высокие физико-механические показатели пенопластов с мелкопористой равномерной структурой получаются при большой скорости гелеобразования. Быстрая фиксация ячеистой структуры приводит к тому, что относительно толстые и прочные полимерные перегородки в процессе вспенивания препятствуют раскрытию ячеек. Изменяя расход газообразователя в пределах от 5 до 25 % и отвердителя от 15 до 20 % от массы эпоксидной смолы (ЭД-20), удалось получить пенопласты равномерной структуры со средней плотностью 100–250 кг/м³ и прочностью при сжатии 0,4–5,3 МПа [1].

Для оценки тепловых свойств эпоксидных пенопластов исследовались: формостабильность, теплостойкость и термостойкость при температурах до 100 °С [2].

Формостабильность оценивалась по остаточным тепловым деформациям пенопластов (тепловой усадке). При нагреве характер деформирования пеноэпоксидов обуславливается несколькими процессами, протекающими в материале:

- увеличением давления газа в ячейках и его диффузией в окружающую среду;
- размягчением полимера-основы;
- доотверждением, повышением прочности и газонепроницаемостью материала;
- усадочными процессами в полимере.

В результате исследований были установлены численные зависимости тепловой усадки от рецептурных факторов и скорости нагрева. Для образцов со средней плотностью 170–250 кг/м³ изменение линейных размеров составило допустимые 0,1–0,9 %.

Для определения теплостойкости образцов использовались испытательная машина МРС-500 с термокриокамерой, с помощью которой определялась прочность пеноэпоксидов при сжатии в температурном диапазоне от 20 до 100 °С. У пенопластов, твердевших при комнатной температуре, из-за недостаточной степени отверждения эпоксидного полимера (65–70 %) сжатие при нагреве вызывает не хрупкое разрушение ячеек, а их смятие. В результате прочность пеноэпоксидов при 100 °С составляет всего 18–25 % от значений, полученных для контрольных образцов при комнатной температуре. Предварительно термообработанные эпоксидные пенопласты сохраняют 60–70 % прочности при температуре испытания 80 °С и 50–60 % при температуре 100 °С.

Термостойкость (стойкость к термическому старению) эпоксидных пенопластов оценивалась по изменению физико-механических характеристик после длительного воздействия повышенных температур (100 °С). К числу главных факторов, влияющих на термостойкость пенопластов, можно отнести: термостабильность полимера-основы и параметры ячеистой структуры (плотность, пористость, степень замкнутости ячеек). В качестве контролируемых параметров использовались: прочность при сжатии (достаточно чувствительна к изменению структуры пенопласта) и изменение массы.

Снижение прочности образцов после прогрева в ходе испытаний составило всего 5–7 %, а потеря массы 0,3–0,5 %, что свидетельствует о достаточной прочности ячеистой структуры пенопластов к перепадам давления при повышенных температурах и о низкой скорости термоокислительной деструкции полимера-основы.

На стадии вспенивания эпоксидных пенопластов и отверждения (6 часов при температуре 80 °С) производили контроль выделения летучих компонентов (таблица 1). Отбор проб воздуха проводился в интервалах: 30 мин, 1, 2, 3, 4, 5 ч, а также за первые и вторые сутки и спустя месяц после его изготовления.

Таблица 1 – Выделения химических веществ на стадиях изготовления эпоксидных пенопластов (масса вспенивающейся композиции – 195 г)

Стадия технологического процесса	Выделяющиеся вещества					
	эпихлоргидрин		этилендиамин		толуол	
	мг	мг/г	мг	мг/г	мг	мг/г
На стадии вспенивания в течение 15 мин	<u>0,22–0,36</u> 0,29	1657,14	<u>032-035</u> 033	18857	<u>0,025–0027</u> 0026	148,57
В течение 30 мин от начала нагрева образца (t = 80 °С)	<u>0,11–0,22</u> 0,17	971,43	–	–	<u>0,015–0041</u> 0028	160,0
В интервале нагрева 30 мин – 1 ч 30 мин	<u>0,23–0,46</u> 0,35	2000	–	–	<u>0,020–0,034</u> 0,027	154,29
В интервале нагрева 1 час 30 мин – 2 ч 30 мин	<u>0,21–0,35</u> 0,28	1600	–	–	<u>0,018–0,026</u> 0,023	131,43
В интервале нагрева 2 ч 30 мин – 3 ч 30 мин	<u>0,13–0,17</u> 0,15	857,14	–	–	<u>0,016–0,019</u> 0,018	102,86
В интервале нагрева 3 часа 30 мин – 4 ч 30 мин	<u>0,094–0,144</u> 0,118	674,29	–	–	<u>0,010–0,017</u> 0,014	80,0
В интервале нагрева 4 ч 30 мин – 5 ч 30 мин	<u>0,48–0,055</u> 0,052	297,14	–	–	<u>0,010–0,012</u> 0,011	62,86
Количество выделяемых веществ за 5 ч 30 мин	<u>1,385–1,537</u> 1,461	8348,57	–	–	<u>0,125</u> 0,168	960,0
На стадии распалубки в течение 1 ч (t = 80...40 °С)	<u>0,022–0,027</u> 0,024	137,14	–	–	<u>0,005–0,007</u> 0,006	34,29
Спустя сутки после изготовления, выделения в течение суток	<u>0,021–0,037</u> 0,029	165,71	–	–	<u>0,004–0,007</u> 0,006	34,29
Спустя 2 суток после изготовления, выделения в течение суток	<u>0,013–0,024</u> 0,018	102,86	–	–	<u>0,002–0,005</u> 0,003	17,14
Через месяц от начала изготовления	<u>0,012–0,018</u> 0,015	85,71	–	–	<u>0,002–0,003</u> 0,002	11,43

Как видно из приведенных данных, на стадии приготовления пенопластов в воздушную среду выделяются эпихлоргидрин, этилендиамин и толуол. На стадии термообработки – эпихлоргидрин и толуол.

Спустя месяц с момента изготовления образца он продолжает выделять в воздушную среду за сутки эпихлоргидрина от 0,012 до 0,018 мг, толуола от 0,002 до 0,003 мг.

В целом выделение упомянутых вредных веществ незначительно и не может быть причиной загрязнения воздушной среды выше предельно допустимых уровней и вызывать заболеваемость, обусловленную производственными факторами.

Список литературы

1 А. с. № SU1289843 СССР, МПК С04В14/02. Способ получения теплоизоляционных изделий / В. И. Соломатов, Ю. Д. Золотухин, А. Г. Ташкинов. – № 3839891 ; заявл. 15.01.1985 ; опубл. 15.02.1987. Бюл. № 6. – 1987.

2 **Ташкинов, А. Г.** Оценка стойкости эпоксидных пенопластов, эксплуатируемых в условиях высоких температур и влажности / А. Г. Ташкинов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 111–112.

УДК 69.059.7:72.02

АНАЛИЗ ОПЫТА АДАПТАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ ПОД ГИДРОПОННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ФЕРМЫ

Т. С. ТИТКОВА, А. В. ТАЧИЛКИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Вертикальное фермерство – относительно новое направление городского сельского хозяйства, которое начало активно развиваться в последние десятилетия. Концепция предполагает культивирование растений в многоуровневых закрытых зданиях с контролируемой средой на территориях городских районов в условиях дефицита доступной земли.

Начиная с Японии и Сингапура, характеризующихся значительным уровнем развития технологического сектора и высокой плотностью населения, современные вертикальные тепличные комплексы стали актуальным направлением в сельском хозяйстве. Этот инновационный способ выращивания растений, основанный на применении передовых инженерных, климатических и информационно-технологических решений, привлек внимание профессионалов и интересующихся этой областью по всему миру [4].

Однако, задолго до возникновения современных вертикальных ферм, архитектурная практика уже разработала ряд методов и принципов, которые воплощали идею взаимосвязи между архитектурой и природой [2]. Еще древние цивилизации использовали гидропонические методы выращивания растений: чинампы ацтеков, древнекитайские плавучие острова, висячие сады Семирамиды.

Гидропоника, какой мы ее знаем, появилась из открытий, сделанных во время экспериментов, проводимых для определения состава растений, еще в начале XVII века. Позже над идеями гидропоники работали такие ученые как Дж. Пристли, Жан Инджен-Уш, Ю. фон Закс, Г. Эллис Бэйли, Уильям Ф. Герике, Говард Реш, Д. Деспоммьер и др. [3].

Благодаря исследованиям и работам ученых по совершенствованию методов беспочвенного выращивания растений, сегодня гидропоника получила широкое признание и активно практикуется во многих странах, включая Россию, Нидерланды, Голландию, Италию, Испанию, Объединенные Арабские Эмираты, Израиль, Китай, Корею и Австралию. Активно разрабатываются новые революционные решения в сельском хозяйстве – вертикальные гидропонные фермы. Растущий интерес к ним обусловлен существенными изменениями, связанными с будущим экологическим кризисом и недостатком сельскохозяйственных земель из-за роста числа населения. Прогнозируется, что к 2050 году население планеты увеличится в 1,2 раза, дойдя до отметки в 9,7 миллиардов человек, что значительно повысит объемы продовольствия для обеспечения потребностей населения. Вертикальные гидропонные фермы предлагают оптимальное решение этой проблемы путем получения высоких урожаев различных культур при минимально занимаемых ими территориях [2].

Фермы представляют собой высокоавтоматизированные многоэтажные теплицы. Используя технологию беспочвенного выращивания, растениям обеспечиваются оптимальные условия: пита-

ние специальными растворами, освещение светодиодными фитолампами с подобранными эффективными длинами световых волн, температурный и влажностный режимы [1]. За счет инновационных технологий и искусственного интеллекта такие фермы полностью автоматизированы. Полив, освещение, внесение удобрений и сбор урожая контролируются с помощью специальных систем. Основной продукцией, которую можно выращивать на вертикальных гидропонных фермах, является зелень премиальных сегментов и различные виды салатов, таких как руккола и базилик, а также клубника, овощи и грибы. Среди самых популярных методов вертикального земледелия в помещении можно выделить гидропонику, аэропонику и аквапонику.

Для устройства вертикальных гидропонных ферм может быть использовано как новое строительство, так и адаптация существующих зданий.

В разных странах мира действуют уже реализованные проекты, такие как подземная ферма в Лондоне, размещенная в тоннелях времен Второй мировой войны, городская ферма на территории заброшенной подземной парковки во Франции и гидропонные грядки, оборудованные на территории складов компанией Farm 360. Эти сооружения не только позволяют получать высококачественные продукты, но и экономят воду и электроэнергию, получая ее из возобновляемых источников.

В Ньюарке, штат Нью-Джерси, стартап-компания AeroFarms построила самую большую вертикальную ферму в мире в бывшем сталелитейном заводе. На ферме площадью 69 тысяч квадратных футов выращивают 12 различных сортов зелени и трав на грядках высотой 30 футов.

В Гленс-Фоллсе (штат Нью-Йорк) вертикальная ферма занимает третий этаж ресторана.

В Уэст-Хейвене (штат Коннектикут, США) городские власти рассматривают предложение о том, чтобы переоборудовать под гидропонную ферму одну из заброшенных городских школ.

В 2012 году компания The Plant представила свою недавно разработанную систему вертикального земледелия, размещенную в заброшенном здании мясокомбината в Чикаго, штат Иллинойс.

Самая крупная гидропонная система в Южной Корее и одна из крупнейших в мире расположена на территории заброшенного тоннеля. На площадке размером с половину футбольного поля выращивают 60 видов овощей и фруктов.

Российская компания «Городские Агротехнологии» стала первой в стране, реализующей инновационное решение – встраивание вертикальных гидропонных систем отечественного производства в пустующие городские помещения. Проект перепрофилирования цехов действующего машиностроительного завода стал уникальным примером использования пространств, непригодных для основной деятельности, но идеально подходящих для городского садоводства. Компания нашла способ трансформировать неиспользуемые технические этажи в эффективные сити-фермы, где успешно выращивают зелень.

Исходя из анализа опыта адаптации существующих зданий под гидропонные фермы, можно выделить следующие общие требования относительно основных градостроительных, архитектурно-планировочных и инженерно-конструктивных характеристик: размещение здания в приемлемой близости от точек сбыта продукции; отсутствие рядом вредных или пыльных производств; наличие (или возможность устройства) подъездных путей; прочность, устойчивость и надежность основных конструкций здания; наличие (или возможность подведения) коммуникаций; обеспечение хорошей вентиляции и отопления; стерильность помещений; наличие гидроизоляции; возможность выделения функциональных зон в объемно-планировочном решении (административной, сервисной, складской, овощехранилища, энергоцентра, производственного и тепличного блоков); использование в отделке экологичных и долговечных строительных материалов, обладающих гидроизоляционными и светоотражающими свойствами [5].

В заключение можно сказать, что адаптация существующих неиспользуемых зданий для размещения вертикальных ферм позволяет не только экономить дефицитные городские территории, но также предоставляет новые хозяйственные возможности для местной экономики и является фактором быстрой урбанизации современных сообществ.

Список литературы

1 Груднева, А. А. Вертикальное фермерство как инновационная технология решения проблемы продовольственного снабжения крупных городов [Электронный ресурс] / А. А. Груднева // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 9. – Режим доступа : [https://cyberleninka.ru/article/n/vertikalnoe-fermerstvo-kak-innovatsionnaya-tehnologiya-resheniya-prodovolstvennogo-snabzheniya-kрупnyh-gorodov/](https://cyberleninka.ru/article/n/vertikalnoe-fermerstvo-kak-innovatsionnaya-tehnologiya-resheniya-problemy-prodovolstvennogo-snabzheniya-kрупnyh-gorodov/). – Дата доступа : 14.09.2023.

2 Иконописцева, О. Г. Экоархитектура вертикальных ферм как новая типология агропромышленных зданий городского хозяйства будущего [Электронный ресурс] / О. Г. Иконописцева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. – Т. 20, № 3. – 2018. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/ekoarhitektura-vertikalnyh-ferm-kak-novaya-tipologiya-agropromyshlennyh-zdaniy-gorodskogo-hozyaystva-buduschego>. – Дата доступа : 14.09.2023.

3 История гидропоники [Электронный ресурс] // HydroponEast Magazine. – 2012. – № 3. – Режим доступа : <https://autogrow.ru/assets/images/tickets/1776/cba6ba0f04887c9b575327efc8bfc894d82bcd0c.pdf>. – Дата доступа : 14.09.2023.

4 Михайлова, А. Грядки растут вверх. Вертикальные фермы расширяют экспансию в регионы // Агроинвестор [Электронный ресурс] / А. Михайлова. – Режим доступа : <https://www.agroinvestor.ru/markets/article/39141-gryadki-rastut-vverkh-vertikalnye-fermy-rasshiryayut-/>. – Дата доступа : 16.09.2023.

5 Тачилкина, А. В. Принципы проектирования гидропонных ферм / А. В. Тачилкина // Архитектура и строительство: традиции и инновации : материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 22 декабря 2022 года / под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 122–125.

УДК 624.012.35.001.18

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИИ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ В КАРБОНИЗИРОВАННОМ БЕТОНЕ

М. И. ТКАЧЕВА, А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В ходе эксплуатации на железобетонные элементы (ЖБЭ) и конструкции (ЖБК) воздействуют сложные по своему характеру внешние и внутренние факторы, к которым можно отнести постоянные и переменные нагрузки и воздействие окружающей среды (агрессивная среда или открытая атмосфера), влекущие за собой повышение вероятности отказа. Карбонизация бетона является наиболее важным из процессов, что влечет за собой возникновение коррозии стальной арматуры и ее дальнейшее развитие.

В ходе коррозии уменьшается диаметр стальной арматуры и, как следствие, площадь ее поперечного сечения, при этом также происходит снижение механических характеристик стали. Установление степени влияния карбонизации бетона на величину коррозии стальной арматуры является одной из проблем, которая исследуется в настоящее время [1, 2].

Согласно данным исследования [5], погодные условия являются ключевым фактором, определяющим скорость коррозии арматуры в карбонизированном бетоне, при этом температура и относительная влажность являются определяющими, что отображено в формуле

$$r = C_T r_0, \quad (1)$$

где C_T – температурный коэффициент; r_0 – скорость коррозии при температуре +20 °С.

В исследовании [4] представлены рекомендуемые в расчетах значения средней скорости коррозии при карбонизации бетона при относительной влажности воздуха (RH):

$$RH = 90 \dots 98 \% - r_0 = 510 \text{ мкм/год};$$

$$RH < 85 \% - r_0 \leq 2 \text{ мкм/год}.$$

Невозможно точно определить глубину поражения коррозией стальной арматуры и ее скорость при карбонизации бетона, опираясь только на условия эксплуатации, необходимо учитывать влияние конструктивных особенностей ЖБЭ (ЖБК): толщины защитного слоя бетона и его состава, класса арматуры и др.

Длительные исследования в области карбонизации бетона ЖБЭ (ЖБК) в различных условиях эксплуатации дали возможность получить регрессионные зависимости скорости коррозии стальной арматуры и ее глубины от толщины защитного слоя для бетонов классов по прочности на сжатие $C^{12/15} - C^{30/37}$ [1].

Скорость коррозии стальной арматуры для установленной толщины защитного слоя и времени эксплуатации

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

Глубина коррозии стальной арматуры

$$h_{t,s} = \left(b_0 + \frac{b_1}{s} \right) \left\{ 1 - \exp \left[- \left(c_0 + \frac{c_1}{s} \right) t \right] \right\}, \quad (3)$$

где b_0 , мм/год; b_1 , мм²/год; c_0 , мм/мм; c_1 , мм – коэффициенты, определяемые классом по прочности на сжатие бетона $C^{12}/_{15}-C^{30}/_{37}$; s – толщина защитного слоя бетона, мм; t – срок эксплуатации, лет.

Зависимости дают возможность прогнозировать изменение во времени величины коррозионного повреждения стальной арматуры и оценивать ее среднюю скорость, учитывая особенности эксплуатируемого (проектируемого) ЖБЭ (ЖБК) [1].

При карбонизации бетона изменение коррозии стальной арматуры во времени имеет вид сложной экспоненциальной зависимости (уменьшается по сечению с поверхности вглубь), зависит от состава бетона и ее характер идентичен для всех классов бетона по прочности на сжатие, что показывает анализ полученных зависимостей.

С использованием выражения (3) построена регрессионная зависимость площади поперечного сечения стальной арматуры ($\varnothing 20$ S500) от толщины защитного слоя для бетона класса по прочности на сжатие $C^{18}/_{22,5}$ при эксплуатации в открытой атмосфере и карбонизации бетона (рисунок 1).

Для иллюстрации продолжительности срока службы ЖБЭ за критический порог принята $A = 235,5$ мм² (соответствует потере 25 % площади сечения), а также что поверхностная коррозия развивается равномерно по всей поверхности стержня [2, 3].

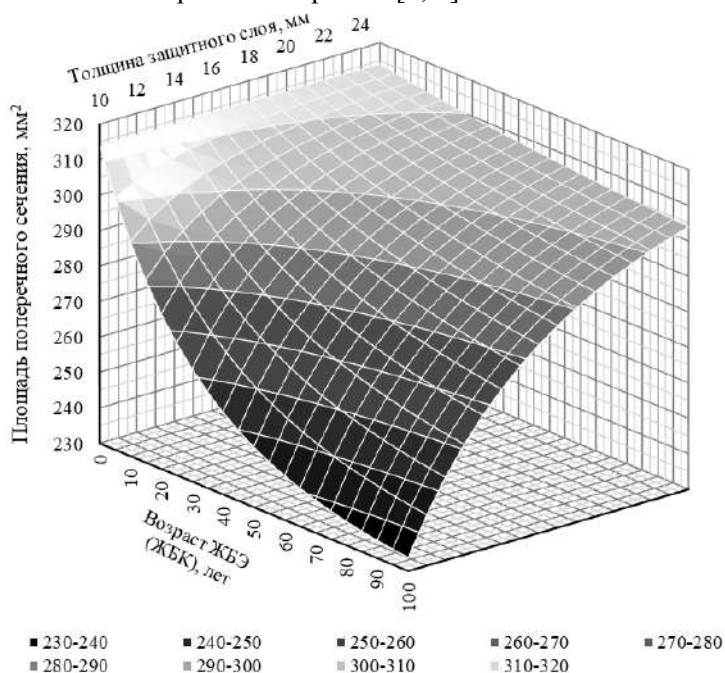


Рисунок 1 – Зависимость изменения во времени площади поперечного сечения стальной арматуры ($\varnothing 20$ S500) для бетона класса по прочности на сжатие $C^{18}/_{22,5}$ для условий открытой атмосферы

Использованные зависимости (2) и (3) являются основой для получения выражений, определяющих время появления и развития трещин до предельных значений. Эти зависимости позволяют при обследовании ЖБЭ (ЖБК) установить время наступления критического поражения коррозией рабочей арматуры, что может быть использовано также в расчете несущей способности, и повысить объективность и качество оценки технического состояния ЖБЭ (ЖБК).

Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.
- 2 **Васильев, А. А.** Совершенствование оценки и прогнозирования технического состояния железобетонных элементов и конструкций, эксплуатирующихся в различных атмосферных условиях / А. А. Васильев // Проблемы современного бетона и железобетона: сб. науч. тр. – Минск, 2017. – Вып. 9. – С. 148–167.
- 3 Железобетон в XXI веке : Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России / Госстрой России; НИИЖБ. – М. : Готика, 2001. – 684 с.
- 4 The practical assessment of damage due to corrosion / C. Andrade [et al.] // Proceedings of Int. Conf. Concrete across Borders / Danish Concrete Association. – Odense, 1994. – P. 337–350.
- 5 **Siemens, A.** Durability of buildings : a reliability analysis / A. Siemens, A. Vrouwenvelder, A. van den Beukel // Heron. – 1985. – № 30 (3). – P. 3–48.

ОЦЕНКА ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА

А. В. ТОЛОЧКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С ростом науки и техники все актуальнее становятся вопросы формирования визуальной среды города. Состояние визуальной среды города является важной научной проблемой, так как она влияет на жизнедеятельность городского сообщества, его комфорт и качество жизни, а также на развитие экономики и туризма. Визуальная среда города оказывает влияние на формирование и поддержание культурной и идентификационной связи горожан с городом. Различные элементы визуальной среды, такие как архитектура, уличное освещение, зеленые насаждения и др., могут служить символами города и его культурного наследия. При этом визуальное загрязнение городского пространства, например неэстетичные рекламные вывески, несоответствие архитектурных стилей и др., может привести к потере индивидуальности города и ухудшению качества жизни его жителей. Таким образом, проблема визуальной среды города является актуальной и важной, и ее решение требует комплексного подхода. В статье рассмотрено формирование визуальной среды города в настоящее время. Объектом исследования является город Гомель. Для решения задач исследования проведен анализ специальной литературы по проблеме. Изучением проблемы визуальной среды в отечественной науке занимались В. А. Филин, Ю. С. Лебедев, А. Н. Тетиор, З. Н. Яргина, А. В. Иконников, Е. Л. Беляева и др. [1–7]. А. Н. Тетиор отмечает, что: «видимая среда многих крупных городов становится противоестественной, создает психологический дискомфорт» [4]. В своей книге «Эстетика города» З.Н. Яргина рассматривает теоретические и практические аспекты эстетики города. Анализирует вопросы эстетической структуры города, специфику эстетического восприятия городской среды, особенности художественного творчества и творчества в градостроительстве, общие проблемы градостроительной композиции. Показывает взаимосвязь функционально-практических, экологических и эстетических задач проектирования [5].

Целью работы является поиск критериев для качественной оценки визуальной среды города. Задачи заключаются в разработке алгоритма и этапов восприятия города, поиске инструментов для создания эстетически привлекательного города и создания комфортной жилой среды для горожан. Методика исследования включает визуальные анализы и фотофиксацию. На основе этих оценок можно сформировать рекомендации по улучшению визуальной среды города и созданию более привлекательного и комфортного пространства. Важную роль в оценке визуальной среды города играет восприятие этого города жителями и приезжими людьми. Восприятие города включает в себя как физическую, так и психологическую среду, в которой люди живут, работают и проводят свой досуг. Результаты исследований показывают, что восприятие города может оказывать влияние на решения людей относительно выбора места проживания и работы, а также на их поведение в городской среде. Физическая среда города включает в себя его архитектурные формы, ландшафты, улицы, здания, достопримечательности и другие элементы окружающей среды. Также физическая среда города может оказывать влияние на уровень комфорта и удовлетворенности городским пространством у его жителей и туристов. Люди могут прочувствовать полученные впечатления в зависимости от формы, структуры, стиля и качества представленных архитектурных элементов. Психологическая среда города включает в себя влияние городской среды на восприятие ощущений и эмоций. Она включает в себя ассоциации и представления, которые связываются с городом, например, временные факторы, данные культуры и т. д.

Алгоритм восприятия городской среды включает в себя несколько шагов: внимание к ярким элементам, поиск ориентиров и маршрутов, внимание к мелким деталям, оценка безопасности и оценка комфорта. Жители города и туристы могут обращать внимание на разные аспекты городской среды, но все они позволяют им ориентироваться и чувствовать себя комфортно в городе. В целом процесс восприятия города очень сложен, многогранен и зависит от множества факторов. Он может быть совершенно индивидуален – каждый человек воспринимает город по-своему. Однако, с учетом всех вышеперечисленных аспектов, город становится не только скоплением зданий и дорог, но и целой системой, которая оказывает серьезное влияние на жизнь людей, и, учитывая особенности восприятия города, можно получить более глубокое понимание этой системы и причин, которые ее обуславливают. Фокус при восприятии города зависит от конкретного человека и его интересов. Например, для

туриста фокус может быть на исторических достопримечательностях и культурных объектах, а для бизнесмена – на деловых центрах и инфраструктуре. Однако в целом фокус восприятия города может быть на любых аспектах. Разработка и применение планов по улучшению визуальной среды города является неотъемлемой задачей городского планирования и архитектурного дизайна. Оценка визуальной среды города может быть основана на различных критериях, таких как визуальная привлекательность, гармоничность архитектурных решений, уровень зеленых насаждений и их уход, доступность и удобство общественных мест и транспортной инфраструктуры и другие. Результаты оценки визуальной среды города могут быть использованы для разработки и реализации мер по улучшению городской среды. Это может включать реконструкцию зданий, улучшение ландшафтного дизайна, улучшение освещения и дорожного покрытия и другие меры, направленные на создание красивой, комфортной и безопасной городской среды.

Оценка визуальной среды города является важной задачей, которая позволяет оценивать и улучшать качество жизни жителей. В процессе исследования были выявлены различные критерии, которые может использовать исследователь для определения уровня визуальной привлекательности города.

1 Уровень чистоты и ухоженности территорий. Чистые и ухоженные улицы, парки, скверы и другие общественные места создают положительное впечатление о городе.

2 Наличие зеленых насаждений и ландшафтных площадок. Наличие деревьев, цветов, газонов и других элементов природы способствует созданию комфортной и гармоничной атмосферы. Приближение городской искусственной среды к естественной путем увеличения озеленения и использования природоподобных форм в дизайне и архитектуре.

3 Архитектурный облик города. Уникальная архитектура, характерные для местной культуры и традиции здания, интересные фасады и дизайнерские решения способствуют созданию уникальной и запоминающейся обстановки в городе.

4 Наличие и качество инфраструктуры. Наличие комфортных тротуаров, велосипедных дорожек, общественного транспорта, площадок для отдыха и развлечений благоприятно сказывается на оценке визуальной среды города. Удобные и хорошо оформленные пешеходные зоны, парки, скверы и набережные привлекают больше людей, чем безжизненные и грязные улицы. Создание качественных дворовых территорий отложит отпечаток не только на визуальное восприятие этих зон, но и на развитие поколения, растущего в новой гармоничной среде.

5 Гармония цвета и текстуры. Цвет в архитектуре города призван выполнять ряд важнейших функций: ориентирует человека в пространстве и во времени, придает значение отдельным компонентам среды; создает психофизиологический комфорт, формирует содержательное и эмоционально насыщенное городское пространство. Группировка зданий по цвету или текстуре может создать более привлекательный визуальный эффект. Однако использование слишком ярких цветов может привести к нарушению единства архитектурного стиля и рассеять внимание по отдельным элементам.

6 Декоративная освещенность. Украшение центральных улиц или зданий города декоративной освещенностью может создать более теплую и привлекательную атмосферу в центральной части города.

7 Искусство в городской среде. Декоративные фонтаны, скульптуры и фрески можно использовать для того, чтобы украсить и придать акцент на наиболее посещаемые места города.

8 Требования к качеству и размещению вывесок и рекламных конструкций. Установка видеоскренов в правильных местах поможет сократить количество конструкции и улучшить качество и количество информации.

9 Регулярное обновление. Со временем, городская среда требует регулярного обновления и изменения, для того чтобы поддерживать ощущение прогресса и современности в области архитектуры и дизайна.

Выводы указывают на то, что визуальная среда города играет важную роль в жизни жителей и оказывает влияние на их эмоциональное и психологическое состояние. Поэтому необходимо постоянно улучшать и обновлять визуальную среду города с учетом вышеупомянутых критериев, чтобы создавать комфортные условия для жизни и отдыха людей.

Список литературы

1 **Филин, В. А.** Видеоэкология: что для глаза хорошо, а что – плохо / В. А. Филин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Видеоэкология, 2006. – 512 с.

2 **Лебедев, Ю. С.** Бионика и город будущего / Ю. С. Лебедев [и др.] // Город и время : сб. ст. / Е. Беляева ; Науч. исслед. ин-т теории, истории и перспективных проблем советской архитектуры в Москве ; Институт основных проблем пространств. планировки в Варшаве. – М. : Стройиздат, 1973. – С. 160–178.

- 3 Рабинович, В. И. Архитектурная бионика / В. И. Рабинович. – М. : Стройиздат, 1990. – 269 с.
- 4 Тетиор, А. Н. Городская экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. Н. Тетиор. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2008. – 336 с.
- 5 Яргина, З. Н. Эстетика города / З. Н. Яргина. – М. : Стройиздат, 1991. – 366 с.
- 6 Иконников, А. В. Искусство, среда, время: Эстетическая организация городской среды / А. В. Иконников. – М. : Советский художник, 1985. – 336 с.
- 7 Беяева, Е. Л. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия / Е. Л. Беяева. – М. : Стройиздат, 1977. – 125 с.

УДК 624.011.1

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ФОРМ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Е. С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ

Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

Тенденция применения деревянных конструкций в качестве основных несущих элементов для зданий и сооружений различного назначения набирает популярность в большинстве стран. Прежде всего это связано с увеличением влияния экологических факторов на различные аспекты деятельности человека и новыми нормами в сфере ресурсосбережения. При сравнении долей вредных выбросов в окружающую среду при производстве деревянных конструкций с аналогичными железобетонными и металлическими элементами можно сделать вывод, что деревообрабатывающие предприятия являются на порядок более экологичными. Особенно ярко это выражается на примере выбросов углекислого газа, так как на сталелитейный и бетонный сектора промышленности по разным оценкам приходится от 10 до 20 % таких выбросов. Также стоит отметить, что древесина является абсолютно возобновляемым ресурсом при условии грамотной эксплуатации объектов лесного хозяйства. Срок эксплуатации деревянных сооружений в условиях квалифицированного ухода при этом является вполне сопоставимым с иными строительными материалами, а их применение можно наладить практически в любом регионе континентальной Европы, что вполне хорошо прослеживается на примере скандинавских стран.

Однако деревянные конструкции имеют и некоторые недостатки, среди которых можно выделить ограничения, связанные с возможными максимальными линейными размерами цельных элементов. От-



Рисунок 1 – Узел подкоса деревянной цельной стойки

части этот вопрос решается изготовлением клееных конструкций, но в этом случае существенно возрастает цена конечного изделия из-за ряда дополнительных технологических операций. Также для данных конструктивных элементов, как и для цельных, требуется применение только прямолинейных элементов (доски, брусья и т. д.). При этом на пути от лесозаготовительной площадки до конечного изделия образуется немалое количество отходов, т. к. существенная часть древесины не отвечает данному требованию. Такие отходы на разных стадиях производства могут преобразовываться в топливные пеллеты, сырье для производства древесных пластиков (ДСП, ДВП, OSB и т. д.), мульчу и др. В этом случае углерод, содержащийся в составе древесины, также попадает в атмосферу. Таким образом, мы получаем пример не самого рационального использования исходного ресурса, а также дополнительные отрицательные экологические факторы.

Одним из путей улучшения ситуации может быть применение части непригодных в классическом варианте проектирования элементов ствола дерева в качестве несущих элементов. Примером такого элемента может быть дерево с развилкой в месте разделения ствола или в точке образования крупной ветви. Такие формы достаточно часто можно встре-

тить в архитектуре различных зданий и сооружений, в том числе в самом простом деревянном народном белорусском зодчестве. Примером являются всевозможные подпорки и подкосы различного назначения (рисунок 1). При этом их установка обычно осуществляется на податливых связях, что не лучшим образом сказывается на несущей способности и деформативности самого соединения и всей конструкции. Применение цельного элемента ствола с развилкой позволяет избежать данной проблемы за счет монолитности в контактном узле, превышающей по прочностным характеристикам клеевое соединение. Такой эффект достигается благодаря волокнистой структуре сложной ориентации, недостижимой в композитных материалах, в месте разветвления и естественной структуре, создаваемой при росте дерева. Ветви формируют своеобразную консоль, способную максимально эффективно передавать усилия от вышележащих элементов на стойку под естественным углом наклона, обеспечивающим наибольшую прочность. Однако следует отметить, что такая структура и форма свойственна в основном лиственным породам, а не хвойным, которые являются основными строительными материалами для нашей страны. Следовательно, их применение может быть ограничено из-за сложности получения исходного материала, отсутствия опыта его обработки и сложности его унификации. Для унификации потребуется создать базовый перечень возможных вариантов развилок с вариантами их использования с учетом сечения и породы исходной древесины и их отбор с помощью математических алгоритмов.

Учет и решение вышеизложенных факторов и создание надёжных вариантов закрепления данных конструкций позволит не только создать оригинальное конструктивное решение, но и добиться улучшения экологической обстановки в отдельных регионах за счет использования не всегда востребованных в отдельных сферах лесных ресурсов. Также применение такого типа элементов позволяет создавать оригинальные дизайнерские решения для архитектурных конструкций, что, в свою очередь, позволяет улучшить облик всего здания. Примером такого решения может служить стойка на галерее одного из зданий в этнографическом комплексе традиционных народных промыслов в г. Могилеве (рисунок 2).



Рисунок 2 – Декоративная стойка на галерее здания в этнографическом комплексе, г. Могилев

УДК 69:004.896

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

В. В. ШЕЛЮТО, В. М. ПРАСОЛ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ), могут значительно повысить эффективность и точность работы в проектировании, строительстве и организации строительства.

Применение искусственного интеллекта в проектировании

ИИ в проектировании зданий и сооружений может значительно улучшить эффективность и точность процесса проектирования по сравнению с традиционными методами проектирования в САД-системах. Одним из основных способов применения ИИ в проектировании зданий и сооружений является использование алгоритмов машинного обучения для анализа данных о прошлых проектах. Это позволяет выявить закономерности и тренды, которые могут быть использованы для оптимизации будущих проектов. Нейросети также могут использоваться для генерации форм и дизайнов в

параметрической архитектуре. Они анализируют большой объем архитектурных данных и создают новые оригинальные концепции, основываясь на обнаруженных паттернах. Архитекторы могут дополнительно настраивать эти варианты дизайна, учитывая структуры зданий, композиции и материалы. Например, ИИ может быть использован для выявления оптимальных параметров планировок (The bedroom script), таких как расположение помещений, размеры комнат, использование материалов и т. д. Это позволяет улучшить эргономику и функциональность здания, а также снизить затраты на проектирование и строительство [1].

Использование ИИ в строительстве зданий и сооружений

В последние годы использование искусственного интеллекта (ИИ) в строительстве стало все более популярным, так как он предлагает новые возможности для повышения эффективности и оптимизации строительных процессов. Так, например, сегодня набирает популярность использование AI DOXEL. DOXEL – это компания, которая использует нейронные сети и искусственный интеллект для контроля и управления процессом строительства. Их система собирает данные с помощью дронов и датчиков на строительной площадке, а затем анализирует эти данные, чтобы обнаружить проблемы или ошибки в процессе строительства [2]. DOXEL также предоставляет рекомендации по оптимизации работы, чтобы улучшить эффективность и качество проекта. Это позволяет ускорить процесс строительства и снизить затраты на исправление ошибок. Искусственный интеллект, робототехника и интернет могут снизить затраты на строительство на 20 % от стоимости строительства объекта [3].

Применение ИИ в организации строительства

ИИ может быть использован для оптимизации и автоматизации календарного планирования строительства. С его помощью можно анализировать и учитывать различные факторы, такие как доступность ресурсов, условия погоды и финансовые ограничения, чтобы разработать оптимальный график работ. ИИ также может реагировать на изменения в реальном времени и автоматически вносить корректировки в план, чтобы минимизировать задержки и избежать конфликтов между различными задачами. Также ИИ может быть применен для оптимизации организации строительства путем улучшения процесса планирования ресурсов, управления проектом и принятия решений. С помощью ИИ можно прогнозировать потребности в материалах и ресурсах, управлять запасами и распределять ресурсы в соответствии с требованиями проекта. ИИ может помочь в принятии решений по поводу выбора поставщиков, оптимального расположения материалов и планирования транспорта.

Использование искусственного интеллекта в календарном планировании строительства и организации строительства является перспективным направлением развития. Он может значительно улучшить эффективность и точность планирования и помочь справиться со сложностями и проблемами, связанными со строительством. Однако необходимо учитывать ограничения и риски, связанные с применением ИИ.

Проанализировав данные, выделим общие основные преимущества и риски применения ИИ в строительстве, сделаем вывод о целесообразности применения ИИ в Республике Беларусь.

Основные преимущества применения ИИ в строительстве: увеличение производительности и эффективности строительных процессов, снижение рисков и ошибок в строительстве, сокращение времени и затрат на выполнение проектов, улучшение качества и безопасности работ, оптимизация использования ресурсов, повышение точности и надежности прогнозирования и анализа рынка, помощь в принятии обоснованных решений, улучшение конкурентоспособности и результатов строительных проектов.

Основные ограничения и риски применения ИИ в строительстве.

1 Недосток квалифицированных специалистов. Применение ИИ в строительстве требует наличия специалистов, обладающих знаниями и навыками в области ИИ. Однако на данный момент специалистов в Республике Беларусь в этой области недостаточно, что может ограничить применение ИИ в строительстве.

2 Непредсказуемость и неполная информация. В строительстве могут возникать ситуации, которые не были заложены в алгоритмах ИИ или для которых нет достаточной информации. Это может привести к неправильным решениям или непредсказуемым результатам.

3 Безопасность данных. Применение ИИ в строительстве требует обработки и хранения больших объемов данных. Однако это может создать проблемы с безопасностью данных, так как они могут быть подвержены угрозам хакеров или несанкционированному доступу.

4 Высокие затраты на внедрение. Внедрение ИИ в строительство Республики Беларусь может потребовать значительных финансовых затрат на приобретение необходимого оборудования, разработку и настройку алгоритмов, а также обучение персонала.

5 Ответственность за ошибки ИИ. В случае возникновения ошибок или неправильных решений, возникает вопрос о юридической ответственности. Кто несет ответственность за ошибки, совершенные ИИ?

6 Ограничения в применении ИИ в специфических условиях. Некоторые строительные процессы могут иметь специфические условия, которые тяжело учесть алгоритмами ИИ. Например, строительство в экстремальных климатических условиях или на сложной горной местности.

7 Недостаток гибкости и интуиции. ИИ основан на алгоритмах и логике, что может ограничить его способность к гибкому реагированию на изменяющиеся условия или использованию интуиции при принятии решений.

8 Этические вопросы. Применение ИИ в строительстве может вызывать этические вопросы, связанные с приватностью данных, использованием труда и автономией роботов. Необходимо разработать этические стандарты и правила для использования ИИ в строительстве.

9 Возможная безработица. Применение ИИ повлечет за собой повышение безработицы для архитекторов, проектировщиков, инженеров.

Использование искусственного интеллекта в строительстве может значительно улучшить процессы проектирования, планирования, управления и строительства. Однако необходимо учитывать ограничения и риски применения ИИ. Правильное использование и оценка возможностей ИИ, а также учет человеческого опыта и знаний помогут достичь лучших результатов в строительной отрасли. Применение искусственного интеллекта в строительной отрасли Республики Беларусь может быть целесообразным, так как оно может привести к повышению эффективности и точности процессов, оптимизации использования ресурсов, улучшению безопасности и сокращению времени выполнения работ. В Республике Беларусь важно разработать стратегию внедрения ИИ, учитывая специфику и потребности рынка, обеспечить наличие квалифицированных специалистов в этой области и разработать этические стандарты и правила для использования ИИ в строительстве. В целом применение искусственного интеллекта в строительной отрасли может быть полезным и эффективным, если учитывать ограничения и риски.

Список литературы

1 Применение искусственного интеллекта в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dzen.ru/a/ZB8K5XmL5BUVDgyP>. – Дата доступа : 05.09.2023.

2 Продукт Doxel [Электронный ресурс] : [официальный сайт Doxel]. – Режим доступа : <https://doxel.ai/product#reality-capture> – Дата доступа : 05.09.2023.

3 Как искусственный интеллект меняет строительную отрасль [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://clck.ru/34EmSJ>. – Дата доступа : 05.09.2023.

УДК 658.513.4:001.895

КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОГРАММ

В. В. ШЕЛЮГО, Т. В. ЯШИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Календарное планирование в строительстве является одним из важных аспектов, позволяющих эффективно управлять проектами и достигать поставленных целей. В строительном коммерциале эффективная система реализации проектов принципиальна как для заказчиков, так и для подрядчиков. Современные программные комплексы предлагают множество функциональных возможностей, чтобы помочь руководителям строительных работ эффективно планировать и качественно управлять строительными проектами [1–3]. Проведем сравнительный анализ основных программ: Microsoft Project (США), GanttPRO (Беларусь), ProjectLibre, OpenProj, 1С-Рарус (Россия), Spider Project Professional (Россия), Гектор: Календарное планирование производства работ (Россия).

Microsoft Project является одним из наиболее распространенных инструментов для управления проектами в строительстве. Microsoft Project позволяет использовать специалистам такие функции как: создание календаря проекта, определение задач, создание графика, управление ресурсами, отслеживание выполнения проекта и т. д. [4].

GanttPRO – инструмент, разработанный для создания проектного плана, установления графика и ведения учета выполнения работ. Он позволяет менеджерам проектов создать проектное задание, распределить задачи и определить сроки их исполнения. Все это помогает вести проект от начала и до конца, вести учет времени и ресурсов [5].

ProjectLibre – бесплатное программное обеспечение, которое используется для календарного планирования в различных отраслях, включая строительство. Этот инструмент предназначен для управления проектами, планирования ресурсов, контроля расходов и соблюдения сроков [6].

OpenProj. Помимо общих функций управления проектами, OpenProject BIM позволяет строительным организациям использовать средство просмотра 3D-моделей (IFC), поддержку формата совместной работы BIM (BCF) для управления проблемами и гораздо более мощные функции, например интеграцию с Revit [7].

1С-Рарус. Предназначен для организационного планирования и управления проектами предприятия. Позволяет создавать структуру проекта, этапы и задачи, формировать логические связи и иерархии между произведениями, описывая сложные работы и ресурсы. Программа предоставляет графические инструменты изображения.

Spider Project Professional. Позволяет осуществлять планирование реализации проекта, оптимизацию, финансирование, доставку, бюджетирование проекта, программы и портфеля, моделирование и анализ рисков, анализ реализации проекта, программы и портфеля, формирование графических и табличных отчетов [8].

Гектор: Календарное планирование производства работ. Программа позволяет составлять календарные планы на основе сетевых моделей, автоматически оптимизировать производство продукции с точки зрения работы. График работы можно отобразить в виде сетевой диаграммы в любом графическом редакторе [9].

В таблице 1 дано сравнение основных возможностей программ.

К основным возможностям, встречающимся во всех программах календарного планирования строительных работ можно отнести: планирование строительных работ, управление сроками строительства/реализации проекта, управление приоритетами проекта, управление финансами, управление материально-техническим обеспечением и ресурсами проекта.

Таким образом, различные программы, доступные для календарного планирования, предлагают различные возможности и функции, которые можно адаптировать для удовлетворения конкретных потребностей строительных проектов. Календарное планирование с использованием Microsoft Project является эффективным способом управления проектами в строительстве, который позволяет сократить время и затраты на проект, а также повысить эффективность его выполнения. Программа предоставляет локальный кроссплатформенный (использование на любой ОС), облачный доступ к данным проекта, использование BIM-совместимости и невысокую стоимость лицензирования.

Таблица 1 – Сводная таблица наличия основных возможностей в программах

Критерий	Microsoft Project	GanttPRO	ProjectLibre	OpenProj	1С-Рарус	Spider Project	Гектор
1 Стоимость лицензирования	10–55 дол. в мес.	8–20 дол. в мес.	Бесплатно	9–21 дол. в мес.	От 1000 дол.	От 1200 дол.	От 185 дол.
2 Возможность использовать облако	+	+	+	+	–	–	–
3 Поддерживаемый тип ОС	Кросс-платформа	Кросс-платформа	Кросс-платформа	Microsoft Windows, Linux	Microsoft Windows, Linux	Microsoft Windows, Linux	Microsoft Windows, Linux
4 Управление командой	–	+	–	+	–	–	–
5 Автоматизация отчетности	–	+	–	–	+	+	–
6 Управление рисками	+	+	+	–	–	+	–
7 Аналитика	+	+	+	+	+	+	–
8 BIM-совместимость	+	–	–	+	–	–	–
9 Страна производства	США	Беларусь	Франция	США	Россия	Россия	Россия

Однако в условиях санкций стоит актуальный вопрос об импортозамещении и использовании отечественных продуктов. Заменой MS Project может являться белорусский облачный сервис GanttPRO, который практически не уступает своим зарубежным аналогам. Российский рынок также может предложить продукты, отвечающие требованиям современного календарного планирования.

В Республике Беларусь было бы целесообразно активно внедрять программные продукты для календарного планирования в строительстве, что позволит ускорить и улучшить процесс управления проектами в данной отрасли и повысить качество календарного планирования и эффективность строительных работ.

Список литературы

- 1 Программы для строительной организации [Электронный ресурс] / Первый БИТ. – Режим доступа : <https://www.1cbit.ru/blog/programmy-dlya-stroitelnoy-organizatsii/>. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 2 Формирование календарных планов строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://its.1c.ru/db/erpused25/content/12/hdoc/>. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 3 Гридус, А. Ю. Анализ программ для календарного планирования в строительстве / А. Ю. Гридус, И. И. Боков, Е. В. Иванчук // Академическая публицистика. – 2017. – № 10. – С. 15–22. – EDN ZSGMXP. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 4 Microsoft Project [Электронный ресурс] : [официальный сайт Microsoft]. – Режим доступа : <https://www.microsoft.com/ru-ru/microsoft-365/project/project-management-software/>. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 5 GanttPRO [Электронный ресурс] : [официальный сайт GanttPRO]. – Режим доступа : <https://blog.ganttpro.com/ru/upravlenie-proektami-v-stroitelstve-instrumenty/>. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 6 ProjectLibre [Электронный ресурс] : [официальный сайт ProjectLibre]. – Режим доступа : <https://www.projectlibre.com/>. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 7 Программное обеспечение для управления проектами с открытым исходным кодом [Электронный ресурс] / OpenProject : [официальный сайт]. – Режим доступа : <https://www.openproject.org/>. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 8 Спайдер Проджект [Электронный ресурс] : [официальный сайт Spider Project]. – Режим доступа : <http://www.spiderproject.com/ru/>. – Дата доступа : 04.09.2023.
- 9 Гектор: Календарное планирование производства работ [Электронный ресурс] : [официальный сайт НТЦ Гектор]. – Режим доступа : <http://www.gektorstroi.ru/description/KPPR.php>. – Дата доступа : 04.09.2023.

УДК 69.001.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛОЙ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЭКОСИСТЕМНЫХ ПЛАТФОРМ

А. Э. ЮНИЦКИЙ, О. В. ХИЛЬКО

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

Мультифункциональные экосистемные платформы – инновационные сооружения, объединяющие урбанистические, биосферные и сельскохозяйственные пространства. Такие площадки позволят создать идеальные условия для взаимодействия человека с природой, показать пример по рациональному использованию и сохранению ресурсов биосферы, выработать подходы к устойчивому развитию.

Для полноценного функционирования экосистемных платформ необходимо создание определенной экосистемы, например субтропической, защищенной от дождя, ветра, пыли, негативных техногенных влияний.

Эффективным способом создания защищенных от влияния извне платформ является использование большепролетных сооружений малой материалоемкости. Они представляют собой протяженные в плане шатры с использованием в качестве ограждающих конструкций фторсодержащей пленки (ETFE) – современного строительного материала, изначально разработанного для применения в авиации и космонавтике. Пленка ETFE обладает высокой светопрозрачностью (94 %), низкой плотностью (1650–1760 кг/м³), высокой прочностью на разрыв (40–65,2 МПа) и не требует массивных поддерживающих конструкций. В качестве несущих конструкций для покрытия из пленки целесообразно использовать преднатяженные «струны» из высокопрочной проволоки, проволочных канатов либо стальных штрипсов. Крепление пленки к несущим элементам производится при помощи специальных клейких лент и термоконтakтной сварки. Такие большепролетные сооружения, обладающие малой материалоемкостью, получили название струнных шатров (СШ), или шатровых сооружений малой материалоемкости.

Рассмотрим конструктивную схему одного из возможных СШ на примере прямоугольного в плане сооружения размерами 54×150 м, с двускатной кровлей и высотой в коньке 8 м (рисунок 1).



Рисунок 1 – Визуализация шатрового сооружения малой материалоемкости

Центральные стойки и крайние подкосы запроектированы из тонкостенных профилей замкнутого круглого сечения. Эти элементы испытывают преимущественно осевую нагрузку, и основное требование к ним не прочность, а устойчивость при центральном сжатии. Для увеличения местной устойчивости стенок профиля заполняются цементно-песчаным раствором либо бетоном. Основные несущие элементы сооружения – сдвоенные проволочные канаты площадь сечения 3,54 см² (рисунок 2).

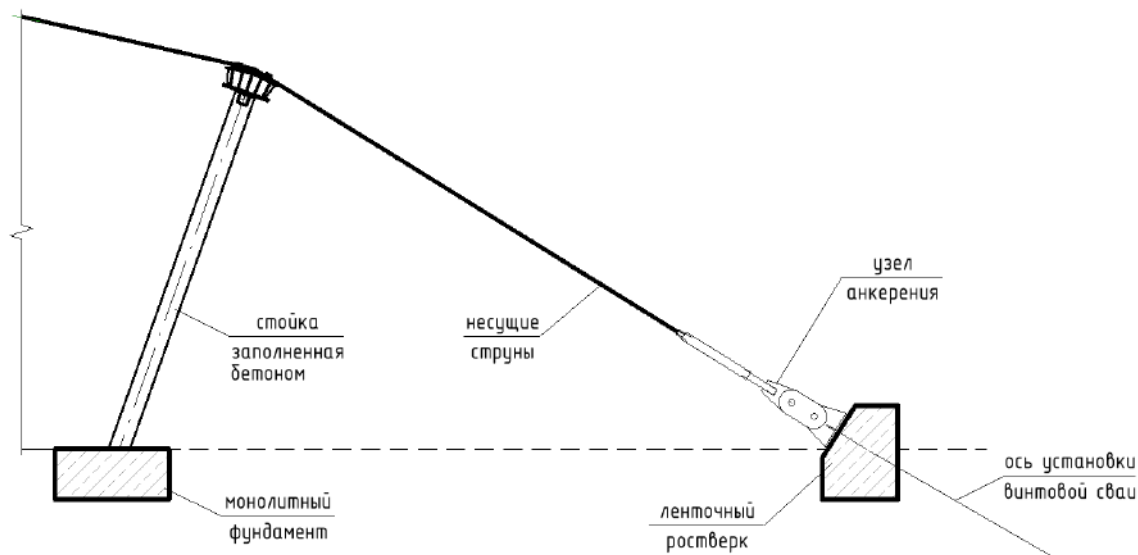


Рисунок 2 – Схема конструктивных элементов шатрового сооружения

Благодаря преднапряжению конструкция способна выдерживать ветровые и снеговые нагрузки, а так как материал покрытия обладает антиадгезионными свойствами, пыль и грязь не скапливаются на поверхности. Для уменьшения колебаний покрытия от ветрового воздействия в середине пролета предусмотрены проволочные оттяжки. Преднапряженные несущие элементы – «струны» – заанкерены в уровне фундаментов сооружения. Для восприятия выдергивающих усилий могут быть

применены винтовые сваи либо комбинированный фундамент с ростверком (в зависимости от пролета и усилия натяжения).

Для оценки экономического эффекта приведем данные о материалоемкости несущих элементов предлагаемого каркаса по сравнению с традиционными металлокаркасами (из чёрного металла, из тонкостенных профилей типа KNAUF ЛСТК по ГОСТ Р 58384-2019) схожих параметров. Данные представим в таблице 1 согласно [2].

Таблица 1 – Сравнительный анализ расхода стали

Элемент конструкции	Расход стали, кг/м ²		
	Покрытие	Вертикальные несущие конструкции	Всего
Металлокаркас из черного металла	100	49	149
Металлокаркас из тонкостенных профилей типа ЛСТК	45	29	74
Струнный шатёр	8	18	26

В рассмотренном сооружении масса проволочных канатов – 8 т, а для создания изготовления ферменных либо балочных пролетных конструкций для сооружения аналогичных габаритов требуется порядка 100 т стали.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение преднапряженных несущих элементов при строительстве шатровых сооружений для создания экосистемных платформ – современное, надежное и безопасное решение, позволяющее эффективно решать поставленные задачи, что может быть широко использовано вместо применения традиционных технологий каркасного строительства.

Список литературы

- 1 Юницкий, А. Э. Инженер: автобиография / А. Э. Юницкий. – Минск : Белпринт, 2021. – С. 159.
- 2 Беленя, Е. И. Металлические конструкции. Специальный курс / Е. И. Беленя, Н. Н. Стрелецкий. – М. : Стройиздат, 1982. – С. 280.

8 ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

УДК 625.8

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ – РИГЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСА «ЛИРА»

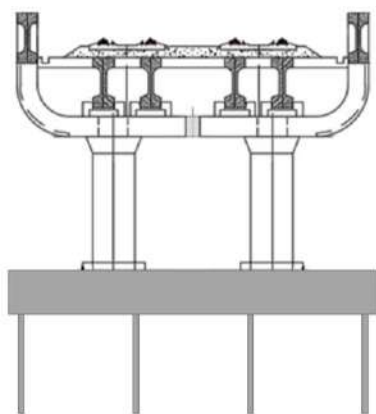
Ф. Э. АБДУКАДИРОВ, А. АБДУСАТТАРОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

При расчете и проектировании элементов сооружений типа ригеля учитываются различные виды нагрузок. Известно, что установленные нормами величины внешних воздействий (нагрузок) называются нормативными нагрузками, а произведения нормативной нагрузки на коэффициент – надежность по нагрузке. В зависимости от продолжительности действия нагрузки подразделяют на постоянные и временные (длительные, кратковременные и сейсмические) [1, 2]. Развитие вычислительной техники и ее внедрение практически во все сферы жизни привели к тому, что сегодня специалист должен хорошо ориентироваться в области компьютерной технологий [3]. Самым распространенным комплексом является программа «Ли́ра-САПР» на основе метода конечных элементов.

В данной статье рассматривается реализация методики расчета несущих элементов конструкций (на примере ригеля метро-эстакады) с учетом сейсмических нагрузок с использованием программного комплекса (ПК) «Ли́ра-САПР». Обычно надземное метро строится полностью на эстакаде, что позволяет минимизировать снос и обеспечить автопроезды под конструкциями метро. На рисунке 1, а приведен вариант опоры проектируемой железобетонной конструкции типа ригеля. Этот тип опоры является наиболее выгодным по технико-экономическим показателям, наиболее экономичным по материальным ресурсам и по производству работ, также этот вариант наиболее прост в исполнении.

а)



б)

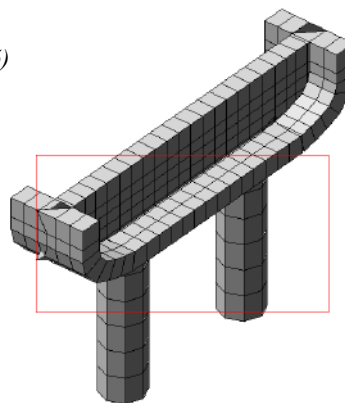


Рисунок 1 – Схема опоры железобетонных конструкций типа ригеля (а);
вид конечных элементов ригеля (б)

Расчет железобетонных конструкций, основанный по предельным состояниям первой и второй групп, следует выполнять с учетом наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок или соответствующих им усилий. Конструкция железобетонной эстакады с ригелем U-образной формы принята сборно-монолитной из бетона класса В35, состоит из промежуточных опор и пролетных строений, перекрывающих пространство между опорами и передающих вес от нагрузок через опоры на грунты основания.

В процессе анализа вышеуказанных программ необходимо уделять особое внимание применению программного комплекса по странам, строительным стандартам и правилам.

На рисунке 2 приведен алгоритм конструирования ригеля на ПК «Ли́ра-САПР». На основе разработанной схемы выполнен расчет ригеля с двухстоечной опорой метрополитена на основное и особое сочетание нагрузок в соответствии с требованиями ШНК 2.05.03-12. «Мосты и трубы» и КМК 2.01.20-16. «Строительство транспортных сооружений в сейсмических районах».



Рисунок 2 – Алгоритм конструированной опоры

Всего рассмотрено 5 неблагоприятных сочетаний нагрузок. Величины расчетных нагрузок, входящих в состав сочетаний, определены ранее. Приведем схемы сочетаний нагрузок и результаты расчета. В качестве примера на рисунке 3 показано деформированное состояние ригеля от воздействия составов двух путей с двух пролетов [2].

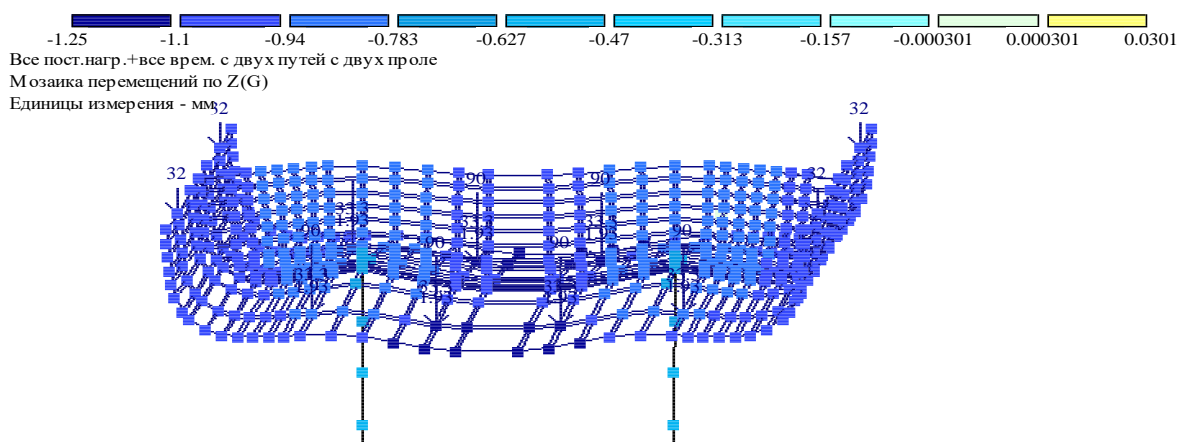


Рисунок 3 – Деформированное состояние ригеля от составов двух путей с двух пролетов

В результате выполненных расчетов получены значения компонентов перемещений и усилий для расчетных сечений по каждому из сочетаний, при этом для сейсмических воздействий учтены соответствующие виды нагрузок [3]. Учтены положения следующих разделов КМК: КМК 2.01.07-96 «Нагрузки и воздействия», КМК 2.03.04-98 «Бетонные и железобетонные конструкции», КМК 2.01.03-96 «Строительство в сейсмических районах, КМК 2.03.05-97 «Стальные конструкции».

В результате расчета получены значения усилий в каждом конечном элементе расчетной схемы для каждого из рассмотренных сочетаний нагрузок. Наибольшие значения из вычисленных усилий являются исходной информацией для подбора арматуры эстакад.

Список литературы

- 1 **Абдукадиров, Ф. Э.** Компьютерная реализация расчета эстакада-ригеля на стойки с применением ANSYS / Ф. Э. Абдукадиров // Experimental and theoretical research in modern science. – 2021. – № 68. – С. 215–221.
- 2 **Абдукадиров, Ф. Э.** К расчету несущих элементов конструкций типа ригеля на стойке с применением программного комплекса / Ф. Э. Абдукадиров, У. З. Шермухамедов // Современная архитектура, прочность зданий и сооружений. Надежность и сейсмическая безопасность : материалы Респ. науч.-практ. конф. – НамЙСИ, 2021. – С. 173–175.
- 3 **Абдусаттаров, А.** Об упругопластическом изгибе тонких пластин и стержней при переменном нагружении / А. Абдусаттаров, Ф. Э. Абдукадиров, Ш. С. Хожаматов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 157–159.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ МЕТРО-ЭСТАКАДЫ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПК «ЛИРА-САПР»

Ф. Э. АБДУКАДИРОВ, У. З. ШЕРМУХАМЕДОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

«Лира-САПР» реализует технологию информационного моделирования зданий (BIM) и ориентирована на проектирование и расчет строительных конструкций. Реализация технологии BIM обеспечивается нативной связью с другими архитектурными, расчетными, графическими и документирующими системами (САПФИР-3D, Revit, Tekla, AutoCAD, ArchiCAD, Advance Steel, BoCAD, Allplan, Gmsh и др.) на основе DXF, MDB, STP, SLI, MSH, STL, OBJ, IFC и других файлов.

Возможен расчет на различные виды динамических воздействий: сейсмика, ветер с учетом пульсации, вибрационные нагрузки, импульс, удар, ответ-спектр, сейсмика на основе акселерограмм, для которых реализованы нормы Украины, России, Казахстана, Азербайджана, Грузии, Франции, Алжира и т. д. [1].

Конструкция эстакады принята сборно-монолитной. Конструктивно эстакада состоит из пролетного строения и промежуточных опор. Расчетное расстояние между опорами 26,7 м. Пролетное строение выполнено из ребристых предварительно напряженных балок пролетного строения таврового сечения длиной 26,0 м. В сечении устанавливаются две балки ездового полотна под каждый путь и две ограждающие балки. Балки ездового полотна и ограждающие балки идентичны по конструкции. Балки ездового полотна по верхней плите объединяются между собой, образуя настил для верхнего строения пути. Ограждающие балки, кроме своего назначения, служат также для снижения шума от движения поездов. Промежуточные опоры монолитные круглые из обычного железобетона с ригелем U-образной формы [2, 3].

Высота стоек принимается в зависимости от продольного профиля и должна обеспечивать минимальный подмостовой габарит 5,5 м для проезда под эстакадой автотранспорта по пересекаемым автодорогам. Стойки на малых высотах монолитные в опалубке из металлических труб, заполняемых бетоном и расчетной арматурой. При больших высотах тело опоры выполняется массивным из монолитного железобетона в опалубке их сборных плит.

Установка балок пролетного строения выполняется на сборный ригель. После монтажа балок в проектное положение на ригеле между торцами балок устраивается монолитный сердечник шириной 0,7 м.

Фундаменты на естественном основании. В зависимости от грунта основания и глубины залегания грунтовых вод фундаменты опор выполняются на буронабивных столбах или естественном основании.

Промежуточная опора метро-эстакады изготавливается из бетона класса B25 и армируется (рабочая арматура армируется из класса А-III, количество и диаметр определяются исходя из расчетов, а строповочная арматура армируется из класса А-I исходя из расчетов).

В расчетную схему включен «Тип 10. Универсальный пространственный стержневой КЭ». На Сбор нагрузок выполнен на одну стойку опор.

Всего рассмотрено 5 неблагоприятных сочетаний нагрузок. Величины расчетных нагрузок, входящих в состав сочетаний определены ранее. Приведем схемы сочетаний нагрузок и перемещения от их воздействия [3, 4].

В расчете учитывается заданное количество форм собственных колебаний (KF).

Количество динамических составляющих равно количеству форм собственных колебаний, по которым раскладывается динамическая нагрузка. Значения сейсмических нагрузок, соответствующих каждой форме собственных колебаний, вычислены согласно положениям СНиП II-7-81* (пп. 2.5–2.7.2.10, таблица 1.3-6, рисунок 2).

Расчетные сочетания усилий для стержней выбираются по критерию экстремальных нормальных и сдвиговых напряжений в периферийных зонах сечения.

Расчетные сочетания напряжений для пластинчатых элементов выбираются по критерию экстремальных напряжений с учетом направления главных площадок. В результате выполненных расчетов получены значения всех усилий для расчетных сечений по каждому из сочетаний, при этом для сейсмических воздействий учтены соответствующие сопутствующие.

На рисунке 1 показана мозаика от сейсмического воздействия по осям загрузки X и Y .

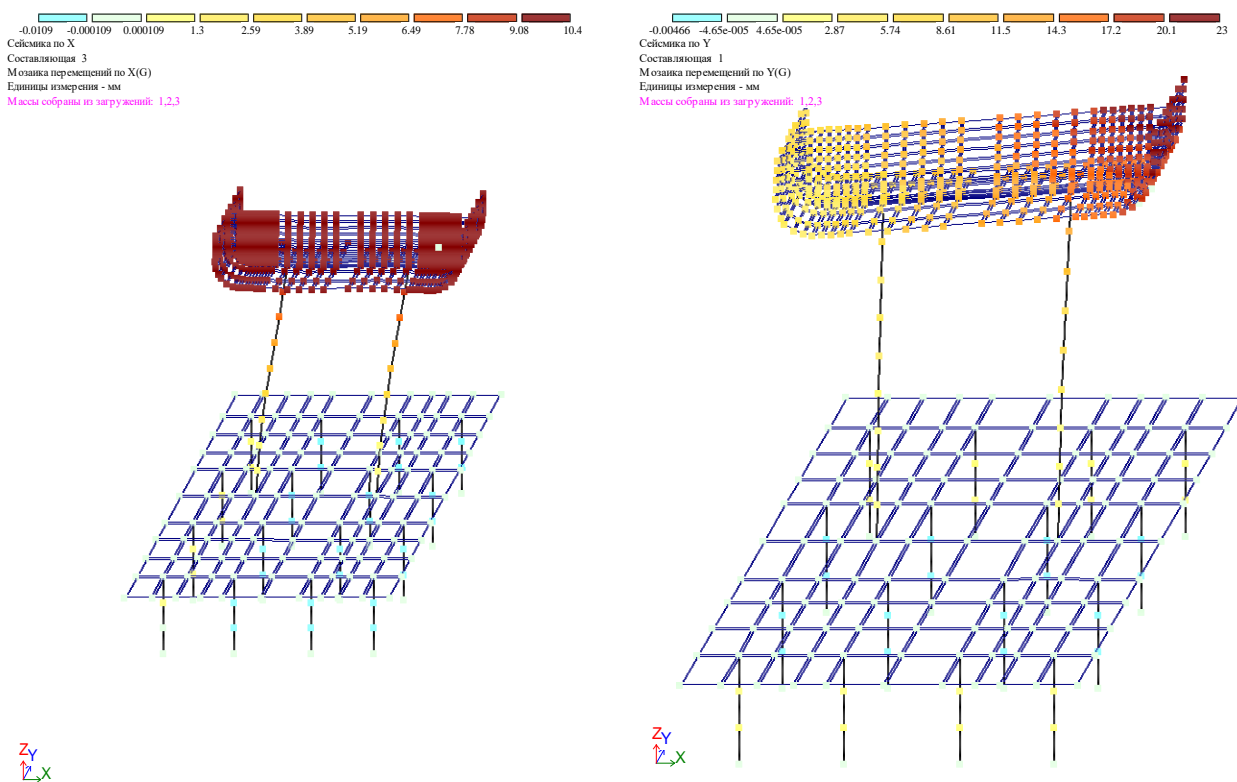


Рисунок 1 – Сейсмическое воздействие по осям X и Y

В процессе выполнения расчета предусмотрено взаимное исключение каждого из представленных сочетаний друг с другом.

В результате расчета получены значения усилий в каждом конечном элементе расчетной схемы для каждого из рассмотренных сочетаний нагрузок. Наибольшие значения из вычисленных усилий являются исходной информацией для подбора арматуры в стойке опоре и ростверке.

Список литературы

- 1 Программный комплекс Лира-САПР 2013 : учеб. пособие / Д. А. Городецкий ; под ред. Д. А. Городецкого. – Киев–М., 2013. – 376 с.
- 2 **Абдукадиров, Ф. Э., У. З. Шермухамедов.** К расчету несущих элементов конструкций типа ригеля на стойке с применением программного комплекса / Ф. Э. Абдукадиров, У. З. Шермухамедов // Современная архитектура, прочность зданий и сооружений. Надежность и сейсмическая безопасность : материалы Респ. науч.-практ. конф. – НамЙСИ, 2021. – С. 173–175.
- 3 **Абдусаттаров, А.** Об упругопластическом изгибе тонких пластин и стержней при переменном нагружении / А. Абдусаттаров, Ф. Э. Абдукадиров, Ш. С. Хожаматов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С.157–159.
- 4 **Абдусаттаров, А.** Об упругопластическом изгибе тонких пластин и стержней при переменном нагружении / А. Абдусаттаров, Ф. Э. Абдукадиров, Ш. С. Хожаматов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 157–159.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СИЛЬФОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ И ТРОЙНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

А. АБДУСАТТАРОВ, Н. Б. РУЗИЕВА

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Компенсаторы предназначены для уменьшения внутренних усилий в трубопроводах, обусловленных различными перемещениями, температурными и остаточными напряжениями. В мо-

нографии [1] приведена конструктивная схема сифонного компенсатора, в которой отражены основные принципы конструирования устройств подобного типа и параметры, определяющие геометрию и работоспособность оболочки. Сифонные компенсаторы – довольно сложная конструкция, основной несущей и герметизирующей частью которой является гофрированная осесимметричная тонкостенная оболочка. Базовый элемент гофрированной оболочки – полугофра. Основные конструктивные параметры, определяющие геометрию и работоспособность сифонного компенсатора: наружные и внутренние диаметры оболочки, радиусы выступа r_1 и впадины r_2 , длина L_n линейного участка гофра, толщина оболочки – h . Эффективность применения сифонных компенсаторов достигается благодаря их конструктивным особенностям [1–3].

Сифонные компенсаторы в большинстве случаев подвергаются повторным воздействиям нагрузки с ограниченным числом циклов. Число циклов нагружения определяется количеством пусков, остановов и резких изменений режима работы агрегата за время эксплуатации. В этих условиях работы для повышения его компенсирующей способности целесообразно допустить пластические деформации в наиболее нагруженных зонах оболочки. На основе разработанной методики расчета трубопроводных систем [2] приведены результаты расчетов сифонных компенсаторов при циклическом нагружении. Произведен расчет для сифона с одним и двумя гофрами.

На рисунке 1 представлена расчетная схема сифонного компенсатора и указаны основные конструктивные параметры, определяющие геометрию и работоспособность гофрированного сифона. Конструктивные параметры сифон, мм: $l = 200$; $R = 200$, $r_1 = r_2 = 50$; $L_n = 200$; $h = 4$.

Решение задачи показывает, что характер распределения расчетных величин и уровень деформаций зависят от интенсивности нагрузки, конструктивных параметров, в частности, переменности толщины и формы гофра. Условиями появления вторичных, третичных (и т. д.) пластических областей являются $\bar{\sigma}_u^{(n)} \geq \alpha_n \sigma_s$, где α_n – масштабный коэффициент. Анализ результатов расчета показывает, что с увеличением числа циклов нагружений кинетика напряженно-деформированного состояния сифона переходит в стационарное. Это объясняется режимом малоциклового нагружения, а также стабилизацией диаграмм циклического деформирования для упрочняющихся материалов. Результаты исследования НДС сифонных компенсаторов при циклическом нагружении показывают, что возникающие в сифоне пластические деформации локализованы в относительно узких зонах. Поэтому разрушение сифона при малоцикловом нагружении определяется, главным образом, накоплением повреждений и носит явно выраженный усталостный характер [5].

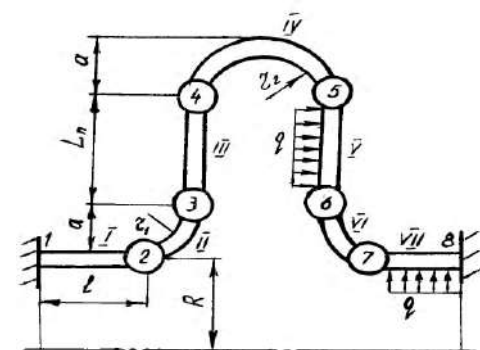


Рисунок 1 – Расчетная схема компенсатора

В качестве примера рассмотрим трехслойный сифонный компенсатор из композиционных материалов, состоящий из набора пластин, цилиндрических и тороидальных элементов. Сифон состоит из двух несущих вязкоупругих слоев и упругого заполнителя. Конструктивные параметры, мм: $R = 200$; $r_1 = r_2 = 50(100)$; $L = 200(300)$. Толщина всех слоев фиксирована. Толщина наружных $h_1 = h_3 = 2$ мм, толщина заполнителя $h_2 = 4$ мм. Вязкоупругий слой характеризуется величинами: $E = 10^5$ МПа; $\nu = 0,3$; $p = 7,8 \cdot 10^5$ кг/мм³; $A = 0,01$, $\beta = 0,1$, $\alpha = 0,05$.

Механические характеристики упругого слоя: $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $\nu = 0,3$; $p = 7,8 \cdot 10^5$ кг/мм³.

В результате расчетов получены значения частоты колебаний для первого тона в следующих трех случаях, т. е. в зависимости от конструктивных параметров трехслойного сифона [4]:

- 1) при $R_1 = R_2 = 50$; $L_n = 200$, $\omega_R^* = 3,43006 \cdot 10^2$; $\omega_I^* = 1,13724$;
- 2) при $R_1 = R_2 = 50$; $L_n = 300$, $\omega_R^* = 3,37481 \cdot 10^2$; $\omega_I^* = 1,00058$;
- 3) при $R_1 = 50$, $R_2 = 100$; $L_n = 200$, $\omega_R^* = 5,45164 \cdot 10^2$; $\omega_I^* = 1,69881$.

Из этих данных следует, что на частоту колебаний сифона существенное влияние оказывают длина линейного участка гофра L_n , радиусы впадины r_2 и выступа r_1 и толщина h . С увели-

чением L_{II} частота колебаний уменьшается, а с ростом r_2 – увеличивается. На рисунке 2 представлены формы колебаний для четырех элементов сиффона, соответствующих указанным случаям.

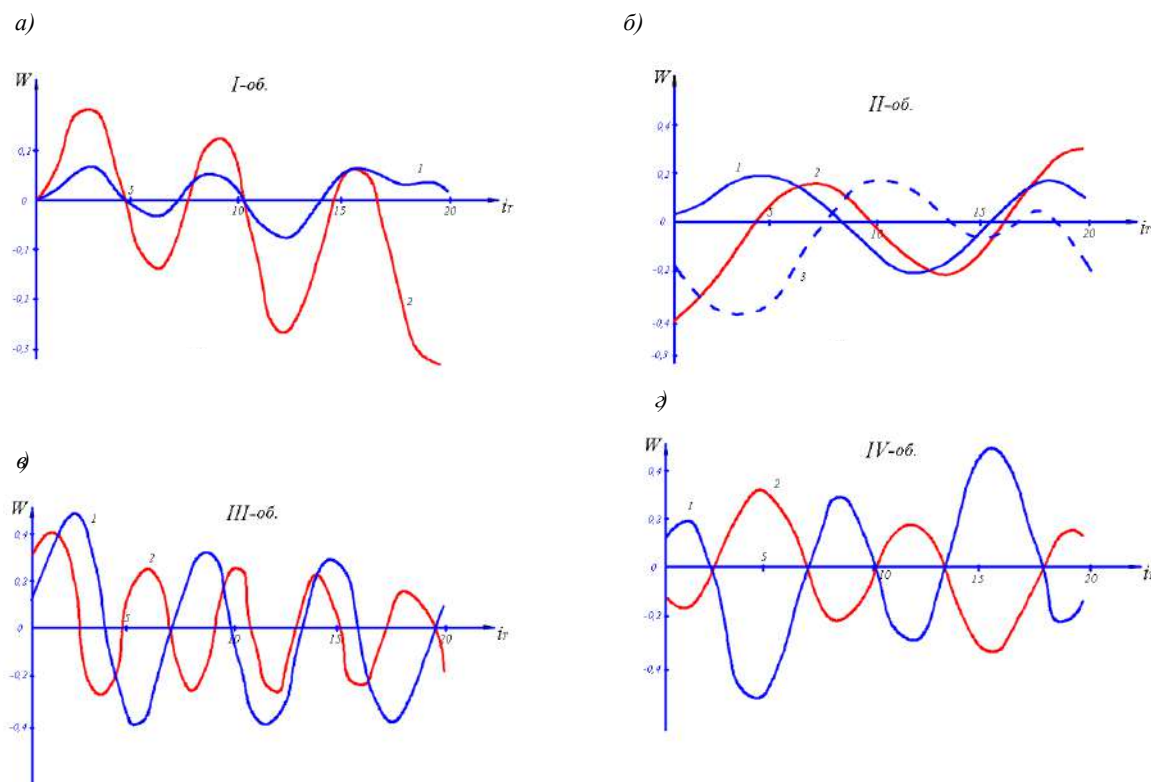


Рисунок 2 – Форма колебаний элементов трубопровода-сиффона

Также анализированы результаты расчетно-экспериментальных исследований статической и малоциклового прочностных натурных, тройниковых соединений труб большого диаметра, применяемых при строительстве магистральных нефтепроводов [5].

Показано, что напряженно-деформированное состояние тройников характеризуется большой неравномерностью. При последующем нагружении тройника внутренним давлением определен момент начала роста трещины. Отмечено, что интенсивный рост трещины начался при давлении 7,5 МПа, а при достижении давления в 10,2 МПа произошло окончательное разрушение тройника с образованием свища. Представляет также интерес сравнение коэффициентов концентрации напряжений при малоцикловом нагружении, по уточненным расчетным формулам Нейбера – Махутова. Для сравнительной оценки произведен расчет НДС компенсатора с использованием программы ANSYS [6].

Список литературы

- 1 Гусенков А. П. Малоцикловая прочность оболочечных конструкций / А. П. Гусенков, Г. В. Москвитин, В. Н. Хорошилов. – М. : Наука, 1989. –254 с.
- 2 Мяченков, В. И. Расчет составных оболочечных конструкций на ЭВМ / В. И. Мяченков, И. В. Григорьев. – М. : Машиностроение, 1981. –216 с.
- 3 Селезнев, В. Е. Основы численного моделирования магистральных трубопроводов / В. Е. Селезнев, В. В. Алешин, С. Н. Прялов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : МАКС Пресс, 2009. – 436 с.
- 4 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных элементов конструкции на упругом основании / Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая, Д. В. Леоненко. – М. : Физматлит, 2006. – 379 с.
- 5 Абдусаттаров, А. Моделирование расчета нелинейного деформирования и повреждаемости трубопроводных систем при циклических нагружениях : [монография] / А. Абдусаттаров, Н. Х. Сабиров, Н. Б. Рузиева. – Ташкент, 2021. – 170 с.
- 6 Abdusattarov, A. Mathematical models of pipeline deformation under repeated – variable loading taking into account damageability / A. Abdusattarov, N. Sabirov, N. Ruzieva // AIP Conference Proceedings 2637, 030014 (2022); Published Online: 20 October 2022. – DOI : 10.1063/5.012148.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ПАНЕЛЕЙ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

И. Н. АНДРОСОВ

Уральский завод гражданской авиации, г. Москва, Российская Федерация

М. И. МАРТИРОСОВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В настоящее время в области гражданского авиастроения широко применяются элементы конструкций, изготовленные из полимерных композиционных материалов (ПКМ). ПКМ сочетают в себе высокие прочностные и жесткостные характеристики. Это позволяет проектировать и конструировать детали с оптимальными прочностными и весовыми свойствами, что способствует повышению безопасности и топливной эффективности воздушных судов.

В работе проводится сравнительный анализ механических характеристик панелей, изготовленных из двух марок современных ПКМ, широко применяемых для производства авиационных деталей и конструкций: препрег на основе углеродной ленты КМКУ-2м.120.Э0,1 и препрег на основе углеродной ткани АСМ 102-С200Т.

Проводится сравнение панелей путем оценки их жесткостных характеристик с одинаковыми схемами укладки монослоев-

Оценка прочности проводится согласно современным теориям разрушения применительно к ПКМ [1, 2]. Теория разрушения Hoffma относится к полиномиальным критериям разрушения по объединенным значениям, которые объединяют компоненты тензора напряжений. Теории разрушения Hashin-Rothem и Chang-Chang относятся к критериям по виду разрушения, которые оценивают разрушение волокна и матрицы независимо друг от друга.

Препрег КМКУ-2м.120.Э0,1,45 изготавливается из углеродной ленты ЭЛУР-0,1П марки А, формируется автоклавно-вакуумным или прессовым методами. Предназначен для изготовления деталей конструкционного назначения.

Препрег АСМ 102-С200Т изготавливается на основе углеродной ткани саржевого типа плетения на основе эпоксидного связующего марки АСМ 102. Предназначен для изготовления средненагруженных изделий.

Механические характеристики ПКМ КМКУ-2м.120.Э0,1,45 и АСМ 102-С200Т применительно к монослоям приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Механические характеристики материалов

Препрег	$E_1, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	$E_2, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	$G_{12}, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	μ_{12}	$t, \text{мм}$	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{мм}^3}$
1	2	3	4	5	6	7
КМКУ-2м.120.Э0,1,45	11519	826	510	0,33	0,12	$1,43 \cdot 10^{-6}$
АСМ 102-С200Т	6626	6443	498	0,046	0,21	$1,56 \cdot 10^{-6}$

Окончание таблицы 1

Препрег	$\sigma_1, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	$\sigma_{-1}, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	$\sigma_2, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	$\sigma_{-2}, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$	$\tau, \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$
1	8	9	10	11	12
КМКУ-2м.120.Э0,1,45	90	90	4,5	11,7	7,4
АСМ 102-С200Т	76,5	72,8	85,7	54,5	7,6

В таблице 1 E_1, E_2 – модули упругости в направлении укладки монослоя и перпендикулярно направлению укладки монослоя соответственно; G_{12} – модуль сдвига; μ_{12} – главный коэффициент Пуассона; t – толщина монослоя; ρ – плотность; σ_1, σ_2 – пределы прочности на растяжение в направлении укладки монослоя и перпендикулярно направлению укладки монослоя соответствен-

но; σ_{-1} , σ_{-2} – пределы прочности на сжатие в направлении укладки монослоя и перпендикулярно направлению укладки монослоя соответственно; τ – предел прочности на сдвиг.

Согласно полученным оценкам приведенных жесткостей жесткость панели из материала АСМ 102-С200Т в главном направлении на 19 % ниже жесткости панели из материала КМКУ-2м.120.Э0,1.45 и выше на 45 % в побочном направлении; сдвиговая жесткость панели из АСМ 102-С200Т ниже на 7 %. Однако при вычислении общих жесткостей панелей вследствие почти вдвое большей толщины монослоя у препрега АСМ 102-С200Т жесткость панели из материала АСМ 102-С200Т на растяжение в направлении укладки монослоев выше в 1,42 раза, в направлении, перпендикулярном направлению укладки монослоев, жесткость на растяжение выше в 2,82 раза, цилиндрическая жесткость в направлении укладки монослоев выше в 4,34 раза, цилиндрическая жесткость в направлении, перпендикулярном направлению укладки, выше в 8,62 раза. При этом вес панели, изготовленной из препрега АСМ 102-С200Т, выше всего на 9 %.

Оценка прогибов и прочностных характеристик панелей проводится для двух случаев закрепления: панель шарнирно-оперта по краям и панель шарнирно закреплена по трем углам [3]. На панель действует нормальное статическое давление: $1 \cdot 10^{-3}$ кгс·мм² для случая опирания по краям и $1 \cdot 10^{-4}$ кгс·мм² для случая закрепления по трем углам. Вследствие более высокой жесткости панели из материала АСМ 102-С200Т ее прогибы оказались меньше в 6,72 раза для случая опирания по краям и в 7,82 раза для случая закрепления по трем углам.

Для данных граничных условий вычислены индексы разрушения по трем теориям разрушения ПКМ, данные вычислений сведены в таблицы 2, 3. Таблица 2 содержит данные вычислений для случая шарнирного опирания панелей из двух рассматриваемых ПКМ по краям. Таблица 3 содержит данные вычислений для случая шарнирного закрепления панелей из этих же материалов по трем углам.

Таблица 2 – Значения огибающих по слоям индексов разрушения панелей по двум краям

Препрег	Hoffmann	Hashin-Rothem	Chang-Chang
КМКУ-2м.120.Э0,1.45	1,42	$3,96 \cdot 10^{-2}$	0,14
АСМ 102-С200Т	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$1,13 \cdot 10^{-3}$	$1,18 \cdot 10^{-2}$

Таблица 3 – Значения огибающих по слоям индексов разрушения панелей по трем углам

Препрег	Hoffmann	Hashin-Rothem	Chang-Chang
КМКУ-2м.120.Э0,1.45	0,2	$9,74 \cdot 10^{-2}$	0,19
АСМ 102-С200Т	$6,61 \cdot 10^{-3}$	$9,11 \cdot 10^{-4}$	$1,14 \cdot 10^{-3}$

По результатам сравнительного анализа можно сделать вывод, что панель, изготовленная на основе препрега из углеткани АСМ 102-С200Т, обладает более высокими жесткостными и прочностными свойствами, несмотря на меньшие значения пределов прочности и модуля упругости препрега в главном направлении по сравнению с препрегом КМКУ-2м.120.Э0,1.45. Это происходит из-за большей толщины монослоя препрега АСМ 102-С200Т, вследствие чего толщина панели возрастает, что благоприятно сказывается на её жесткостных свойствах (за счёт кратного увеличения моментов инерции поперечного сечения панели). При этом плотность монослоя препрега АСМ 102-С200Т выше всего на 9 % по сравнению с плотностью монослоя препрега КМКУ-2м.120.Э0,1.45.

Список литературы

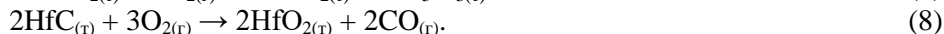
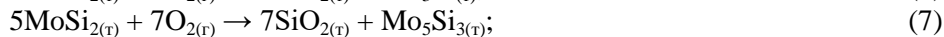
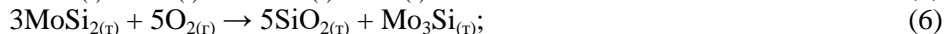
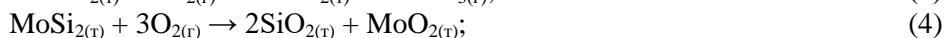
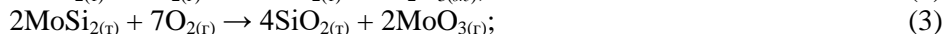
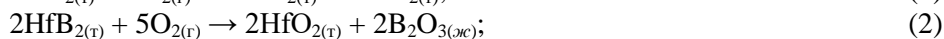
- 1 Муйземнек, А. Ю. Механика деформирования и разрушения полимерных слоистых композиционных материалов : учеб. пособие / А. Ю. Муйземнек, Е. Д. Карташова. – Пенза : ПГУ, 2017. – 77 с.
- 2 Гриневич, Д. В. Критерии разрушения полимерных композиционных материалов (обзор) / Д. В. Гриневич, Н. О. Яковлев, А. В. Славин // Труды ВИАМ, 2019. – № 7 (79). – С. 92–111.
- 3 Андросов, И. Н. Исследование прочности фюзеляжных створок шасси самолёта под действием статической нагрузки / И. Н. Андросов, М. И. Мартиросов // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXIX Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. – Т. 1. – М. : МАИ, 2021. – С. 11–12.

МЕХАНИЗМ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПОКРЫТИЯ $\text{HfSi}_2\text{--MoSi}_2\text{--HfB}_2\text{--HfC}$ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОКИСЛЕНИЯ

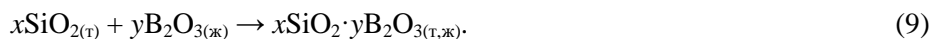
А. Н. АСТАПОВ, А. И. МАТУЛЯК, А. Н. ТАРАСОВА, В. С. ТЕРЕНТЬЕВА
Московский авиационный институт, Российская Федерация

Исследуется окислительная стойкость покрытия в системе $\text{HfSi}_2\text{--MoSi}_2\text{--HfB}_2\text{--HfC}$, сформированного на подложке из C/C–SiC композита. Работа является эволюционным развитием исследований [1–4].

Процессы окисления компонентов покрытия на начальных этапах огневых испытаний описываются химическими реакциями (1)–(8):



и сопровождаются взаимодействием продуктов окисления по реакции



В пересчете на 1 моль исходных веществ наиболее термодинамически выгодно окисление HfSi_2 по реакции (1), чем окисление HfB_2 , MoSi_2 и HfC по реакциям (2)–(8). С кинетической точки зрения окисление HfSi_2 в исследуемом покрытии происходит существенно быстрее, по сравнению с остальными фазами, о чем свидетельствуют результаты структурных исследований. Одна из возможных причин – появление жидкой фазы в результате инконгруэнтного плавления HfSi_2 при температурах свыше 1543 ± 8 °С. Как известно, жидкая фаза обеспечивает быстрый массоперенос реагентов, что ускоряет процесс окисления [4]. Другой причиной является селективное окисление более электроположительного гафния в HfSi_2 , приводящее к образованию гетерогенной пленки, содержащей помимо аморфного SiO_2 значительное количество кристаллического HfO_2 с высокой анионной проводимостью. Проницаемость HfO_2 по кислороду способствует относительно быстрому распространению окисления вглубь, особенно на начальной стадии, вплоть до момента формирования сплошного стекловидного барьерного слоя.

В процессе окисления покрытия образуется многослойная оксидная пленка, представленная поверхностным слоем кремнезема с отдельно расположенными в нем частицами HfO_2 и подслоем на основе HfO_2 и SiO_2 . Часть образующейся двуокиси кремния SiO_2 сохраняется в объеме оксидной пленки, другая часть переносится на поверхность, обеспечивая формирование сплошного стекловидного слоя. Основной движущей силой апвеллинга является объемное расширение, главным образом в результате окисления HfSi_2 по реакции (1). Образование боросиликатного стекла согласно реакции (9) снижает вязкость расплава и облегчает его транспорт к поверхности в начальный момент испытаний.

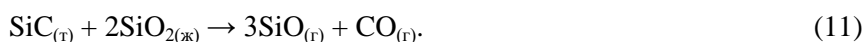
С течением времени происходит растворение атомов гафния в SiO_2 , которое может протекать как по механизму внедрения, так и путем замещения атомов Si [4]. Образование более термодинамически устойчивой связи Hf–O относительно Si–O является причиной увеличения высокотемпературной стабильности модифицированного боросиликатного стекла и снижения упругости пара. По мере растворения гафния наблюдается ликвационная дифференциация расплава, обуславливающая образование микроградиентной структуры. Наряду с ростом температур ликвидус гетерогенные оксидные системы характеризуются повышенным поверхностным натяжением на границах раздела фаз, что в свою очередь приводит к снижению коэффициента диффузии кислорода через межфазные границы и замедлению окисления. Сферическая форма включений дисперсных фаз определяет минимальную площадь поверхности контакта с расплавом, а следовательно, минимальную поверхность массообмена.

Характерной особенностью окисления исследуемого покрытия является различная степень селективного окисления кремния в MoSi_2 по толщине оксидной пленки: полное – с образованием металлического Mo или оксида MoO_2 в наружной части подслоя на основе HfO_2 ; частичное – с образованием вторичных фаз Mo_3Si и Mo_5Si_3 в объеме оксидной пленки; без окисления – на границе подслоя на основе HfO_2 и неокисленной части покрытия. В начале испытаний при наиболее интенсивном подводе кислорода, окисление MoSi_2 протекает по реакции (3). Формирование и увеличение толщины защитной пленки приводит к градиентному снижению концентрации кислорода по мере удаления от поверхности, что влечет за собой уменьшение степени окисления Mo по реакциям (3)–(5) и снижение доли окисляемого Si в MoSi_2 с образованием низших силицидов Mo_3Si и Mo_5Si_3 по реакциям (6) и (7).

Формирование внешнего стекловидного слоя создает эффективный барьер для диффузии кислорода, что способствует пассивации процессов окисления. Увеличение рабочих температур свыше 1750–1800 °C приводит к испарению стеклофазы с поверхности оксидной пленки и образованию пористой структуры на основе HfO_2 с низким коэффициентом теплопроводности (термобарьерный слой). В результате по толщине покрытия наблюдается градиент температуры, что способствует частичному сохранению стеклофазы во внутренних слоях из-за снижения упругости пара и приводит к торможению диффузии кислорода вглубь покрытия. Растворение гафния в силикатном стекле с образованием более термодинамически устойчивой связи Hf-O относительно Si-O и последующая ликвационная дифференциация расплава обуславливают увеличение термической стабильности и снижение упругости пара модифицированного стекла. Наличие расплава $(\text{Si} + \text{Hf})_{(ж)}$, образующегося в результате инконгруэнтного плавления HfSi_2 , вместе с конгруэнтным растворением фазы HfSi облегчает диффузионный массоперенос и, по-видимому, способствуют модификации силикатного стекла гафнием.

Образование газообразных продуктов окисления возможно в соответствии с реакциями (3) и (8), однако, их доля невелика из-за снижения массопереноса кислорода через нарастающую пленку и малого содержания фазы HfC в структуре покрытия. Наличие фаз, находящихся при эксплуатации в расплавленном (Si , HfSi_2) или вязко-текучем ($\text{SiO}_2 \cdot \text{B}_2\text{O}_3$) состоянии, обеспечивает эффективное удаление газообразных продуктов и залечивание возникающих дефектов.

Основной причиной потери работоспособности покрытия является сквозное окисление матрицы HfSi_2 и испарение стеклофазы, в результате чего на поверхности остается пористый спек на основе HfO_2 с высокой анионной проводимостью. После полного исчерпания ресурса защитного действия покрытия начинается активное окисление матричной фазы SiC композита по реакции (10), а также в результате взаимодействия на границе раздела между SiC и SiO_2 в соответствии с реакцией (11):



Это приводит к появлению, росту и разрыву газонаполненных пузырей в оксидной пленке, что влечет за собой потерю ее сплошности в результате «взламывания» изнутри. Окисление композита переходит из диффузионного режима в сублимационный (абляция). Увеличение температур способствует интенсификации отмеченных процессов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-01476.

Список литературы

- 1 Основные проблемы при создании систем тепловой защиты на базе структурно-неоднородных материалов и методы их решения / А. Н. Астапов [и др.] // Теплофизика высоких температур. – 2021. – Т. 59, № 2. – С. 248–279. – DOI : 10.31857/S0040364421020010.
- 2 Астапов, А. Н. Получение покрытий на основе MoSi_2 методом реакционного синтеза // Электротехнология. – 2022. – № 8. – С. 20–32. – DOI : 10.31044/1684-5781-2022-0-8-20-32.
- 3 Получение покрытий на УККМ методом реакционного синтеза *in situ* из порошковых композиций Mo-Si-HfB_2 и $\text{Mo-HfSi}_2\text{-SiB}_4$ / А. И. Матуляк [и др.] // сб. тезисов докладов Всерос. конф. XXIV Всероссийское совещание по неорганическим и органосиликатным покрытиям : Санкт-Петербург, 05–09 июня 2023 г. – СПб. : ЛЕМА, 2023. – С. 36–38.
- 4 Окислительная стойкость покрытия $\text{ZrSi}_2\text{-MoSi}_2\text{-ZrB}_2\text{-ZrC}$ на C/C-SiC композите в скоростном высокоскоростном потоке воздушной плазмы / А. Н. Астапов [и др.] // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 98–114. – DOI : 10.33113/mkkm.ras.2023.29.01.07.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОВ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА КУРСА ФИЗИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ СООСНЫХ КРУГОВЫХ ТОКОВ ОДИНАКОВОГО ДИАМЕТРА

Н. А. АХРАМЕНКО, М. В. БУЙ, А. П. ПАВЛЕНКО
Белорусский государственный университет транспорта г. Гомель

При функционировании многих электрических приборов и механизмов большую роль могут иметь всевозможные возникающие механические напряжения вследствие различного силового взаимодействия между токопроводящими элементами, расчет которого может быть сведен к суперпозиции взаимодействий базовых простейших элементов. В данной работе проводится анализ сил, характерных для двух круговых витков.

Круговые витки с током являются элементом разнообразных электрических приборов, используемых в транспортной сфере, в частности, трансформаторов и соленоидов. Рассмотрение силового взаимодействия двух витков с током может быть использовано при определении возникающих механических напряжений в системе из большого количества витков, например, соленоид.

Рассмотрим два соосных витка одного радиуса (рисунок 1).

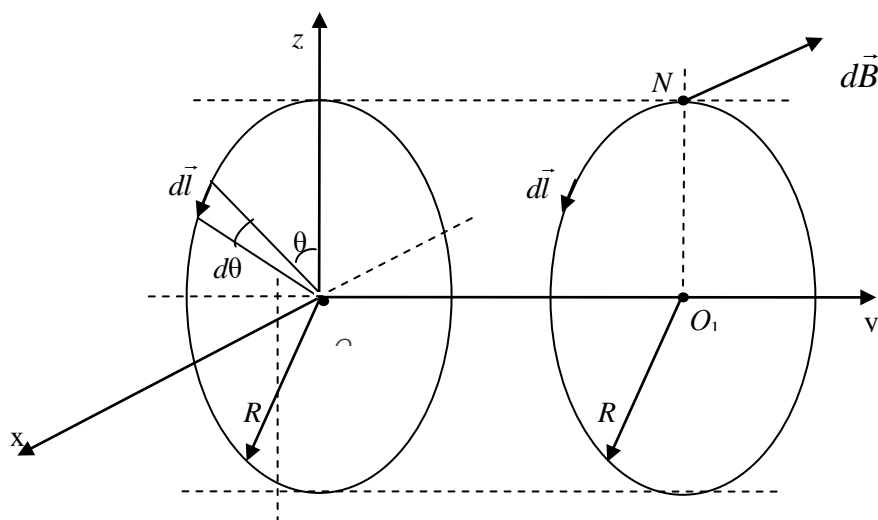


Рисунок 1

Элемент тока $I d\vec{l}$ создает в точке N (рисунок 1) индукцию магнитного поля $d\vec{B}$. Если токи в обоих кольцах одного направления, то кольца притягиваются. На силу, притягивающую правое кольцо к левому, будет влиять только компонента вектора $d\vec{B}_z$.

Для определения компоненты $d\vec{B}_z$ вектора $d\vec{B}$ индукции магнитного поля кругового тока в точке N (рисунок 1), воспользуемся законом Био – Савара – Лапласа и принципом суперпозиции магнитных полей [1–4]. Магнитная индукция, создаваемая элементом тока,

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^3} [d\vec{l} \times \vec{r}],$$

где μ_0 – магнитная постоянная; I – величина силы тока; вектор \vec{r} направлен от элемента тока к точке N .

Компонента вектора $d\vec{B}$ вдоль оси OZ

$$d\vec{B}_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^3} (dl_x r_y - dl_y r_x) \vec{k},$$

где dl_x , r_x , dl_y , и r_y – проекции векторов $d\vec{l}$ и \vec{r} на оси OX , OY ; \vec{k} – единичный вектор вдоль оси OZ .

Проекции вектора \vec{dl} на оси координат OX , OY записываются в следующем виде: $dl_x = dl \cos \theta$ и $dl_y = 0$. Проекция вектора \vec{r} на оси координат OX , OY представляются в следующем виде: $r_x = -R \sin \theta$ и $r_y = y$.

Тогда для dB_z получим

$$dB_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^3} y dl \cos \theta.$$

Учитывая, что $r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2} = \sqrt{2R^2 + y^2 - 2R^2 \cos \theta}$ и $dl = R d\theta$, получим

$$dB_z = \frac{\mu_0 I y R}{4\pi (2R^2 + y^2 - 2R^2 \cos \theta)^{3/2}} \cos \theta d\theta.$$

Проинтегрировав по всей длине витка, получим

$$B_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^{2\pi} \frac{y R \cos \theta d\theta}{(2R^2 + y^2 - 2R^2 \cos \theta)^{3/2}}.$$

Зная индукцию магнитного поля левого витка в точке N , можно определить силу, действующую на правый виток согласно закону Ампера:

$$F = \frac{\mu_0 I_1}{2} \int_0^{2\pi} \frac{y R^2 \cos \theta d\theta}{(2R^2 + y^2 - 2R^2 \cos \theta)^{3/2}},$$

где I_1 – сила тока в правом витке, длина витка принята равной $2\pi R$.

Введем параметр $k = y/R$ и перепишем уравнение для силы:

$$F = \frac{\mu_0 I_1}{2} \int_0^{2\pi} \frac{k \cos \theta d\theta}{(2 + k^2 - 2 \cos \theta)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I_1}{2} J(k),$$

где интеграл

$$J(k) = \int_0^{2\pi} \frac{k \cos \theta d\theta}{(2 + k^2 - 2 \cos \theta)^{3/2}}.$$

Некоторые значения интеграла $J(k)$ в зависимости от параметра k представлены в таблице 1.

Таблица 1

k	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$J(k)$	9,5739	4,3637	2,5735	1,67257	1,14331

Окончание таблицы 1

k	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$J(k)$	0,806795	0,582642	0,428674	0,320495	0,243091

Таким образом, получен инженерный алгоритм расчета рассмотренного взаимодействия, сводящийся к переходу к безразмерному параметру и использования заранее затабулированной численными методами универсальной функции, что позволяет значительно упростить практические исследования.

Список литературы

- 1 **Матвеев, А. Н.** Электричество и магнетизм / А. Н. Матвеев. – М. : Высш. шк., 1983. – 463 с.
- 2 **Савельев, И. В.** Курс общей физики : в 3 т. Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1988. – 480 с.
- 3 **Трофимова, Т. И.** Курс физики / Т. И. Трофимова. – М. : Высш. шк., 1990. – 478 с.
- 4 **Шиляева, К. П.** Физика. Краткая теория и задачи : пособие / К. П. Шиляева, И. О. Деликатная, Н. А. Ахраменко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 211 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ В КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ ПОД СВЧ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

М. А. БАРУЛИНА

*Институт проблем точной механики и управления
Российской академии наук (ИПТМУ РАН), г. Саратов
Пермский государственный национальный исследовательский университет*

Д. В. КОНДРАТОВ

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Институт проблем точной механики и управления Российской академии наук (ИПТМУ РАН);
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского*

Н. В. БЕКРЕНЕВ

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Российская Федерация*

И. В. ЗЛОБИНА

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Курчатовский институт, г. Москва, Российская Федерация*

Активное использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) в различных областях техники делает актуальным изучение их свойств как самостоятельных компонентов устройств и их совместную работу с другими деталями, в контакте с которыми детали из композитов находятся во время работы [1–6]. Известно, что ПКМ обладают высокими физико-механическими характеристиками, которые в большой степени зависят от состава и метода изготовления материала. Кроме этого, значительный вклад в формирование свойств композитов вносит характерная для них анизотропия. В свою очередь это обуславливает особенности работы с такими материалами и их способность воспринимать не только механические нагрузки, но и тепловые воздействия, что характеризует их теплофизические характеристики. Одним из механизмов, препятствующих быстрой передаче тепла, является отсутствие монолитности и однородности ПКМ на микроуровне. Соответственно, методы, направленные на повышение адгезионного взаимодействия связующего и наполнителя, могут способствовать выравниванию распространения тепловых полей внутри объекта из композита.

Для выяснения тепловых и волновых эффектов, влияющих на композитный материал, будем на первом этапе проводить исследования единичного волокна. Таким образом, будем ставить теоретическую задачу на основе результатов эксперимента.

Был проведен натурный эксперимент по СВЧ нагреву опытного образца единичного волокна композитного материала, состоящего из внешнего слоя эпоксидной смолы с внутренним сердечником из графита или стекла. Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.

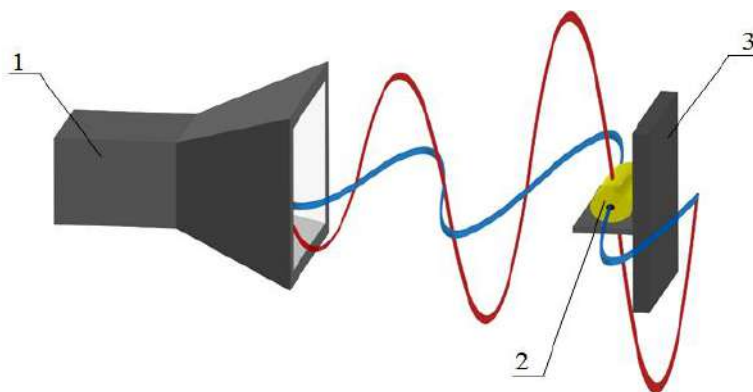


Рисунок 1 – Схема проведения обработки образца:
1 – рупорный излучатель; 2 – обрабатываемый образец; 3 – стойка для размещения образца

Полученное тепловое поле нагрева указанного композитного материала позволило сформулировать требования к математической модели для описания поведения нагрева материала [7], а также построить математическую модель, не связанную задачей термоупругости, т. е. сначала определяется распределение и изменение температуры в волокне, а на втором этапе, используя полученную температуру как входной параметр, находятся напряжения и перемещения. На основе решения поставленной задачи было получено аналитическое решение, что позволяет определить распределение и изменение температуры в волокне. Построена вычислительная программа на основе полученного решения изменения температуры в волокне, результаты вычисления которой качественно совпали с результатами эксперимента. Далее планируется исследование упругих напряжений и перемещений в волокне.

Таким образом, на основе результатов эксперимента была предложена начальная математическая модель, представляющая собой несвязанную задачу термоупругости, которая позволит определить распределение и изменение температуры в волокне. Проведены расчеты по построенной математической модели. Применение композитных материалов повысит надежность и снизит повреждаемость при транспортировке за счет повышения ударной вязкости; повысит долговечность за счет повышенной стойкости к воздействию температурных, химических и механических факторов внешней среды. Рассматриваемые композитные материалы могут применяться как несущие элементы и внешние панели строительных конструкций (здания и путепроводы, лотки кабелей электроподстанций), каркасные элементы и элементы обшивки авиационной техники; строительные конструкции наземной транспортной инфраструктуры (путепроводы, внешние обшивки сооружений).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-29-00526.

Список литературы

- 1 Кошкин, Р. П. Основные направления развития и совершенствования беспилотных авиационных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://spmagazine.ru/420>. – Дата доступа : 28.01.2017.
- 2 Каблов, Е. Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники / Е. Н. Каблов // Вестник Российской академии наук. – 2012. – Т. 82, № 6. – С. 520–530.
- 3 Ким, С. Сырье → композиты → углеволокно / С. Ким // The Chemical Journal. – 2014. – С. 64–73.
- 4 Zlobina, I. V. The effect of processing in a SHF electromagnetic field on the parameters of vibro-wave processes generated by the impact of a solid body in cured polymer composite materials under influence of climate factors / I. V. Zlobina // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia. – 2020. – P. 42045.
- 5 Analytical solution for bending and free vibrations of an orthotropic nanoplate based on the new modified couple stress theory and the third-order plate theory / M. Barulina [et al.] // Journal of Mathematical and Fundamental Sciences. – 2022. – Vol. 54, no 1. – P. 11–38. – DOI : 10.5614/j.math.fund.sci.2022.54.1.2.
- 6 Mathematical modeling of hydroelastic interaction between stamp and three-layered beam resting on Winkler foundation / A. Chernenko [et al.] // Studies in Systems, Decision and Control. – 2019. – Vol. 199. – P. 671–681. – DOI : 10.1007/978-3-030-12072-6_54.
- 7 Principles of constructing a mathematical model of thermal heating of a composite under microwave exposure / D. V. Kondratov [et al.] // AIP Conf. Proc., 6 July 2023; 2999 (1): 020044. – DOI : <https://doi.org/10.1063/5.0158357>.

УДК 534.01

К ТЕОРИИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А. Н. БОГДАНОВ

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация

Развитие нестационарных процессов в механических системах – как правило, негативное явление, которое может представлять не только серьезную опасность для работы в штатном режиме, но и в целом для их существования. Одним из самых опасных процессов такого рода является развитие околорезонансных колебаний аппарата или его частей в движении. Конкретные причины их возникновения могут быть различными.

Околорезонансные колебания возникают при близости частоты внешних возмущений, вызываемых тем или иным способом, к частоте возможных собственных колебаний механической системы. Определяющая процесс связь может быть неожиданно нетривиальной и условия для ее проявления созданы непреднамеренно. Одним из примеров такого рода является так называемый земной резонанс вертолетов [1].

Колебательные процессы могут представлять собой несколько различных, протекающих одновременно и находящихся в нелинейной связи друг с другом процессов.

Актуальной задачей является выяснение взаимодействия движущегося тела с окружающей средой [2]. Математическое моделирование процессов такого рода приводит к интересным задачам теории сингулярных возмущений [3].

Наиболее часто колебательные процессы развиваются в переходных режимах. При некоторых условиях возможно развитие автоколебаний – самоподдерживающегося процесса, продолжающегося и после прекращения действия вынуждающей силы [4].

Список литературы

- 1 Ганиев, Р. Ф. Нелинейные резонансы и катастрофы. Надежность, безопасность и бесшумность / Р. Ф. Ганиев. – М. : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2013. – 592 с.
- 2 Богданов, А. Н. Околорезонансные колебания в технике. Аэродинамический аспект / А. Н. Богданов // Проблемы механики и управления : материалы Междунар. конф. – М. : Изд-во Московского ун-та, 2018. – С. 105–106.
- 3 Коул, Дж. Методы возмущений в прикладной математике / Дж. Коул. – М. : Мир, 1972. – 274 с.
- 4 Богданов, А. Н. Моделирование вынужденных релаксационных колебаний газа в канале переменного сечения / А. Н. Богданов // Математическое моделирование. – 1994. – Т. 6, № 1. – С. 69–85.

УДК 656.22

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ «ОКОН»

Р. С. БОЛЬШАКОВ, Г. И. СУХАНОВ, А. В. СУПРУНОВСКИЙ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Подразделения железнодорожного транспорта различных уровней в постоянном режиме решают оперативные задачи по обеспечению движения поездов, что нередко осложняется возникновением нештатных ситуаций, связанных с увеличением поездопотока. Это, в свою очередь, инициирует внимание к проблемам использования существующей пропускной способности, методов её увеличения, в том числе с учетом оптимального распределения локомотивного парка в увязке тяговых плеч со временем работы локомотивных бригад [1–5]. В этом направлении также актуальным является ориентация на применение специализированных пакетов прикладных программ [6], позволяющих производить моделирование работы железнодорожного транспорта для выбора оптимальных вариантов использования этих объектов инфраструктуры. Также важными остаются вопросы планирования проведения ремонтно-строительных работ, так как большие перерывы в движении поездов грозят увеличением потерь перевозочных процессов. Планирование технологических перерывов в данный момент является одним из самых востребованных направлений повышения эффективности перевозочных процессов.

В предлагаемом докладе рассматриваются средства повышения эффективности планирования технологических перерывов.

С учетом сформированного директивного плана-графика и на основании оценки оперативной обстановки осуществляется месячное планирование работ для закрытия потребностей в запланированных технологических перерывах, также обязательно участие заказчиков при оценке и согласовании запланированных работ.

Формирование директивного плана-графика необходимо увязывать с оценкой многих факторов, в том числе с объемами перевозок и эффективным взаимодействием подразделений, осуществляющих планирование и реализацию работы в технологические «окна», что инициирует необходимость автоматизации построения директивного плана-графика. Для решения комплекса задач, связанных с автоматизацией планирования «окон» и построения вариантных графиков движения поездов, используются пакеты прикладных программ «ИСУЖТ», «ЭЛЬБРУС» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Возможности ИСУЖТ в области формирования планов предоставления окон различных уровней

Соответственно, алгоритмы применяемых программных комплексов должны учитывать факторы, влияющие на величину пропускной способности линии, а также принимать во внимание организационно-технические мероприятия, направленные на её повышение, что в итоге должно стать основой для построения эффективных вариантных графиков движения по пропуску грузовых поездов. В частности, можно отметить, что на пропускную способность влияют технологические факторы, к которым относятся виды ремонтных работ, количество ПМС для одновременной работы, комплекс используемых машин, протяженность ремонтируемого участка, продолжительность «окна».

Оптимальная продолжительность технологического окна является ключевым положением рассматриваемой методики, так как определяет дальнейшую направленность всех этапов расчета. Экономическим смыслом данного критерия является такой выбор организации производственного процесса, при котором будут минимальны затраты труда на единицу выпускаемой продукции. При этом учитываются затраты как на ремонт инфраструктуры, так и на организацию пропуска поездов и вагонопотоков, в том числе с учетом их отклонения на параллельные линии, потерь от их задержек, возможной отмены пригородных поездов и невыполнения договорных обязательств по срокам и режиму доставки грузов, что напрямую коррелирует как с концепцией применения бережливого производства в путевом хозяйстве в частности, так и на железнодорожном транспорте в целом.

После проведения расчетов и определения удельных затрат на один километр ремонтируемого пути определяется оптимальная величина продолжительности технологического окна, при которой соблюдается условие

$$t_o^i \text{ оптимально } C_{1\text{км}} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Анализ положений рассмотренной методики показывает, что потери при проведении ремонтно-путевых работ напрямую зависят от эксплуатационных показателей.

Таким образом, имеющиеся технические, программные и методические средства позволяют успешно решать задачи по планированию проведения технологических перерывов с учетом всего объема необходимых ремонтно-строительных работ. Однако ряд вопросов в этом направлении остаётся нерешённым, в том числе оценка влияния эксплуатационных показателей на экономическую эффективность проведения работ в технологические перерывы, что связано с построением соответствующих зависимостей.

Список литературы

- 1 Суханов, Г. И. Распределение времени при организации работы локомотивных бригад / Г. И. Суханов, А. В. Супруновский // Молодая наука Сибири. – 2021. – № 3 (13). – С. 140–147.
- 2 Козловский, А. П. Влияние изменения технологии управления тяговыми ресурсами Восточного полигона на эксплуатационную работу / А. П. Козловский, Г. И. Суханов, А. В. Супруновский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 2 (62). – С. 234–241. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).234-241.

3 Суханов, Г. И. Оценка эксплуатационной работы станции в условиях оптимизации тяговых плеч локомотивов / Г. И. Суханов, А. В. Супруновский, Н. В. Давыдова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2019. – Т. 1. – С. 93–103.

4 Изменение работы тягового подвижного состава на участках железных дорог Восточного полигона / А. А. Власенский [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 154–161. – DOI : 10.26731/1813-9108.2021.2(70).154-161.

5 Суханов, Г. И. Совершенствование управления парком локомотивов Восточного полигона / Г. И. Суханов, Н. В. Давыдова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2012. – Т. 1. – С. 38–42.

6 Супруновский, А. В. К вопросу о построении имитационных моделей перевозочных процессов в программной среде ANYLOGIC / А. В. Супруновский, Р. С. Большаков // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 31–35. – DOI : 10.36724/2072-8735-2022-16-3-31-35.

УДК 539.31

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПРОГИБА ДЛЯ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СОСРЕДОТОЧЕННОЙ НАГРУЗКИ

С. А. БОРШЕВЕЦКИЙ

*Московский авиационный институт (НИУ),
ПАО «Яковлев», г. Москва, Российская Федерация*

Н. А. ЛОКТЕВА

*Московский авиационный институт (НИУ),
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация*

Современные конструкции машиностроения, в том числе космические и летательные аппараты, используют тонкие панели, обшивки и другие крупногабаритные пластины и оболочки. Несомненным преимуществом такой конструкции является ее легкость, а также она выполняет аэродинамическую функцию, улучшая летные характеристики. Однако за счет своей тонкостенности подобные конструкции подвержены потерям устойчивости [1]. Для увеличения жесткости конструкции используются дополнительные опоры. Так, по всей длине крыла самолета расположены лонжероны и нервюры, увеличивающие жесткость обшивки, а по фюзеляжу расположены шпангоуты. Проблема расположения дополнительных опор для выполнения требуемого условия жесткости конструкции является актуальной при разработке новых конструкций.

Ранее уже были рассмотрены случаи определения расположения сосредоточенных шарнирных дополнительных опор [2–5]. Однако главным практическим замечанием к исследованиям являлось изучение лишь сосредоточенных опор. В будущих работах планируется рассмотреть случай линейного закрепления (защемления), имитирующего стрингер. Для отработки методики выполняется решение вспомогательной задачи.

Рассматривается шарнирно опертая тонкая упругая прямоугольная пластина Кирхгофа, в центр которой прикладывается искомая нагрузка. Сбоку от нее на расстоянии, подлежащем определению, расположено дополнительное линейное закрепление. Требуется определить вид функции прогиба, учитывающий влияние дополнительной опоры, имитирующий стрингер.

В силу невозможности определить первообразную при применении граничного условия по линии закрепления стрингера, опора имитируется серией точечных закреплений, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. Все входящие в уравнение движения функции раскладываются в тригонометрические ряды Фурье, удовлетворяющие граничным условиям по краям пластины [6, 7]. Реакции в дискретных дополнительных опорах определяются аналогично ранее исследованным сосредоточенным шарнирным опорам. В результате получается набор реакций во множестве дополнительных опор. Далее набор реакций аппроксимируется в некоторую функцию, связывающую опоры в единую линию закрепления.

Искомая функция прогиба определяется как сумма сверток функций влияния с соответствующей внешней нагрузкой и реакцией в дополнительном закреплении.

Список литературы

- 1 Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций / В. Т. Лизин, В. А. Пяткин : учеб. пособие для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1994. – 384 с.
- 2 Боршевецкий, С. А. Определение нормальных перемещений шарнирно опертой пластины с дополнительными опорами под воздействием сосредоточенной силы / С. А. Боршевецкий, Н. А. Локтева // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова Т. 2. – М. : 2021. – С. 19–20.
- 3 Боршевецкий, С. А. Определение расположения дополнительных опор шарнирно опертой пластины при гармоническом воздействии / С. А. Боршевецкий // Труды МАИ. – 2023. – № 128. – DOI : 10.34759/trd-2023-128-03
- 4 Боршевецкий, С. А. Определение положения дополнительных опор для прямоугольной шарнирно опертой пластины при нестационарном воздействии на нее / С. А. Боршевецкий // XXV ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ (школа молодых ученых) : материалы Междунар. молодежной науч. конф. Т. 2. – Казань : Изд-во ИП Сагиева А. Р., 2021. – С. 395–400.
- 5 Боршевецкий, С. А. Определение расположения дополнительных опор в пластине Тимошенко при гармоническом воздействии / С. А. Боршевецкий // Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред : сб. тр. 12-й Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – М. : Сам Полиграфист, 2022. – С. 438–447.
- 6 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.
- 7 Чернина, В. С. Статика тонкостенных оболочек вращения / В. С. Чернина. – М. : Наука, 1968. – 456 с.

УДК 539.31

ОБРАТНАЯ НЕСТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА ПО ИДЕНТИФИКАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА БАЛКУ БЕРНУЛЛИ – ЭЙЛЕРА

Я. А. ВАХТЕРОВА, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

Московский авиационный институт, Российская Федерация

Обратные задачи относятся к специальному типу задач, которые часто возникают во многих разделах науки. Их целью является определение значений геометрических или физических параметров модели, восстановление воздействующих на неё внешних нагрузок, идентификация начальных или граничных условий и другие задачи идентификации с использованием наблюдаемых данных.

В настоящее время эти задачи приобретают всё большую актуальность как в теоретическом, так и в прикладном отношении. Задачи этого класса относятся к некорректно поставленным: малым возмущениям исходных данных, в принципе, могут соответствовать большие изменения решения. Отметим, что исходные данные для задач такого рода, как правило, искажены, поскольку они определяются экспериментально. Поэтому необходимо использовать специальные методы решения, которые будут иметь приемлемую точность и для случая «зашумленности» исходных данных, выражающейся в их искажении вследствие случайной погрешности измерений и вычислительных преобразований. Следует отметить несомненную актуальность этого типа задач для авиационной и аэрокосмической отраслей промышленности, поскольку значительная часть конструкции летательных аппаратов выполнена из балочных и стержневых элементов, работающих в условиях нестационарных нагрузок. Это режимы взлета и посадки, выполнения различных маневров, а также различные внештатные ситуации.

Обратные задачи обычно являются некорректными, в отличие от корректно поставленных задач, более типичных при моделировании физических ситуаций, когда параметры модели или свойства материала известны. Из трех условий корректной задачи, предложенных Жаком Адамаром (существование, единственность, устойчивость решения или решений) [1], чаще всего нарушается условие устойчивости. В 1943 году появилась работа А. Н. Тихонова [2], в которой впервые была указана практическая важность не устойчивых по входным данным (некорректно поставленных) задач и принципиальная возможность их успешного решения в условиях принадлежности точного решения компактному множеству. В середине 50-х и, особенно интенсивно, в начале 60-х годов прошлого столетия началось систематическое изучение некорректных задач. Образовалось новое направление, лежащее на стыке функционального анализа и вычислительной математики, которое затем оформилось в самостоятельную область науки. основополагающие подходы для теории некорректных задач связаны с именами А. Н. Тихонова, М. М. Лаврентьева, В. К. Иванова. В смысле

функционального анализа обратная задача описывает отображение между метрическими пространствами. Хотя обратные задачи часто формулируются в бесконечномерных пространствах, на практике при построении методов решений могут быть использованы сужения на пространства конечного числа измерений и практическое рассмотрение восстановления только конечного числа неизвестных параметров. Это приводит к преобразованию проблемы из непрерывной формы в дискретную. В этой ситуации обратная задача обычно плохо обусловлена. В этих случаях можно использовать методы регуляризации. Многие примеры регуляризованных обратных задач можно интерпретировать как частные случаи байесовского вывода [3].

Таким образом, обратные задачи являются одной из наиболее важных и наименее изученных математических проблем естествознания и математики. Обратные задачи возникают во многих областях науки и техники, таких как компьютерное зрение, машинное обучение, статистика, статистический вывод, геофизика, медицинская визуализация (например, компьютерная аксиальная томография и ЭЭГ), дистанционное зондирование, акустическая томография океана, неразрушающий контроль, астрономия, физика и многие другие области.

Рассматривается однородная, изотропная балка Бернулли – Эйлера конечной длины, шарнирно опертая на двух концах. На балку действует распределенная нестационарная сила, которую требуется определить в обратной задаче. Для получения разрешающих уравнений требуется решить прямую и обратную нестационарные задачи. Решение прямой задачи заключается в применении метода функций Грина [4], которая используется в каждой сведенной подзадаче в вычислении интегрального уравнения типа свертки, где ядром выступает функция Грина.

Решение обратной задачи, как и в случае прямой задачи, базируется на методе функций Грина. Его суть состоит в использовании интегральной связи между нестационарными прогибами исследуемой балки и воздействующими на нее нагрузками, что приводит к разрешающим интегральным уравнениям [5]. При этом ядрами соответствующих интегральных операторов являются функции Грина для балки Бернулли – Эйлера. Разрешающие интегральные уравнения содержат искомую внешнюю нагрузку. При использовании этого подхода основополагающими являются решения прямой задачи о построении функций Грина для балки Бернулли – Эйлера. Эти функции по сути представляют собой прогиб в ответ на воздействия сосредоточенных нагрузок. При этом они разделяются на граничные функции Грина (в случае, когда сосредоточенная нагрузка приложена к одному из концов балки) и погонные функции Грина (когда сосредоточенная нагрузка соответствует воздействию распределенного усилия). Для математического описания таких нагрузок используется аппарат обобщенных функций. Обратная задача решена аналитическими методами с получением соответствующего решения в явной форме. Функция Грина также является обобщенной и, в отличие от обычной функции прогиба, может иметь разрывы и даже более сильные особенности. Для построения решения задачи о функции Грина использовано интегральное преобразование Лапласа по времени и разложение в ряд Фурье по системе собственных функций. Для решения обратной задачи описанным выше методом используется метод механических квадратур в сочетании с быстрым преобразованием Фурье [6].

Предлагаемая постановка и метод решений нестационарной обратной задачи могут послужить основой создания комплексов мониторинга конструкций реального времени. Она позволяет непосредственно во время эксплуатации следить и вовремя предотвращать возникновение и развитие повреждений, отслеживать различные структурные превращения, восстанавливать пространственно-временные законы воздействующих на конструкцию внешних нагрузок.

Список литературы

- 1 **Hadamard, J.** Le probleme de Cauchy et les equations aux derives partielles lineaires hyperbolique / J. Hadamard. – Paris : Hermann, 1932.
- 2 **Тихонов, А. Н.** Об устойчивости обратных задач / А. Н. Тихонов // ДАН СССР. – 1943. – Т. 39, № 4. – С. 195–198.
- 3 **Хей, Дж.** Введение в методы байесовского статистического вывода / Дж. Хей. – М. : Финансы и статистика, 1987. – 336 с.
- 4 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 472 с.
- 5 **Fedotenkov, G. V.** Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2019. – Vol. 40, no. 4. – P. 439–447. – DOI :10.1134/S1995080219040061.
- 6 **Гурса, Э.** Курс математического анализа / Э. Гурса. – Т. 3, Ч. II. – 1934.

ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТУРИСТИЧЕСКИХ ПЕРЕВОЗОК СМЕШАННОГО ТИПА

Н. Ю. ГОНЧАРОВА, Р. С. БОЛЬШАКОВ, Н. В. ДАВЫДОВА

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

В условиях жесткой конкуренции с другими видами транспорта в сфере как грузовых, так и пассажирских перевозок железнодорожному транспорту необходимо достигать поставленных стратегических целей в области улучшения качества представляемых транспортно-логистических услуг. Также необходимо отметить внимание на направление по развитию внутреннего туризма, что связано с повышением мультимодальной составляющей пассажирских перевозок, а также с налаживанием взаимодействия со смежными видами туристического транспорта [1–3]. Решение этого вопроса соотносится, с применением маркетинговых технологий для повышения привлекательности существующих маршрутов, а также с формированием новых. В частности, необходимо отметить, что создание новых маршрутов связано с использованием методов имитационного моделирования [4, 5], позволяющих на начальных этапах оценить потенциальный пассажиропоток. В этом случае необходимо также учитывать качество предоставляемых сервисных услуг и расширение их набора за счет развития мультимодальных туристических пассажирских перевозок.

В предлагаемом докладе оценивается эффективность реализации смешанных пассажирских перевозок.

В контексте повышения привлекательности пассажирских перевозок в туристическом сегменте локальные региональные маршруты могут привлечь своей новизной, которая, в свою очередь, должна быть подкреплена соответствующим транспортным обеспечением предлагаемых вариантов и сервисным обслуживанием достаточного уровня, что необходимо для формирования устойчивого пассажиропотока. В организации мультимодальных грузовых и пассажирских потоков много сходств и различий. Основное различие состоит в том, что пассажир одновременно является не только объектом перемещения, но и потребителем транспортных услуг. У каждой группы пассажиров имеются свои предпочтения, основываясь на которых они выбирают маршрут, время поездки, вид транспорта, место пересадки, способ оплаты.

Ежегодно в летний сезон добавляются сотни стандартных нефирменных маршрутов, следующих по направлению курортов Краснодарского Края, Крыма, Северного Кавказа, Москвы и Санкт-Петербурга из самых разных регионов России. Каждый сезон количество поездов возрастает в 3 раза благодаря именно таким сезонным маршрутам. Стандартные купейные и плацкартные вагоны, как правило, старого образца и без удобств. Существует также множество круглогодичных маршрутов, включая фирменные (комфортабельные поезда с новыми вагонами и увеличенным набором услуг, преимущественно связывающие Москву и Санкт-Петербург друг с другом и другими крупными городами России), следующие в пределах России, стран СНГ и Прибалтики; туристические поезда. ОАО РЖД в настоящее время активно занимается развитием железнодорожного туризма. Эти поезда следуют по уже определённым туристическим маршрутам и располагают всеми стандартами качества. Следует отметить, что эти поезда рассчитаны на более состоятельную целевую аудиторию, поскольку имеют в своём составе преимущественно вагоны классов СВ и VIP.

В число основных направлений железнодорожного туризма на поездах РЖД входит также Кругобайкальская железная дорога, обладающая рядом перспективных факторов для развития: туристские ресурсы, степень развитости туристской инфраструктуры, наличие необходимого уровня знаний у потенциальных туристов о туристском объекте, его имидже, который также формируют туристскую привлекательность. Туристская ценность КБЖД еще и в том, что она позволяет турфирмам показывать своим клиентам Байкал в любое время года. Соответственно алгоритмы применяемых программных комплексов должны учитывать факторы, влияющие на величину пропускной способности линии, а также принимать во внимание организационно-технические мероприятия, направленные на ее повышение, что в итоге должно стать основой для построения эффективных вариантных графиков движения по пропуску грузовых поездов.

Применительно к рассматриваемой Круго-Байкальской железной дороге наиболее предпочтительной для решения задачи с точки зрения функциональных возможностей выглядит среда моделирования AnyLogic [5]. Перемещение пассажирского потока на туристическом маршруте КБЖД происходит при взаимодействии автомобильного, железнодорожного и речного транспорта. Схема маршрута представлена на рисунк 2.



Рисунок 2 – Схема туристического маршрута КБЖД

Для исследуемого объекта КБЖД «узким местом» является участок станции Порт Байкал – посёлок Листвянка. Следует отметить неудобства для пассажиров, возникающие при стыковании маршрутов поездов КБЖД и рейсов парома. Разработка имитационной модели движения пассажирского потока на данном участке проводилась с целью определения временных и количественных характеристик процесса перевозки туристов железнодорожным и автомобильным транспортом, что позволило сформировать рациональные варианты организации перевозочного процесса в заданных условиях. Разработка модели в среде AnyLogic осуществлялась на основе агентного, дискретно-событийного и системного подходов.

Таким образом, анализ современного состояния развития железнодорожных туристических перевозок показывает одновременно и увеличение интереса к ним со стороны различных группы пассажиров, и необходимость обновления спектра представляемых услуг. Применение существующих специализированных программных комплексов позволяет оценивать эффективность формируемых маршрутов, однако вопросы, связанные с увеличением мультимодальности перевозок за счет взаимодействия с другими видами транспорта, мало изучены и будут анализироваться при проведении дальнейших исследований.

Список литературы

- 1 Гончарова, Н. Ю. Организация пассажирских перевозок смешанного типа. Мультимодальные туристические перевозки / Н. Ю. Гончарова, Р. С. Большаков, Н. В. Давыдова // Известия Транссиба. – 2023. – № 2 (54). – С. 68–79.
- 2 Принципы транспортно-логистического обслуживания в сфере туристического бизнеса / Н. В. Давыдова [и др.] // Транспортная структура Сибирского региона. – 2014. – Т. 1. – С. 135–141.
- 3 Кроть, Н. В. К вопросу организации мультимодальных пассажирских перевозок как основы туристического бизнеса в восточной Сибири / Н. В. Кроть, Р. Ю. Упырь, Н. В. Давыдова // Транспорт-2015 : тр. Междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 21–24 апреля 2015 года. Ч. 1. – Ростов н/Д : РГУПС, 2015. – С. 135–137.
- 4 Супруновский, А. В. К вопросу о построении имитационных моделей перевозочных процессов в программной среде ANYLOGIC / А. В. Супруновский, Р. С. Большаков // Т-Сотм: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 31–35. – DOI : 10.36724/2072-8735-2022-16-3-31-35.
- 5 Гончарова, Н. Ю. Использование методов имитационного моделирования в железнодорожном транспорте / Н. Ю. Гончарова, Р. Ю. Упырь, А. В. Дудакова // Мировые научные парадигмы в цифровую эпоху: взгляд в будущее : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 года. Ч. 2. – Ростов н/Д : Манускрипт, 2022. – С. 72–75.

**АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ
ПРИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТВЕРДОЕ ТЕЛО
НЕСТАЦИОНАРНЫМ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ ТЕПЛОВЫМ ПОТОКОМ**

С. В. ГОРДЕЕВ, А. А. СЕЛИВЕРСТОВ, В. В. РАСКАЧАЕВ, В. А. НОВИКОВ

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

С развитием аддитивных технологий и расширением их сферы применения, а также номенклатуры используемых материалов возникает необходимость в подборе оптимальных параметров трехмерной печати. Несмотря на многие преимущества 3D-печати, к которым относится полная автоматизация процесса, возможность изготавливать изделия практически любой формы и быстрое прототипирование, существует и ряд актуальных проблем. К ним можно отнести сложность процесса, так как такой метод изготовления изделий требует тщательного контроля за параметрами печати, особенно температурным режимом; проблемы с пористостью и однородностью; а также необходимость в дополнительной механической обработке поверхности. Все эти проблемы приводят к возрастанию стоимости конечного изделия в сравнении с традиционным производством.

Основной задачей численного конечно-элементного моделирования процессов трехмерной печати является определение температурных полей, возникающих при нестационарном высокоинтенсивном нагреве поверхности, а также анализе термонапряженного состояния деталей в процессе печати. Особенно остро эта проблема стоит при печати тонкостенных конструкций, так как при их изготовлении могут возникнуть нежелательные деформации или же вовсе разрушение конструкции.

В настоящее время для моделирования процессов 3D-печати используются известные программные комплексы, такие как ANSYS Additive, Abaqus, Comsol Multiphysics, LS-DYNA и Nastran.

Рассматривается моделирование процессов трехмерной печати на примере программного комплекса ANSYS Additive. Исследуется влияние параметров процесса на размеры ванны расплава и распределение температуры в зависимости от скорости движения лазера, толщины слоя, мощности лазера и диаметра лазерного пятна. Приводятся результаты расчетов и проводится анализ полученных результатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 23-49-00133).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРА ЦИКЛИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ
В ЗОНЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИ ОБЩЕМ ЗНАКОПОСТОЯННОМ НАГРУЖЕНИИ**

М. В. ГОРОХОВА

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

Некоторые конструкции и сооружения подвержены при работе статическому или динамическому нагружению, при которых в элементах конструкций возникают общие упругие напряжения в пределах действия одного знака с малой частотой циклов нагружения. К таким конструкциям, например, относятся корпуса судов или барж при операциях погрузки-выгрузки, мостовых кранов, элементы различных трубопроводов при подъеме или сбросе давления и пр.

Однако статический или динамический расчет не учитывает наличие концентраторов напряжений, так как при отсутствии циклического характера в нагружении и при достаточно высоком уровне пластических свойств металла конструкции местные концентраторы напряжений не оказы-

вают влияния на прочность. Между тем и при общем знакопостоянном циклическом нагружении в зоне концентрации могут возникнуть напряжения знакопеременного характера.

В конструкциях указанного выше типа, которые работают фактически при знакопостоянном малоцикловом нагружении, наблюдаются иногда случаи «хрупких» разрушений с очагом начала разрушения в месте расположения того или иного концентратора напряжений. Причем исследование свойств металла в зоне разрушения, как правило, не выявляет его охрупчивания. Поэтому причину таких разрушений следует, очевидно, искать не в хрупкости материала, а в специфике влияния концентраторов напряжений при общем знакопостоянном малоцикловом нагружении. Характерным примером в этом отношении могут служить магистральные нефтепроводы. Расчет напряжений в них ведется в соответствии с рекомендациями [2].

Толщина стенок труб магистральных нефтепроводов регламентируется ГОСТом на основе статического расчета по методу предельных состояний. За предельное состояние принимается разрушение нефтепроводной трубы при гидростатических испытаниях под воздействием внутреннего давления. При испытаниях определяется несущая способность трубы, которая характеризуется максимальным давлением p_{\max} при разрыве трубы. По данному давлению можно определить напряжения в стенке трубы при разрыве:

$$\sigma_{\text{разр}} = \frac{p_{\max} D_{\text{вн}}}{2\delta},$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы; δ – толщина стенки трубы в исходном состоянии.

Номинальные кольцевые напряжения в стенках трубы должны удовлетворять условию прочности

$$\sigma_t = \frac{p_{\max} D_{\text{вн}}}{2\delta} \leq [\sigma].$$

Этот расчет будет гарантировано защищать нефтепровод от разрушения труб в результате воздействия статического внутреннего давления.

Экспериментально установлено, что разрушению трубы под воздействием гидростатического внутреннего давления предшествуют заметные пластические деформации увеличения периметра трубы в месте разрыва на 2,5–5,5 % и утонение стенок трубы у кромок разрыва примерно на 10–15 %. В результате пластической деформации перед разрывом местные концентрации напряжений сглаживаются. Трещина разрыва располагается при этом вдоль образующей трубы и может иметь размеры по длине больше метра с раскрытием кромок до 100–150 мм.

В процессе эксплуатации разрушение труб магистральных нефтепроводов вдоль образующей и с раскрытием кромок трещины также имеет место. Однако эксплуатационным разрушениям никогда не соответствуют макропластические деформации, вызывающие увеличение периметра трубы и утонение стенок у кромок трещины в месте разрыва. Эти эксплуатационные разрушения происходят, как правило, по прошествии какого-то срока службы трубопровода и при рабочих давлениях в 2–2,5 раза ниже тех, которые достигаются при экспериментальном определении несущей способности нефтепроводных труб. Разрушения носят обычно очаговый характер с расположением очага начала развития трещины в зоне влияния того или иного концентратора напряжений. Характер излома в зоне очага хрупкий, без признаков макропластической деформации. От очага трещина распространяется в обе стороны вдоль образующей с возникновением поверхности полухрупкого излома, который затем переходит в вязкий излом со скосом кромок, и далее концы трещины «вязнут» в металле.

Цикличность нагружения магистральных трубопроводов возникает в результате остановок по тем или иным причинам перекачки нефтепродукта. Число этих остановок за срок службы трубопровода сравнительно невелико. Периодичность работы нефтепроводов в ряде случаев составляет примерно один цикл за сутки. Но факт влияния концентраторов напряжений на прочность элементов магистрального нефтепровода свидетельствует о том, что учет цикличности нагружения при оценке эксплуатационной надежности магистральных нефтепроводов необходим. Влияние различных дефектов на интенсивность напряжений в магистральных трубопроводах при их статическом нагружении подробно рассмотрено в работе [3].

Как отмечено, в стенке трубы действующего нефтепровода допускается высокий уровень номинальных кольцевых напряжений (всего с двукратным запасом от временного сопротивления). Поэтому в зоне концентратора напряжения могут выходить за предел упругости. Локальный объем металла в этой зоне получает пластическую деформацию. Но этот локальный объем ограничен массивом металла, имеющего только упругие деформации. Тогда при последующей разгрузке под влиянием основного упругонапряженного массива на участке локального объема возникнут напряжения сжатия. А при повторных нагружениях трубы внутренним давлением напряжения в локальном объеме получают знакопеременный характер. Так, в зоне концентрации напряжений в локальном объеме возникает так называемое жесткое нагружение.

Важно подчеркнуть, что циклическая упругопластическая деформация в локальном объеме стенки трубы в зоне концентрации напряжений обуславливает не пульсирующий, а знакопеременный характер местных напряжений. В этом состоит специфика влияния концентраторов напряжений при общем повторно-статическом нагружении внутренним давлением элементов магистральных нефтепроводов [1].

Эксперименты по определению упругопластических деформаций в зоне концентрации напряжений натуральных элементов магистральных трубопроводов (труб, тройников, отводов) внутренним пульсирующим давлением показали, что после начальной пластической деформации в зоне концентраторов, которая, например, в тройнике может достигать 3 %, происходит приспособление конструкции к циклическому нагружению. При этом размах упругопластических деформаций значительно снижается через 5–10 циклов нагружения, устанавливается стабильная петля гистерезиса с постоянной величиной упругопластических деформаций. Тензодатчики, при помощи которых фиксируется деформация, показывают в этом случае общий размах деформаций от нового нулевого отсчета.

Таким образом, в результате влияния концентраторов напряжений при общем знакопостоянном малоцикловом нагружении возможно изменение характера циклических напряжений. В локальных объемах возникают циклические упругопластические напряжения, имеющие знакопеременный характер, и по исчерпанию ресурса концентратор напряжений может стать очагом начала развития трещины.

Список литературы

- 1 Практические примеры расчета на сопротивление хрупкому разрушению трубопроводов под давлением. Разрушение. Т. 5. / А. Р. Даффи [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 464 с.
- 2 Мураками, Ю. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений / Ю. Мураками. – М. : Мир, 1990. – 448 с.
- 3 Горохова, М. В. Исследование влияния сквозных осевых дефектов на статическую прочность трубопроводов / М. В. Горохова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. : в 2 ч., Гомель, 24–25 нояб. 2022 г. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Ч. 2. – С. 177–179.

УДК 51+004

ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ГЕОДАНЫХ

М. А. ГУНДИНА, О. В. ЮХНОВСКАЯ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При автоматическом сборе показаний прибора необходимо автоматическое определение значений, которые сильно отличаются от всей совокупности исследуемых данных (аномальных значений). Сейчас в современных компьютерных пакетах инженерных расчетов и компьютерных системах появилась возможность реализовать алгоритмы обнаружения аномальных значений выборки [1]. Часто это осуществляется с помощью поиска и анализа закономерностей исходных эмпирических данных при использовании встроенных критериев проверки на аномальность.

Например, в компьютерной системе Wolfram Mathematica используется функция FindFormula. Она позволяет найти аппроксимирующую функцию, которая достаточно хорошо описывает исходный набор данных.

Известно, что современный телефон может выполнять роль навигатора, который будет отслеживать местоположение владельца и передавать информацию приложениям и сайтам. Подобные данные также могут содержать аномальные значения, что сильно будет влиять на результат. Например, при определении геолокации пассажира, движущегося в скоростном поезде, значения могут сильно отличаться от истинного его положения.

Люди всё чаще делятся геоданными с близкими и друзьями, чтобы легче найти друг друга в общественном месте, чтобы отследить передвижение по городу на транспорте и т. д. [2]. Некоторые разрешают отслеживать свои перемещения на постоянной основе: вокруг этого строятся некоторые приложения и соцсети. Например, можно управлять настройками геолокации на устройстве Android ребенка, а также отслеживать, где находится устройство, в приложении Family Link.

Известно, что под геоданными понимается информация о географическом местоположении объекта, например, вашего телефона или компьютера. Функция работает не только при помощи соединения со спутником – геоданные можно получить и без GPS. Сейчас геолокация есть во всех смартфонах.

При определении местоположения устройства возникновение аномальных значений может быть связано с работой спутников GPS. В этом случае телефон использует данные GPS-модуля (в устройстве такой режим может называться «По датчикам устройства»). Точность позиционирования зависит от условий приема сигнала со спутников. При оптимальных условиях погрешность позиционирования не превышает двух метров [3]. При неблагоприятных условиях она может превышать 100 метров.

Аномальные значения могут быть связаны с определением координат сети. В этом случае телефон использует беспроводные сети: вайфай, блютуз и мобильные сети. Такой режим экономит батарею, поэтому часто так и называется – «Энергосберегающий».

Список литературы

1 Гундина, М. А. Выявление аномальных кластеров выборки в компьютерной системе Wolfram Mathematica / М. А. Гундина // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2022. – № 4 (77). – С. 75–83.

2 Как поделиться геолокацией [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://journal.tinkoff.ru/guide/geolocation/>. – Дата доступа : 01.09.2023.

3 Какова точность позиционирования GPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.sony.ru/electronics/support/articles/S700021977>. – Дата доступа : 01.09.2023.

УДК 539.31

СТАЦИОНАРНАЯ ЗАДАЧА О ДВИЖЕНИИ ЖЕСТКО ЗАКРЕПЛЕННОГО СЕГМЕНТА ОБОЛОЧКИ КИРХГОФА – ЛЯВА В УПРУГОЙ СРЕДЕ

ВО ВАН ДАЙ

*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация
Технический университет Ле Куи Дона, г. Ханой, Вьетнам*

Н. А. ЛОКТЕВА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Представлен подход к решению задач вибропоглощения сегментов оболочек Кирхгофа – Лява на основании метода компенсирующих нагрузок, который позволяет получать аналитические решения подобных задач для любых видов граничных условий, соответствующих реальным способам закрепления. Изучается движения сегмента оболочки в упругой среде под воздействием гармонической цилиндрической волны, фокус которой совпадает с центром оболочки.

Движение сегмента определяется как суперпозиция перемещений всего цилиндра в упругой среде и компенсирующих нагрузок, представляющих собой свертки сил с функциями влияния для перемещений. Величины данных сил определяются из граничных условий. Предложение решения обладает универсальностью, что позволяет его применять к любым видам реальных закреплений сегментов оболочек.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ К ОКИСЛЕНИЮ И АБЛЯЦИИ УГЛЕРОД-КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. ДИДЕНКО, А. Н. АСТАПОВ, И. В. СУКМАНОВ
Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Углерод-керамические композиционные материалы (УККМ) являются перспективными высокотемпературными материалами, работоспособными в условиях аэрогазодинамического обтекания и нагрева при температурах до 2000 °С и выше. Их функционирование в кислородосодержащих средах может быть обеспечено путем защиты армирующих углеродных волокон от окисления за счет образования керамической матрицей газоплотного оксидного слоя, ограничивающего скорость диффузии кислорода. Однако композиты класса C_f/SiC характеризуются быстрой абляцией при указанных температурах, поскольку окисление карбида кремния переходит в активный режим, что приводит к потере его защитных свойств по отношению к углеродным волокнам [1–3]. Увеличение рабочих температур и улучшение работоспособности в окислительных средах должны быть обеспечены путем модификации композитов C_f/C , C_f/SiC и $C_f/C-SiC$ тугоплавкими соединениями, поэтому поиск эффективных составов матриц УККМ является одной из приоритетных задач современного материаловедения.

Одним из подходов, позволяющих улучшить эксплуатационные свойства композитов с керамической матрицей, является создание самовосстанавливающихся керамических материалов, характеризующихся формированием жидких оксидных фаз в широком диапазоне температур, способных заполнять трещины и защищать углеродные волокна. Для этих целей в состав композитов вводят компоненты, содержащие бор, эффективные при низкотемпературном (500–1000 °С) окислении за счет образования B_2O_3 , а также соединения, окисление которых обеспечивает формирование диоксида кремния, отвечающего за окислительную стойкость при температурах 1200–1500 °С [4].

Для достижения самовосстановления керамических материалов при более высоких температурах в их состав необходимо вводить тугоплавкие компоненты, способные к образованию жидких оксидных фаз. Цирконий и гафний являются наиболее широко изучаемыми добавками для углерод-керамических композитов из-за высоких температур плавления их карбидов и боридов и, что более важно, оксидов. Хорошо известно, что стойкость к окислению и абляции во многом зависит от состава и микроструктуры образующихся оксидных слоев, способных защищать композиты от воздействия агрессивных сред [5]. Однако процесс низкотемпературного окисления приводит к образованию пористых структур ZrO_2 и HfO_2 , которые могут обеспечивать формирование диффузионных каналов для проникновения кислорода в композиты [6]. Для повышения стойкости к абляции при сверхвысоких температурах возможным подходом могло бы стать введение в композиты C_f/C многофазной матрицы на основе ультравысокотемпературной керамики (УВТК) [7, 8].

Существует большое количество исследований, изучающих влияние состава матрицы на свойства ультравысокотемпературных композитов с керамической матрицей (УВТККМ). Среди других факторов, влияющих на стойкость УВТККМ к окислению и абляции, можно выделить тип волокна, его содержание [9, 10], структуру преформы или ее состав [6, 11], наличие интерфазы [12]. Способ получения и особенности синтеза также оказывают существенное влияние на структуру и фазовый состав конечного продукта и, как следствие, на его работоспособность в условиях окисления и абляции [13, 14]. Особенности высокотемпературного поведения изучаются также при придании композитам особой структуры путем их модификации различными добавками (наночастицами, нанопроволоками, стержнями, похожими на Z-образные штыри, и т. д.) [15–17].

Значительное количество исследований подтверждает перспективность УВТККМ, которые в настоящее время рассматриваются как потенциальные кандидаты для применения в теплонагруженных конструкциях и стойких к абляции элементах гиперзвуковых аппаратов. А привлекательность инновационных достижений в области УВТККМ и необходимость эксплуатации в более экстремальных условиях будут по-прежнему стимулировать исследования в этой области.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10258-П.

Список литературы

- 1 Promising ultra-high-temperature ceramic materials for aerospace applications / E. P. Simonenko [et al.] // Russ. J. Inorg. Chem. 2013. – Vol. 58, no. 14. – P. 1669–1693. – DOI : 10.1134/S0036023613140039.
- 2 **Jacobson, N.** Active oxidation of SiC / N. Jacobson, D. L. Myers Oxid. Met. – 2011. – Vol. 75. – P. 1–25. – DOI : 10.1007/s11085-010-9216-4.
- 3 Theoretical investigation for the active-to-passive transition in the oxidation of silicon carbide / J. Wang [et al.] // Am. Ceram. Soc. – 2008. – Vol. 91. – P. 1665–1673. – DOI : 10.1111/j.1551-2916.2008.02353.x.
- 4 Preparation and hydrothermal corrosion behavior of C_p/SiCN and C_p/SiHfBCN ceramic matrix composites / J. Yuan // J. Eur. Ceram. Soc. – 2015. – Vol. 35, no. 12. – P. 3329–3337.
- 5 Advances in ultra-high temperature ceramics, composites, and coatings / D. Ni [et al.] // J. Adv. Ceram. – 2022. – Vol. 11. – P. 1–56. – DOI : 10.1007/s40145-021-0550-6.
- 6 Microstructure and ablation behavior of C/C-SiC-(Zr_xHf_{1-x})C composites prepared by reactive melt infiltration method / Z. Liu [et al.] // Materials. – 2023. – Vol. 16. – P. 2120. – DOI : 10.3390/ma16052120.
- 7 Ultra-high-temperature ablation behavior of SiC-ZrC-TiC modified carbon/carbon composites fabricated via reactive melt infiltration / Y. Zeng [et al.] // J. Eur. Ceram. Soc. – 2020. – Vol. 40, is. 3. – P. 651–659. – DOI : 10.1016/j.jeurceramsoc.2019.10.027.
- 8 Effects of LaB₆ on composition, microstructure and ablation property of the HfC-TaC-SiC doped C/C composites prepared by precursor infiltration and pyrolysis / C. Fang [et al.] // Corros. Sci. – 2021. – Vol. 184. – P. 109347. – DOI : 10.1016/j.corsci.2021.109347.
- 9 Effect of PAN-based and pitch-based carbon fibres on microstructure and properties of continuous C_p/ZrB₂-SiC UHTCMCs / D. Sciti [et al.] // J. Eur. Ceram. Soc. 2021. – Vol. 41. – Es. 5. – P. 3045–3050. – DOI : 10.1016/j.jeurceramsoc.2020.05.032.
- 10 Ablation behavior and thermal conduction mechanism of 3D ZrC-SiC-modified carbon/carbon composite having high thermal conductivity using mesophase-pitch-based carbon fibers and pyrocarbon as heat transfer channels / D. Huang [et al.] // Composites Part B. – 2021. – Vol. 224. – P. 109201. – DOI : 10.1016/j.compositesb.2021.109201.
- 11 Influence of carbon preform density on the microstructure and ablation resistance of CLVD-C/C-ZrC-SiC composites / Q. He [et al.] // Corros. Sci. – 2021. – Vol. 190. – P. 109648. – DOI : 10.1016/j.corsci.2021.109648.
- 12 Effect of PyC interface phase on the cyclic ablation resistance and flexural properties of two-dimensional C_p/HfC composites / T. Feng [et al.] // J. Eur. Ceram. Soc. – 2021. – Vol. 41. – Es. 1. – P. 158–166. – DOI : 10.1016/j.jeurceramsoc.2020.08.049.
- 13 The effect of carbon source addition order during sol-gel process on the properties of C/C-ZrC-SiC composites / C. Zeng [et al.] // Ceram. Int. – 2021. – Vol. 47, is. 24. – P. 35366–35377. – DOI : 10.1016/j.ceramint.2021.09.080.
- 14 Microstructural regulation, oxidation resistance, and mechanical properties of C_p/SiC/SiHfBOC composites prepared by chemical vapor infiltration with precursor infiltration pyrolysis / Y. Lyu [et al.] // J. Adv. Ceram. – 2022. – Vol. 11. – P. 120–135. – DOI : 10.1007/s40145-021-0521-y.
- 15 Microstructure, mechanical and anti-ablation properties of SiC_{nw}/PyC core-shell networks reinforced C/C-ZrC-SiC composites fabricated by a multistep method of chemical liquid-vapor deposition / Q. He [et al.] // Ceram. Int. – 2019. – Vol. 45. – P. 20414–20426. – DOI : 10.1016/j.ceramint.2019.07.018.
- 16 Structural characteristics and ablative behavior of C/C-ZrC-SiC composites reinforced with "Z-pins like" Zr-Si-B-C multiphase ceramic rods / X. Qing [et al.] // Ceram. Int. – 2020. – Vol. 46. – P. 18895–18902. – DOI : 10.1016/j.ceramint.2020.04.211.
- 17 Improved microstructure and high temperature mechanical properties of C/C-SiC composites by introduction of ZrC nanoparticles / J. J. Sha [et al.] // Ceram. Int. – 2020. – Vol. 46. – Is. 6. – P. 8082–8091. – DOI : 10.1016/j.ceramint.2019.12.034.

УДК 536.24

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ВНУТРИ ЭКРАННО-ВАКУУМНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ С УЧЕТОМ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА ВНУТРИ СЛОЕВ

М. С. ЕГОРОВА, О. В. ТУШАВИНА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

С развитием ракетно-космической индустрии возрастают требования к защите космических аппаратов от избыточного тепла и различного рода излучений. Экранно-вакуумная теплоизоляция (ЭВТИ) является одним из материалов, которые обеспечивают эффективное терморегулирование в космических аппаратах. Уникальные теплоизоляционные характеристики ЭВТИ позволяют снизить интенсивность теплообмена элементов конструкции и оборудования космического аппарата с окружающей средой. Однако для эффективной работы ЭВТИ необходим учет скорости распространения тепла внутри слоев материала.

Математическое моделирование теплопереноса внутри ЭВТИ с учетом скорости распространения тепла внутри слоев материала является актуальной задачей для обеспечения эффектив-

ного терморегулирования космических аппаратов. Разработка интегрированной математической модели позволит более точно определить тепловые характеристики ЭВТИ и контролировать тепловой режим космического аппарата. Это способствует повышению надежности и эффективности работы космических аппаратов, что является важным условием для успешной реализации космических миссий.

Математическая модель основана на уравнениях теплопроводности и массопереноса. Уравнение теплопроводности описывает распределение температур внутри материала, а уравнение массопереноса учитывает перенос массы вещества (например, газа) внутри слоев ЭВТИ.

Модель учитывает следующие факторы.

1 Теплопроводность материала. Коэффициент теплопроводности будет учтен в уравнении теплопроводности для определения потока тепла внутри слоев ЭВТИ. Это позволит оценить эффективность материала в передаче или задержке тепла.

2 Тепловое сопротивление слоев материала. Учет теплового сопротивления слоев ЭВТИ позволяет определить, насколько легко или трудно происходит передача тепла через материал.

3 Скорость распространения тепла внутри слоев. Модель будет принимать во внимание скорость распространения тепла внутри слоев материала, что позволит оценить, как быстро происходит равномерное распределение тепла внутри ЭВТИ.

4 Граничные условия. В модели учтены различные граничные условия, такие как тепловой поток на границах слоев ЭВТИ и температура окружающей среды. Это позволит более реалистично воспроизвести тепловые процессы внутри материала.

Разработанную модель можно интегрировать в общую модель системы обеспечения теплового режима космического аппарата. Это позволяет оптимизировать работу системы управления тепловым режимом и предотвратить перегрев или охлаждение электроники и других элементов аппарата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Грант РФФ № 23-19-00684), выданного Московскому авиационному институту

УДК 539.3

О РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ УРАВНЕНИЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ НЕТОНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ ОБОЛОЧЕК И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ К ЗАДАЧАМ СТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИКИ

С. И. ЖАВОРОНОК, А. С. КУРБАТОВ

*ФГБУН Институт прикладной механики Российской академии наук, г. Москва,
Российская Федерация*

Решение задач о дисперсии нормальных волн в тонких телах различной формы и структуры, являющееся ключевым элементом качественного исследования волноводов, может быть построено различными методами, в том числе путем разложения компонентов вектора перемещения в ряды Фурье по некоторой ортогональной системе функций нормальной координаты ζ , либо на основе конечно-элементной дискретизации волновода по толщине [1]. Данные подходы обладают рядом преимуществ перед матричными методами или степенными рядами, в частности, не требуют численного решения трансцендентного уравнения, зачастую приводящего к потере части корней [1]. При этом метод ортогональных рядов по полиномам Лежандра фактически представляет собой приложение общей теории нетонких неоднородных оболочек [2–4] к классу задач стационарной волновой динамики [5–8], обеспечивающее вполне удовлетворительную сходимость решений как по частотам запирающих распространяющихся нормальных мод [5], так и по фазовым частотам при ненулевых значениях волнового числа [6], а также по формам распространяющихся нормальных мод [7, 8]. Описание дисперсии затухающих нормальных мод требует формулировки спектральной задачи относительно волнового числа [1]. Такая постановка задачи на базе модели оболочки N -го порядка, интерпретируемой как двумерная Лагранжева система [3, 4], заданная на двумерном многообразии S множеством переменных поля первого рода $u_\alpha^{(k)}$, $u_3^{(k)}$, являющихся коэффициентами разложения вектора перемещения по биортогональной базисной системе функций нормальной ко-

ординаты ζ , поверхностной L_s и контурной L_T плотностями Лагранжиана [4], может быть осуществлена методами аналитической динамики непрерывных систем. В самом деле, преобразование Лежандра поверхностной плотности функционала Лагранжа L_s по производным переменных поля $u_\alpha^{(k)}$, $u_3^{(k)}$ вдоль некоторого векторного поля приводит к смешанному функционалу и соответствующим ему уравнениям движения и определяющим уравнениям, разрешенным относительно первых производных аналогично уравнениям Рауса для дискретной системы [9–12]. Полученная в [9, 10] для пластины, а в [11, 12] для ортотропной оболочки система обобщенных уравнений Рауса может быть применена как для решения задач о дисперсии нормальных волн, так и в классе нестационарных задач динамики оболочек [13], где уравнения в производных первого порядка обладают определенными преимуществами, и в некоторых задачах статики [14, 15], для которых система сводится к канонической Гамильтоновой форме [12]. Применение в качестве базисных функций ортогональных полиномов [1, 2] ограничивает применимость предложенного подхода задачами для волноводов с физическими постоянными, медленно изменяющимися по толщине [1, 10–12]. Так как формализм [4] предоставляет возможность использования также и финитных базисных функций, т. е. переход в классе задач о дисперсии нормальных волн к аналогу метода полуаналитических конечных элементов [1], улучшение сходимости решения при быстро изменяющихся или негладких распределениях по толщине волновода физических постоянных осуществимо с использованием варианта обобщенного метода конечных элементов, аналогичного [16–19]. Рассмотрено применение обобщенных конечно-элементных базисных функций к построению различных вариантов трехмерной теории оболочек. Получены решения задач о дисперсии нормальных волн в плоском слое, неоднородном по толщине, и проведен анализ сходимости решений при негладком распределении физических постоянных слоя, в том числе при моделировании дефекта структуры функционально-градиентного материала (локального отклонения от заданного степенного или сигмоидального закона), изучены картины дисперсионных кривых для подобных материалов с дефектами. Также на базе предложенного комбинированного формализма аналитической динамики оболочек и обобщенного метода конечных элементов получено решение задачи о дисперсии волн в системе неоднородных слоев с различными свойствами, лежащих на трансверсально-неоднородном упругом основании.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИПРИМ РАН (№ 121112200124-1).

Список литературы

- 1 **Жаворонок, С. И.** Задачи о дисперсии волн в неоднородных волноводах: методы решения (обзор). Ч. II / С. И. Жаворонок // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 36–86.
- 2 **Аннин, Б. Д.** Неклассические модели теории пластин и оболочек / Б. Д. Аннин, Ю. М. Волчков // ПМТФ. – 2016. – Т. 57, № 5. – С. 5–14.
- 3 **Жаворонок, С. И.** Вариационные уравнения трехмерной теории анизотропных оболочек / С. И. Жаворонок // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2011. – № 4–5. – С. 2154–2156.
- 4 **Жаворонок, С. И.** Обобщенные уравнения Лагранжа второго рода трехмерной теории анизотропных оболочек // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2011. – Т. 17, № 1. – С. 116–132.
- 5 **Жаворонок, С. И.** Исследование гармонических волн в упругом слое на основе трехмерной теории оболочек N-го порядка // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2010. – Т. 16, № 4–2. – С. 693–701.
- 6 **Жаворонок, С. И.** Исследование распространяющихся мод гармонических волн в упругом слое на базе трехмерной теории оболочек N-го порядка / С. И. Жаворонок // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 278–287.
- 7 **Жаворонок, С. И.** Исследование кинематики нормальных волн в упругом слое на основе трехмерной теории оболочек N-го порядка для различных значений волновых чисел / С. И. Жаворонок // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т. 18, № 1. – С. 45–56.
- 8 **Жаворонок, С. И.** Формулировка начально-краевой задачи приближенной трехмерной теории оболочек N-го порядка в обобщенных перемещениях и ее приложение к задачам стационарной динамики / С. И. Жаворонок // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т. 18, № 3. – С. 333–344.
- 9 **Жаворонок, С. И.** О различных формах уравнений движения и дисперсионных соотношениях в теории неоднородных оболочек N-го порядка / С. И. Жаворонок, А. С. Курбатов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 132–133.
- 10 **Zhavoronok, S. I.** The generalized Routh equations in the plate theory of nth order and their use in problems of normal wave dispersion in heterogeneous waveguides / S. I. Zhavoronok, A. S. Kurbatov, L. N. Rabinskiy // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2022. – Vol. 43, no. 7. – P. 2010–2018.

11 **Жаворонок, С. И.** Обобщенные уравнения Рауса в теории ортотропных оболочек N-го порядка и их приложение к задачам о дисперсии нормальных волн / С. И. Жаворонок, А. С. Курбатов // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2022. – Т. 28, № 3. – С. 399–431.

12 **Zhavoronok, S. I.** On various equations of the analytical mechanics of thick-walled heterogeneous shells and some of their applications in wave dispersion problems / S. I. Zhavoronok, A. S. Kurbatov, O. V. Egorova // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. – 2023. – Vol. 44, no. 6. – P. 2501–2517.

13 Плоская задача дифракции акустической волны давления на тонкой ортотропной панели, помещенной в жесткий экран / А. Г. Горшков [и др.] // *Известия Академии наук. Механика твердого тела*. – 2004. – № 1. – С. 209–220.

14 **Амосов, А. А.** К проблеме редукции плоской задачи теории упругости к последовательности одномерных краевых задач / А. А. Амосов, С. И. Жаворонок // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 1997. – Т. 3, № 1. – С. 69–80.

15 **Амосов, А. А.** О решении некоторых краевых задач о плоском напряженном состоянии криволинейной трапеции / А. А. Амосов, А. А. Князев, С. И. Жаворонок // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 1999. – Т. 5, № 1. – С. 60–72.

16 **Oden, J. T.** A new cloud-based hp finite element method / J. T. Oden, C. A. M. Duarte, O. C. Zienkiewicz // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. – 1998. – Vol. 153, no. 1-2. – P. 117–126.

17 **Duarte, C. A.** Analysis and Applications of a Generalized Finite Element Method with Global-Local Enrichment Functions / C. A. Duarte, D.-J. Kim // *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* – 2007. – Vol. 197, is 6–8. – P. 487–504.

18 **Aragón, A. M.** Generalized finite element enrichment functions for discontinuous gradient fields / A. M. Aragón, C. A. Duarte, P. H. Geubelle // *Int. J. Numer. Meth. Engrg.* – 2009. – Vol. 82, is. 2. – P. 242–268.

19 A non-intrusive iterative generalized finite element method for multiscale coupling of 3-D solid and shell models / H. Li [et al.] // *Comput. Methods in Applied Mechanics and Engineering*. – 2022. – Vol. 402. – P. 115408.

УДК 539

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И СОВРЕМЕННАЯ МЕХАНИКА

М. А. ЖУРАВКОВ

Белорусский государственный университет, г. Минск

В настоящее время наблюдается всплеск повышенного интереса к искусственному интеллекту (ИИ) и даже необычного ажиотажа вокруг данной тематики. По сути, ситуация с ИИ напоминает то, что было во время начала массового проникновения персональных компьютеров во все сферы жизнедеятельности человека.

Количество публикаций, специальных репортажей, интервью, где затрагиваются различные аспекты ИИ, возросло в разы. Создается впечатление, что всё, что производит человек (от технологий и до готовых изделий) обладает в той либо иной мере ИИ. Даже специалисты-эксперты зачастую сомневаются, когда необходимо выдать заключение о том, имеет ли рассматриваемый объект ИИ или нет.

Чтобы более четко понять суть ИИ, всё же следует обратиться к его базовому определению и понятию.

Как известно, термин «искусственный интеллект» (artificial intelligence) был введен Джоном Маккарти в 1959 г. в его статье «Программы со здравым смыслом», где ИИ рассматривался именно как вычислительная система, способная создавать подпрограммы. Позже Джон Маккарти уточнил введенное им определение. «Intelligence» означает «сообразительность», «понимание», «способности», «проницательность», «распознавание» «сбор и обработка информации». Именно с этих позиций необходимо рассматривать ИИ.

Следует сказать, что при переводе на русский смысл термина «artificial intelligence» несколько исказился и сегодня имеет место некоторая путаница и завышенные неоправданные ожидания в отношении ИИ. Но стоит подчеркнуть, что если бы Дж. Маккарти имел в виду именно «интеллект», то, скорее, применил бы слово «intellect», а не «intelligence».

Некоторая двусмысленность в понятии ИИ возникла, наверное, из-за того, что под ИИ в первую очередь понимают системы решений, позволяющие имитировать мыслительные (когнитивные) функции человека и на этой основе получать выводы и результаты, которые сопоставимы с результатами интеллектуальной деятельности человека. Важным обстоятельством при этом является наличие в имитационном процессе этапов самообучения системы и поиска решений (зачастую без заранее заданного алгоритма).

Поэтому мы, говоря об ИИ, будем отталкиваться именно от такой интерпретации термина «artificial intelligence»: наличие в системе алгоритмов с реализацией таких качеств, как «обработка, распознавание и интерпретация», «анализ и предсказание», «понимание и проницательность», базирующихся на законах, методах и подходах современной науки и, прежде всего, математики, физики и информатики. При этом указанные качества имеют весьма широкий диапазон приложений.

Повышенное внимание к ИИ в средствах массовой информации, помимо специализированных изданий, когда демонстрируются уникальные возможности антропоморфных и бionических роботов, специализированных игровых систем и комплексов, создает у людей впечатление, что технологии ИИ имеют значительное развитие в широком диапазоне приложений. В реальности дела обстоят совершенно не так, и по многим направлениям внедрение ИИ находится еще только на начальной стадии.

Так, во многих сферах промышленности, где потенциал и эффективность использования технологий ИИ просто безграничны, примеров разработки систем с элементами ИИ еще совершенно мало.

Для использования и развития искусственного интеллекта необходимо наличие как минимум трех составляющих: значительные вычислительные мощности, большие объемы данных и знаний, развитые интеллектуальные алгоритмы. В XXI веке существенно выросли вычислительные мощности, математиками и программистами разработаны новые эффективные методы и алгоритмы в области ИИ (в частности, методы «глубокого обучения»). Это в совокупности и обусловило значимый прогресс в области создания современных технологий ИИ и, что важно, стимулировало правительства многих государств серьезно заняться вопросами поддержки развития ИИ в своих странах.

На наш взгляд, необходимое требование к «системам с интеллектом» в настоящее время состоит в том, что элементы ИИ не должны «работать» как «черные ящики», выдающие решение. Они должны не только представлять собой вызывающий доверие инструмент для решения задачи, но и демонстрировать понятный и эффективный путь получения решения. В особенности это проявляется при разработке автоматизированных систем поддержки принятия решений как одного из наиболее перспективных направлений развития ИИ, в особенности при разработке интеллектуальных систем моделирования и прикладных расчетов. Отметим, что на современном этапе речь идет об автоматизированных системах, т. е. системах с участием человека в управлении процессом, осуществляемым при поддержке ИИ.

Одними из стратегических целей активного развития систем ИИ является разработка математических основ методов обработки и интеллектуального анализа данных для различных прикладных областей и направлений; разработка математических основ систем компьютерного моделирования, расчетов и анализа разнообразных физических процессов; переход к новым интеллектуальным CAD-, CAE- и CAM-технологиям.

В докладе обсуждаются различные аспекты эффективности внедрения технологий ИИ в механике. Рассматриваются наиболее перспективные направления использования ИИ в различных разделах современной механики.

УДК 539.3, 539.8

ПОСТАНОВКА ОДНОМЕРНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОМЕХАНОДИФФУЗИИ ДЛЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ С УЧЕТОМ РЕЛАКСАЦИИ ДИФФУЗИОННЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Н. А. ЗВЕРЕВ

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

А. В. ЗЕМСКОВ

*Московский авиационный институт (НИИ),
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация*

В настоящей работе приводится математическая постановка одномерной полярно-симметричной задачи термомехано-диффузии для однородного многокомпонентного ортотропного сплошного цилиндра, находящегося под действием нестационарных возмущений. Учтена релаксация температурных и диффузионных процессов. За основу берётся общая модель термомехано-диффузии для анизотропной сплошной среды, приведённая в работе [1]:

$$\begin{aligned}
\rho \frac{\partial^2 u^i}{\partial t^2} &= \nabla_j (C^{ijkl} \nabla_k u_l) - \nabla_j (b^{ij} \vartheta) - \sum_{r=1}^N \nabla_j (\alpha^{(r)ij} \eta^{(r)}) + \rho F^i, \\
\rho c_0 \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial t} + \tau_\vartheta \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2} \right) &= \nabla_j (\kappa^{ij} \nabla_j \vartheta) - T_0 b^{ij} \nabla_j \left(\frac{\partial u_j}{\partial t} + \tau_\vartheta \frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2} \right) - \\
-\rho R T_0 \sum_{r=1}^N \frac{\ln(n_0^{(r)} \gamma^{(r)})}{m^{(q)}} &\left(\frac{\partial \eta^{(r)}}{\partial t} + \tau_\vartheta \frac{\partial^2 \eta^{(r)}}{\partial t^2} \right) + \rho \left(q^{(j)} + \tau_\vartheta \frac{\partial q^{(j)}}{\partial t} \right), \\
\frac{\partial \eta^{(q)}}{\partial t} + \tau_\eta^{(q)} \frac{\partial^2 \eta^{(q)}}{\partial t^2} - F^{(q)} &= \sum_{r=1}^N \nabla_i (D^{(qr)ij} g^{(qr)} \nabla_j \eta^{(r)}) - \\
-\frac{m^{(q)} n_0^{(q)}}{\rho R T_0} \nabla_i &\left[D^{(q)ij} \nabla_j (\alpha^{(q)kl} \nabla_k u_l) \right] - \frac{n_0^{(q)}}{T_0} \ln(n_0^{(q)} \gamma^{(q)}) \nabla_i (D^{(q)ij} \nabla_j \vartheta),
\end{aligned} \tag{1}$$

где t – время; u^i – компоненты вектора механических перемещений; κ^{ij} – компоненты тензора теплопроводности; ∇_j – оператор ковариантного дифференцирования; ϑ – изменение (приращение) температуры; ρ – плотность тела (сплошной среды); $\eta^{(q)}$ – приращение концентрации многокомпонентного вещества, $\eta^{(q)} = n^{(q)} - n_0^{(q)}$, $n_0^{(q)}$ и $n^{(q)}$ – начальная и текущая концентрации q -го вещества в составе $N+1$ -компонентной сплошной среды; $m^{(q)}$ – молярная масса q -го вещества в составе $N+1$ -компонентной сплошной среды; $D^{(qr)ij}$ – коэффициенты диффузии, $D^{(qr)ij} = g^{(qr)} D^{(q)ij}$, $D^{(q)ij}$; $g^{(qr)}$ – термодинамические множители Даркена; $F^{(q)}$ – объемная плотность источников массопереноса; $\mathbf{F} = F^i \mathbf{e}_i$ – удельная плотность объемных сил; $q^{(j)}$ – объемная плотность источников теплопереноса; T_0 – температура сплошной среды; $\alpha^{(q)ij}$ – компоненты упругодиффузионного тензора, характеризующего деформации, которые возникают вследствие диффузии; R – универсальная газовая постоянная; $\tau_\eta^{(q)}$ – время релаксации диффузионных потоков; τ_ϑ – время релаксации тепловых потоков; C^{ijkl} – компоненты тензора упругих постоянных; b^{ij} – компоненты тензора температурных постоянных; $\gamma^{(q)}$ – коэффициент активности; c_0 – удельная теплоёмкость.

В случае одномерных процессов, $\mathbf{u} = \{u_r(r, t), 0, 0\}$, $\vartheta = \vartheta(r, t)$, $\eta^{(q)} = \eta^{(q)}(r, t)$. Тогда система (1) запишется так:

$$\begin{aligned}
\rho \frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} &= c_{11} \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) - \frac{c_{22}}{r^2} u_r - b_1 \frac{\vartheta}{r} - \sum_{i=1}^N \alpha_1^{(i)} \frac{\partial \eta^{(i)}}{\partial r} + \rho F_r, \\
\rho c_0 \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial t} + \tau_\vartheta \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2} \right) &= \kappa_1 \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \vartheta}{\partial r} \right) - T_0 b_1 \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r \partial t} + \tau_\vartheta \frac{\partial^3 u_r}{\partial r \partial t^2} \right) - \\
-\rho R T_0 \sum_{i=1}^N \frac{\ln(n_0^{(i)} \gamma^{(i)})}{m^{(q)}} &\left(\frac{\partial \eta^{(i)}}{\partial t} + \tau_\vartheta \frac{\partial^2 \eta^{(i)}}{\partial t^2} \right) + \rho \left(q^{(j)} + \tau_\vartheta \frac{\partial q^{(j)}}{\partial t} \right), \\
\frac{\partial \eta^{(q)}}{\partial t} + \tau_\eta^{(q)} \frac{\partial^2 \eta^{(q)}}{\partial t^2} - F^{(q)} &= -\Lambda_{11}^{(q)} \left(\frac{\partial^3 u_r}{\partial r^3} + \frac{2}{r} \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r^3} \right) + \\
+ \sum_{r=1}^N D_1^{(qr)} \left(\frac{\partial^2 \eta^{(r)}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \eta^{(r)}}{\partial r} \right) &- M_1^{(q)} \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \vartheta}{\partial r} \right),
\end{aligned} \tag{2}$$

где c_{ij} , b_i , κ_i , $D_i^{(q)}$ и $\alpha_i^{(q)}$ – физические компоненты тензоров $\mathbf{C} = C^{ijkl} \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j \mathbf{e}_k \mathbf{e}_l$, $\mathbf{b} = b^{ij} \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j$, $\mathbf{\kappa} = \kappa^{ij} \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j$, $\mathbf{\alpha}^{(q)} = \alpha^{(q)ij} \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j$ и $\mathbf{D}^{(q)} = D^{(q)ij} \mathbf{e}_i \mathbf{e}_j$, записанные в нотации Фойгта, а остальные коэффициенты определяются так:

$$\Lambda_{11}^{(q)} = \frac{m^{(q)} n_0^{(q)} D_1^{(q)} \alpha_1^{(q)}}{\rho R T_0}, \quad M_1^{(q)} = \frac{n_0^{(q)}}{T_0} \ln \left(n_0^{(q)} \gamma^{(q)} \right) D_1^{(q)}.$$

Для получения замкнутой постановки задачи на поверхности $\Pi = \partial G$ рассматриваемых тел задаются краевые условия следующего вида:

– кинематические условия:

$$u_r|_{\Pi_u} = f_r(t), \quad \vartheta|_{\Pi_\vartheta} = Q(t), \quad \eta^{(q)}|_{\Pi_\eta} = f^{(q)}(t); \quad (3)$$

– динамические условия:

$$\sigma_r|_{\Pi_\sigma} = f_r(t), \quad \left(q_r + \tau_\vartheta \frac{\partial q_r}{\partial t} \right) \Big|_{\Pi_q} = Q(t), \quad \left(J_r^{(q)} + \tau_\eta \frac{\partial J_r^{(q)}}{\partial t} \right) \Big|_{\Pi_J} = f^{(q)}(t). \quad (4)$$

Полагая, что начальное состояние является невозмущенным, система (2) дополняется нулевыми начальными условиями:

$$\begin{aligned} u(r,t)|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial u(r,t)}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0, \quad \vartheta(r,t)|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial \vartheta(r,t)}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0, \\ \eta_q(r,t)|_{t=0} = 0, \quad \frac{\partial \eta_q(r,t)}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

В цилиндрической системе координат физические компоненты тензора механических напряжений, векторов теплового и диффузионного потоков имеют вид

$$\begin{aligned} \sigma_r = c_{11} \frac{\partial u_r}{\partial r} + c_{12} \frac{u_r}{r} - b_1 \vartheta - \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} \eta^{(j)}, \quad q_r + \tau_\vartheta \frac{\partial q_r}{\partial t} = -\kappa_1 \frac{\partial \vartheta}{\partial r}, \\ J_r^{(q)} + \tau_\eta \frac{\partial J_r^{(q)}}{\partial t} = \Lambda_{11}^{(q)} \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{u_r}{r^2} \right) - M_1^{(q)} \frac{\partial \vartheta}{\partial r} - \sum_{r=1}^N D_1^{(qr)} \frac{\partial \eta^{(r)}}{\partial r}. \end{aligned} \quad (6)$$

Таким образом, предложена модель, описывающая одномерные термомеханодиффузионные процессы в цилиндрических телах с учетом релаксации тепловых и диффузионных потоков. Постановка (2)–(5) является обобщением модели упругой диффузии, рассматриваемой ранее в работе [2], которая учитывает влияние температуры на механическое и диффузионные поля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (№ 23-21-00189).

Список литературы

- 1 Земсков, А. В. Моделирование механодиффузионных процессов в многокомпонентных телах с плоскими границами / А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-9221-1912-2.
- 2 Зверев, Н. А. Моделирование нестационарных механодиффузионных процессов в полном цилиндре с учетом релаксации диффузионных потоков / Н. А. Зверев, А. В. Земсков // Математическое моделирование. – 2023. – Т. 35, № 1. – С. 95–112.

УДК 539.3, 539.8

МОДЕЛЬ ИЗГИБА ОРТОТРОПНОЙ КОНСОЛЬНО-ЗАКРЕПЛЁННОЙ БАЛКИ БЕРНУЛЛИ – ЭЙЛЕРА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕРМОМЕХАНОДИФФУЗИОННЫХ НАГРУЗОК

А. В. ЗЕМСКОВ

*Московский авиационный институт (НИИ),
НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация*

ЛЕ ВАН ХАО, Д. О. СЕРДЮК

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

В работе рассматривается нестационарная задача о плоском термоупругодиффузионном изгибе консольно-закрепленной однородной изотропной балки Бернулли – Эйлера. Математическая постановка представляет собой замкнутую систему уравнений поперечных колебаний балки с учетом

термодиффузии, которая получена с помощью обобщенного принципа виртуальных перемещений из общей модели термоупругой диффузии для сплошных сред с конечной скоростью распространения тепловых и диффузионных потоков [1–3]. Схема приложенных усилий представлена на рисунке 1.

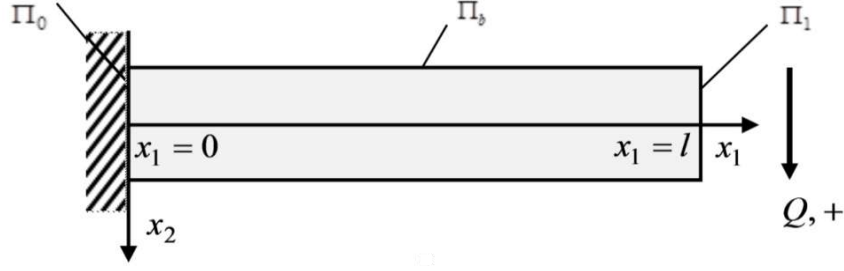


Рисунок 1 – Иллюстрация к постановке задачи

Математическая модель поперечных колебаний балки описывается уравнениями [4] (штрих – производная по продольной координате x_1 , точка – производная по времени):

$$\begin{aligned} \ddot{v}'' - a\dot{v}'' = v^{IV} + b_1\vartheta'' + \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} H_j'', \quad a = \frac{F}{J_3}, \\ \sum_{k=0}^M \frac{\tau_0^k}{k!} \frac{\partial^k}{\partial \tau^k} \left(\dot{\vartheta} - B_1 \dot{v}'' + \sum_{q=1}^N v^{(q)} \dot{H}_q \right) = \kappa_1 \vartheta'', \\ \sum_{k=0}^K \frac{\tau_q^k}{k!} \frac{\partial^k}{\partial \tau^k} \dot{H}_q = \sum_{r=1}^N D_1^{(q)} g^{(qr)} H_r'' + \Lambda_{11}^{(q)} v^{IV} + M_1^{(q)} \vartheta'', \quad H_{N+1} = - \sum_{q=1}^N H_q; \end{aligned} \quad (1)$$

все величины в (1) являются безразмерными, для них приняты следующие обозначения:

$$\begin{aligned} x_i = \frac{x_i^*}{l}, \quad v = \frac{v^*}{l}, \quad \tau = \frac{Ct}{l}, \quad \tau_q = \frac{C\tau^{(q)}}{l}, \quad \tau_0 = \frac{C\tau_t}{l}, \quad \theta = \frac{T-T_0}{T_0}, \quad B_\alpha = \frac{b_{\alpha\alpha}}{\rho c_0}, \quad b_\alpha = \frac{b_{\alpha\alpha} T_0}{C_{1111}}, \quad v^{(q)} = R \frac{\ln[n_0^{(q)} \gamma^{(q)}]}{c_0 m^{(q)}}, \\ C^2 = \frac{C_{1111}}{\rho}, \quad \kappa_\alpha = \frac{\kappa_{\alpha\alpha}}{\rho c_0 Cl}, \quad M_\alpha^{(q)} = \frac{n_0^{(q)} D_{\alpha\alpha}^{*(q)}}{Cl} \ln(n_0^{(q)} \gamma^{(q)}), \quad \alpha_\gamma^{(q)} = \frac{\alpha_{\gamma\gamma}^{(q)}}{C_{1111}}, \quad D_\alpha^{(q)} = \frac{D_{\alpha\alpha}^{(q)}}{Cl}, \quad \Lambda_{\alpha\beta}^{(q)} = \frac{m^{(q)} D_{\alpha\alpha}^{(q)} \alpha_{\beta\beta}^{(q)} n_0^{(q)}}{\rho RT_0 Cl}, \end{aligned}$$

где t – время; x_i^* – прямоугольные декартовы координаты; v^* – прогибы балки; l – длина балки; $\eta_q = x_2 H_q$ – приращение концентрации q -й компоненты вещества в составе $N+1$ – компонентной среды; $n_0^{(q)}$ – начальная концентрации q -го вещества; C_{ijkl} – упругие постоянные; ρ – плотность; $\alpha_{ij}^{(q)}$ – коэффициенты, характеризующие объёмное изменение среды за счёт диффузии; $v^{(q)}$ – коэффициенты, характеризующие нагрев среды за счет диффузии; $D_{ij}^{(q)}$ – коэффициенты диффузии; $g^{(qr)}$ – термодинамический множитель Даркена; R – универсальная газовая постоянная; $\theta = x_2 \vartheta$ – приращение температуры; T – актуальная температура среды; T_0 – начальная температура среды; κ_{ij} – компоненты тензора теплопроводности; c_0 – удельная теплоемкость; b_{ij} – температурные коэффициенты, характеризующие деформации за счет нагрева; $m^{(q)}$ – молярная масса q -го вещества; $\tau^{(q)}$ и τ_t – время релаксации диффузионных и тепловых потоков.

Уравнения (1) дополняются начально-краевыми условиями, которые в случае консольного закрепления имеют вид ($x = x_1$)

$$\begin{aligned} v''|_{x=0} = 0, \quad \left(v'' + b_1 \vartheta + \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} H_j \right)|_{x=1} = 0, \quad \left(v''' + b_1 \vartheta' + \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} H_j' - \ddot{v}'' \right)|_{x=1} = f_{22}(\tau), \\ v|_{x=0} = 0, \quad H_q|_{x=0} = 0, \quad v|_{x=0} = 0, \quad \kappa_1 \vartheta'|_{x=1} = 0, \quad \left(\Lambda_{11}^{(q)} v''' - M_1^{(q)} \vartheta' + \sum_{r=1}^N D_1^{(q)} g^{(qr)} H_r' \right)|_{x=1} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Начальные условия полагаем нулевыми.

Основная проблема заключается в невозможности построения решения задачи (1), (2) в виде рядов Фурье, что осложняет обращение преобразования Лапласа, которое также используется при решении этой задачи. Для преодоления указанной проблемы используется метод эквивалентных граничных условий, описанный в работах [3, 5] и позволяющий выразить решение задачи (1), (2) через известное решение задачи, заданной уравнениями (1) и следующими краевыми условиями:

$$\begin{aligned} \left(v'' + b_1 \vartheta + \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} H'_j \right) \Big|_{x=0} &= f_{11}^*(\tau), \quad v|_{x=0} = 0, \quad \vartheta|_{x=0} = 0, \quad H_q|_{x=0} = 0, \\ \left(v''' + b_1 \vartheta' + \sum_{j=1}^N \alpha_1^{(j)} H'_j - \ddot{v} \right) \Big|_{x=1} &= f_{22}(\tau), \quad \kappa_1 \vartheta|_{x=1} = 0, \\ \left(\Lambda_{11}^{(q)} v''' - M_1^{(q)} \vartheta' + \sum_{r=1}^N D_1^{(q)} g^{(qr)} H'_r \right) \Big|_{x=1} &= 0, \quad v'|_{x=1} = f_{12}^*(\tau). \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь граничные условия подобраны таким образом, чтобы имелась возможность искать решение задачи (1), (3) с помощью рядов Фурье. Начальные условия также являются нулевыми. Функции $f_{11}^*(\tau)$ и $f_{12}^*(\tau)$ подбираются таким образом, чтобы решение задачи (1), (3) удовлетворяло краевым условиям (2).

Таким образом построена модель нестационарных колебаний консольно-закрепленной ортотропной балки Бернулли – Эйлера с учетом релаксации тепловых и диффузионных потоков, описывающая взаимосвязь между механическими, температурными и диффузионными полями в сплошных средах. Предложен алгоритм решения задачи об изгибе консольно-закрепленной балки с учетом тепломассопереноса, основанный на использовании преобразования Лапласа, разложений в тригонометрические ряды Фурье, и метода эквивалентных граничных условий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (№ 23-21-00189, <https://rscf.ru/project/23-21-00189>).

Список литературы

- 1 **Князева, А. Г.** Введение в термодинамику необратимых процессов / А. Г. Князева. – Томск : Иван Федоров, 2014. – 172 с.
- 2 **Келлер, И. Э.** Механика сплошной среды. Законы сохранения : учеб. пособие / И. Э. Келлер, И. С. Дудин. – Пермь : ПНИПУ, 2022. – 142 с.
- 3 **Земсков, А. В.** Моделирование механодиффузионных процессов в многокомпонентных телах с плоскими границами / А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2021. – 288 с.
- 4 **Zemskov, A. V.** Bernoulli-Euler Beam Unsteady Bending Model with Consideration of Heat and Mass Transfer / A. V. Zemskov, Van Hao Le, D. V. Tarlavskii // Journal of Applied and Computational Mechanics. – 2023. – Vol. 9, no 1. – P. 168–180. – DOI : 10.22055/jacm.2022.40752.3649.
- 5 **Zemskov, A. V.** Unsteady bending of the orthotropic cantilever Bernoulli – Euler beam with the relaxation of diffusion fluxes / A. V. Zemskov, D. V. Tarlavskii, G. M. Faykin // ZAMM Z Angew Math Mech. – 2022. – e202100107. – DOI : 10.1002/zamm.202100107.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА ПОВРЕЖДЕННОСТИ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ

М. Ю. КАЛЯГИН, Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Известно, что наиболее распространенный тип дефекта для многослойных структур – дефект в виде поперечной трещины в слоях с противоположной ориентацией по отношению к действующей нагрузке.

В представленной работе исследуются алгоритмы учета механизмов роста поврежденности в композиционных многослойных структурах при статическом нагружении. Исследовались варианты дефекта, который представляет собой поперечное растрескивание слоев без образования полной поперечной микротрещины, а также развитие межслойных трещин в окрестности поперечных де-

фектов. В ходе исследования были определены моменты появления трещин в поперечном слое при действии растягивающей нагрузки, их распространение и его последующее растрескивание с ростом нагрузки.

Проведены экспериментальные исследования, в результате которых выяснилось, что пакет с поперечной схемой армирования всегда разрушается из-за малого значения предельной деформации по сравнению предельной величиной деформации вдоль волокон при любой структуре материала, дефектов в материале.

На основании проведенных экспериментов строится математическая модель, позволяющая определить рост поврежденности в композиционных материалах.

Приводятся результаты тестовых расчетов.

УДК 517.958:539.3

К МОДЕЛИРОВАНИЮ РАСЧЕТА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛИТЫ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

А. М. КАРАБАЕВ, А. АБДУСАТТАРОВ, С. Ш. ХОЖАХМАТОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Исследования напряженно-деформированного состояния плиты из асфальтобетонных покрытий является наиболее важным условием повышения их применения в отраслях дорожного строительства. В монографии [1] изложены современные представления о составе, структуре, физико-механических и реологических свойствах дорожных покрытий, а также системы оценки качества дорожных асфальтобетонов различных типов, видов и назначения. В статье [2] рассматриваются конструкции, состоящие из слоистой асфальтобетонной дорожной одежды при различном температурном трещинообразовании. На рисунке 1 схематически представлены вид дорожной конструкции и материалы слоев [3].

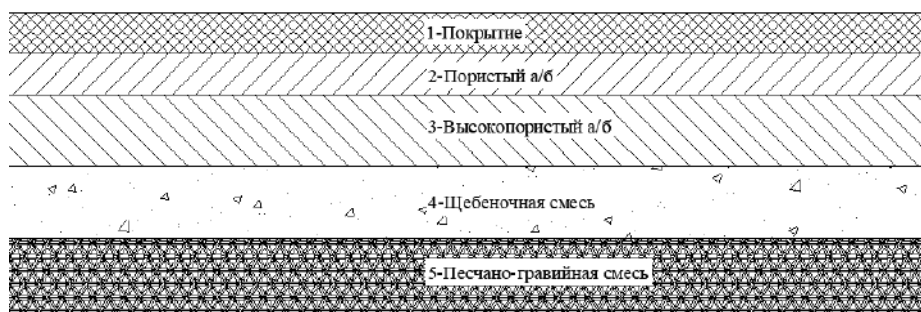


Рисунок 1 – Схематический вид дорожной конструкции

В таблице 1 приведены геометрические размеры конструктивных слоев и физико-механические характеристики материалов.

Таблица 1

Материал слоя	h слоя, см	Расчет по допустимому упругому прогибу, E, МПа	Расчет по условию сдвигоустойчивости, E, Па	Расчет на растяжение при изгибе			
				E, МПа	R ₀ , МПа	α	m
1 Асфальтобетон плотный на БНД марки 60/90	6	3200	1800	4500	9,80	5,2	5,5
2 Асфальтобетон пористый на БНД марки 60/90	9	2000	1200	2800	8,0	5,9	4,3
3 Асфальтобетон высокопористый на БНД марки 60/90	12	2000	1200	2100	5,65	6,3	4,0
4 Гравийная смесь	40	205	205	205	—	—	—
5 Супесь пылеватая W _{II} = 0,7W _I	—	46	46	46	—	—	—

В работе [4] рассмотрены постановка и методика решения задач статики элементов конструкций типа несимметричных по толщине трехслойных прямоугольных пластин на упругом основании.

Система координат связывается со срединной плоскостью пакета. На плиту действуют внешние распределенные поверхностные нагрузки q , P_x , P_y и реакция упругого основания по Винклеру.

В соответствии с известными геометрическими гипотезами продольные перемещения в слоях $u^{(k)}$ выражаются через искомые функции u_x , u_y , ψ_x , ψ_y , w :

$$\begin{aligned} u_x^{(1)} &= u_x + c\psi_x - cw_{,x}, & u_y^{(1)} &= u_y + c\psi_y - cw_{,y} & (c \leq z \leq c + h_1) \\ u_x^{(3)} &= u_x + z\psi_x - zw_{,x}, & u_y^{(1)} &= u_y + z\psi_y - zw_{,y} & (-c \leq z \leq c) \\ u_x^{(2)} &= u_x - c\psi_x - zw_{,x}, & u_y^{(1)} &= u_y - c\psi_y - zw_{,y} & (-c - h_2 \leq z \leq -c) \end{aligned} \quad (1)$$

где z – расстояние от рассматриваемого волокна до срединной плоскости плиты; запятой в нижнем индексе обозначает операцию дифференцирования по следующей за ней соответствующей координате. Используя соотношение Коши и выражения (1), определяем компоненты деформаций в слоях.

Для связи напряжений и деформации в слоях используются уравнения состояния на основе теории малых упругопластических деформаций Ильюшина:

$$S_{ij}^{(k)} = 2G_k(1 - \omega_k(\varepsilon_u^{(k)}))\varepsilon_{ij}^{(k)}, \quad \sigma^{(k)} = 3K_k\varepsilon^{(k)}. \quad (2)$$

Для вывода уравнения равновесия трехслойной плиты воспользовались вариационным принципом Лагранжа

$$\delta(A - \Pi) = 0. \quad (3)$$

где δA и $\delta \Pi$ – вариации работы внешних сил и потенциальной энергии,

$$\delta A = \iint_S (P_x \delta u_x + P_y \delta u_y + (q + q_A) \delta w) dS, \quad (4)$$

$$\delta \Pi = \iint_S \left\{ \sum_{k=1}^3 \int_{h_k} (\sigma_{xx}^{(k)} \delta \varepsilon_{xx}^{(k)} + \sigma_{yy}^{(k)} \delta \varepsilon_{yy}^{(k)} + \sigma_{xy}^{(k)} \delta \varepsilon_{xy}^{(k)}) dz + 2 \int_{h_k} (\sigma_{xz}^{(k)} \delta \varepsilon_{xz}^{(k)} + \sigma_{yz}^{(k)} \delta \varepsilon_{yz}^{(k)}) dz \right\} dx dy. \quad (5)$$

Внутренние усилия и моменты в слоях плиты представим в следующем виде:

$$N_{xx}^{(k)} = N_{xx}^{(k)e} - N_{xx}^{(k)\omega}, \quad Q_{xx}^{(k)} = Q_{xx}^{(k)e} - Q_{xx}^{(k)\omega}, \quad \dots, M_{xy}^{(k)} = M_{xy}^{(k)e} - M_{xy}^{(k)\omega}, \quad (6)$$

Введя обобщенные внутренние усилия и моменты [4] и используя соотношения (6) из вариационного уравнения получена система дифференциальных уравнений равновесия трехслойных плит в следующих усилиях:

$$\begin{aligned} N_{xx,x}^e + Q_{xy,y}^e &= -P_x + P_{x\omega}; & N_{yy,y}^e + Q_{xy,y}^e &= -P_y + P_{y\omega} \\ M_{xx,xx}^e + 2M_{xy,xy}^e + M_{yy,yy}^e &= q + q_R + q_\omega. \end{aligned} \quad (7)$$

К системе уравнений (7) следует добавить граничные условия для пластин вдоль линии $y = 0$; b и $x = 0$; a с учетом величины ω с индексом ω .

Определив внутренние усилия и подставив их в уравнения равновесия (7), получим систему нелинейных дифференциальных уравнений в перемещениях. Для решения данной системы применяется итерационный метод – метод упругих решений Ильюшина. Показаны изменения прогиба w и относительного сдвига в заполнителе ψ_x . Кривые соответствуют различным по величине коэффициентам жесткости основания k .

Таким образом, на основе деформационной теории и вариационного принципа приведена расчетная модель деформирования, получена система дифференциальных уравнений равновесия трехслойной плиты из асфальтобетонного покрытия.

Список литературы

- 1 Золоторёв, В. А. Избранные труды. Т. 3. Дорожные асфальтобетоны / В. А. Золоторёв. – СПб. : Славутич, 2015. – 184 с.
- 2 Телтаев, Б. Б. Закономерность самоорганизации асфальтобетонного покрытия при низкотемпературном трещинообразовании / Б. Б. Телтаев // Вестник КазДорНИИ, 2016. – 104 с.
- 3 Карабаев, А. М. Асфальтобетон на основе комплексного органического вяжущего : [монография] / А. М. Карабаев. – Ташкент, 2019. – 180 с.
- 4 Старовойтов, Э. И. Вязкоупругопластические слоистые пластины и оболочки / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2002. – 344 с.
- 5 Старовойтов, Э. И. Циклическое нагружение упругопластических трёхслойных стержней с учетом их повреждаемости / Э. И. Старовойтов, А. Абдусаттаров, Н. Б. Рузиева // Проблемы механики. – 2023. – № 1. – С. 66–74.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ГИДРОУДАРА ДЛЯ ТРУБ ИЗ КОМПОЗИТОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

С. В. КИРГИНЦЕВА, В. В. МОЖАРОВСКИЙ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Одними из способов защиты трубопроводов от нежелательных повреждений из-за эффекта гидроудара являются численное моделирование и прогнозирование внезапного повышения или понижения давления, а также выбор надежных материалов, например, композитов. Предельно возможное значение напора при гидравлическом ударе (прямой удар) можно легко определять с помощью формул, предложенных известным российским ученым Н. Е. Жуковским [1]:

$$\Delta P = \pm \rho \cdot C \cdot V_0 \quad \text{или} \quad \Delta H = \pm C V_0 / g,$$

ΔP – ударное повышение давления; ρ – плотность перекачиваемой жидкости; C – скорость ударной волны; g – ускорение свободного падения, $g = 9,82 \text{ м/с}^2$; H – пьезометрический напор; $V_0 = 4Q / (\pi D^2)$ – скорость жидкости в трубе; Q – расход жидкости; D – внутренний диаметр трубы.

Максимальный напор H_{\max} для изотропных труб легко вычисляется, например, по программе Excel [2]:

$$H_{\max} = H_0 + H_{\text{изм}} + H_{\text{тр}},$$

H_0 – напор в резервуаре; $H_{\text{изм}}$ – максимальное изменение напора, $H_{\text{изм}} = CQ / (gS)$; S – площадь поперечного сечения трубопровода, $S = \pi D^2 / 4$; $H_{\text{тр}}$ – напор с учетом трения, $H_{\text{тр}} = f L Q^2 / (2gDS^2)$; f – коэффициент трения Дарси – Вайсбаха; L – длина трубы.

Широко известны формулы для определения скорости ударных волн в однослойных изотропных трубах [3], однако они дают некоторые погрешности при их применении для труб из композитных материалов. В то же время в работе [4] представлены зависимости, определяющие скорость волны жидкости в однослойных и двухслойных изотропных и ортотропных трубах. В настоящей работе построена методика и создана программа в среде Delphi, позволяющая определять параметры гидроудара в трубах из композита (скорость волны, напор и расход жидкости), однослойных и двухслойных, методом характеристик [1, 5]. Скорость волны жидкости в ортотропной трубе определялась по разработанной методике [4]:

$$C = \sqrt{\frac{K / \rho}{1 + K\Omega}},$$

$$\Omega = \frac{-2}{1 - (r_c / r_a)^{2k}} \left(\frac{1}{A_{11}k + A_{12}} + \frac{(r_c / r_a)^{2k}}{A_{11}k - A_{12}} \right); \quad k = \sqrt{A_{22} / A_{11}}; \quad A_{11} = E_r / (1 - \nu_{r0}\nu_{\theta r}); \quad A_{12} = \nu_{r0}E_0 / (1 - \nu_{r0}\nu_{\theta r});$$

$A_{22} = E_0 / (1 - \nu_{r0}\nu_{\theta r})$; r_c и r_a – внешний и внутренний радиусы трубы соответственно; K – модуль объемной упругости жидкости; модули упругости материала трубы E_0 , E_r и коэффициенты Пуассона $\nu_{\theta r}$, ν_{r0} определяются по правилу «смесей» с объемным содержанием V волокна в матрице волокнистых материалов при различных способах расположения волокон [4].

Проведен расчет и анализ результатов о влиянии физико-механических характеристик гидравлического удара на напор (давление) и расход жидкости на примере трубы из полиэтилена, усиленной обмоткой стальных волокон [6] с различными схемами армирования [4] при мгновенном закрытии задвижки. Рассмотрена труба из композита длиной $L = 2500 \text{ м}$, разделенная на 5 секций; задаются условия $H_0 = 49,95 \text{ м}$; $Q_0 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$; коэффициент трения $f = 0,018$; $T_{\max} = 50 \text{ с}$; время закрытия задвижки $t_c = 0 \text{ с}$; безразмерное время закрытия задвижки определяется по формуле $\tau = (1 - t / t_c)^s$. Построена зависимость скорости волны C от объемного содержания волокна V и расположения волокон в матрице материала. Колебание давления в трубе также рассчитывается в пяти точках трубы для разного временного состояния при течении жидкости до положения задвижки. Результат зависимости напора H (давления P) от времени t вблизи клапана (задвижки) представлен

на рисунке 1. Расчет проводился по методу характеристик. В таблице представлены графики зависимости максимального напора H_{\max} , вычисленного по формуле Жуковского, по программе в Excel, которая адаптирована для труб из композитов, и по методу характеристик – от объемного содержания волокон V при их перпендикулярном расположении.

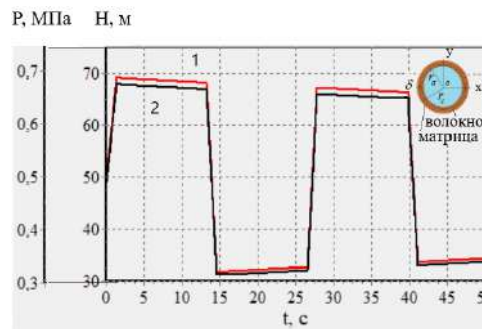


Рисунок 1 – Графики зависимости напора H (давления P) от времени t вблизи клапана (задвижки) (при $t_c = 0$ с; $s = 0$; $V = 1,48$ %) при перпендикулярном расположении волокон: график 1 – H , график 2 – P (толщина стенки $\delta = 0,018$ м)

Таблица 1 – Изменение максимального напора H_{\max} (в метрах) и скорости C в зависимости от V

Показатель	$V, \%$										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Скорость C , м/с	225	680	823	916	990	1053	1109	1160	1208	1251	1291
Формула Жуковского H_{\max} , м	61,6	82,3	92,7	97,5	101,3	104,6	107,5	110,2	112,6	114,9	117,0
Расчет Excel H_{\max} , м	62,8	86,4	93,9	98,7	102,5	105,8	108,7	111,4	113,8	116,1	118,1
Метод характеристик H_{\max} , м	61,4	85,0	92,4	97,3	101,1	104,3	107,3	110,0	112,4	114,6	116,7

Как видно из рисунка 1 и таблицы 1, армирование может увеличить скорость ударной волны и вызвать дополнительные гидравлические скачки давления в трубопроводе в основном за счет увеличения объемного содержания V армирующих волокон в трубе из композита. Значения H_{\max} , вычисленные по формуле Жуковского, по программе в Excel и по методу характеристик, достаточно близки (см. таблицу 1), отличие не превышает 3 %.

Список литературы

- 1 Жуковский, Н. Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах / Н. Е. Жуковский. – М. : Гостехтеоретлитиздат, 1949. – 104 с.
- 2 Water hammer Calculation Excel Sheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://engineeringxls.blogspot.com/2019/01/water-hammer-calculation-excel-sheet.html>. – Дата доступа : 15.05.2023.
- 3 Mahdy, M. Analysis of water hammer using method of characteristics for different pipes material / Mostafa Mahdy // International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS). – Vol. VIII, is. I. 2019. – P. 9.
- 4 Можаровский, В. В. Скорость волны при гидроударе и напряженно-деформированное состояние слоистых футерованных труб из ортотропных материалов / В. В. Можаровский, С. В. Киргинцева // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – № 2 (51). – С. 44–51.
- 5 Rahul Kr. Garg. Analysis of Hydraulic Transients in a Reservoir-Valve-Pipeline Arrangement by Using Method of Characteristics (MOC) / Rahul Kr. Garg, Dr. Arun Kumar // Conference Paper. – April 2018. – P. 9.
- 6 Wuyi Wan. Shock wave speed and transient response of PE pipe with steel-mesh reinforcement / Wuyi Wan, Xinwei Mao // Hindawi Publishing Corporation Shock and Vibration. – Vol. 2016. – Article ID 8705031. – P. 10.

УДК 662.769.21

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А. И. КИРИЛЕНКО, И. Л. БУРДИН

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Во всех отраслях транспорта возрастает потребность в энергии, прежде всего нужен более эффективный энергоноситель. Перспективным направлением для достижения этих целей является во-

дородное топливо. Развитие авиации как вида транспорта шло опережающими темпами в течение длительного времени и, замедлившись во время пандемии, теперь восстанавливается. У водорода есть ряд преимуществ перед другими видами топлива: в случае повреждения топливного бака водород достаточно быстро испарится, рассеется в атмосфере, снижая риск пожара; в случае же возникновения пожара пламя будет иметь меньшую зону теплового воздействия и будет непродолжительным. Методы предотвращения взрыва давно разработаны. Методы получения водорода известны также давно, т. к. водород очень широко применяется в химической промышленности. Тем не менее водород на транспорте (даже в ракетостроении) «не жалуют» по причине его низкой плотности даже в жидком и твердом состояниях (твердый водород при 13 К имеет плотность $86,67 \text{ кг/м}^3$, керосин при 293 К – $780\text{--}850 \text{ кг/м}^3$), поскольку для него требуются большие емкости. Однако в сравнении с керосином жидкий водород имеет почти втрое большую удельную плотность энергии на единицу массы – 44 и 119,7 МДж/кг соответственно. Водород можно получить различными средствами, применяя преобразования разных видов энергии: электроэнергию, ядерную, солнечную, энергию ветра, геотермальную, гидроэнергию и термальную энергию океана. Также для добычи водорода можно использовать ископаемые топлива [1]. Водорода на Земле достаточно.

Цель работы – рассмотреть возможности и пути перспективного использования водорода в авиации, основываясь на возможностях современных технологий. Задача – рассмотреть возможности совмещения функций техники в области использования водорода.

В [2, 3] показано, что водород, прежде всего, может использоваться как топливо для двигателей дирижаблей, что связано с четырьмя моментами.

1 Водород обеспечивает подъемную силу и для сгорания не требует высокой очистки.

2 Сжигание газообразного водорода производится из газовых отсеков, что позволяет решить вопрос балластировки дирижабля при полетах на большие расстояния.

3 Водород может использоваться в топливных элементах для получения электроэнергии, в том числе и для питания вентильных электродвигателей.

4 Имеется возможность перехода на жидкий водород. Объемы воздухоплавательных аппаратов позволяют легко решать эту задачу путем теплоизоляции больших баков.

С современной точки зрения дирижабли актуальны при следующих условиях: подъемная сила F_n пропорциональна объему дирижабля V , сила сопротивления воздуха (ветра) при движении дирижабля F_c пропорциональна площади его сечения S . Отношение этих сил пропорционально характерному размеру аппарата. Это означает, что наиболее эффективны большие дирижабли с грузоподъемностью, сравнимой с грузоподъемностью железнодорожного состава.

Использование водорода на транспорте повлечет за собой значительное увеличение его потребления, а значит, и стоимости. Водород можно получать различными способами. Сегодня в связи с появлением избытка электроэнергии от ветровых и солнечных электростанций самым перспективным является метод электролиза. Такой прогресс обусловлен тем, что за последние 10 лет стоимость выработки электроэнергии на ветроэлектростанциях упала в мире на 70 %, а выработка на солнечных электростанциях – на 89 %. Кроме того, получаемый таким образом водород является наиболее чистым, что актуально для химической промышленности, а также для использования в топливных элементах. Нет сомнений, что получение электроэнергии указанными методами приведет к ее дальнейшему удешевлению за счет совмещения функций техники. Например, ветрогенерация может быть совмещена с получением вакуума за счет центробежного эффекта, что откроет пути к ожижению водорода. Водород может служить и аккумулятором энергии. Таким образом, применение водородного топлива разными способами позволяет добиваться максимальной эффективности. На данный момент в авиации как топливо применяется жидкий водород, где он одновременно служит для охлаждения гиперзвуковых самолетов. Сегодня развивается направление исследований по гиперзвуковым самолетам, для которых альтернативного топлива, кроме водорода, нет. Уже сейчас испытывается экспериментальный самолет на водородном топливе, летающий со скоростью 5 махов.

В авиации реализуются различные пути применения водорода. В основном энергию получают сжиганием водорода, а также путем использования в топливных элементах, что позволяет решить проблему электрического самолета. На данном этапе применяются гибридные топлива. Применение водорода в авиации связано также с экологической эффективностью последнего. Оценки не- CO_2 выбросов показывают, что сжигание водорода может снизить воздействие на кли-

мат в полете на 50–75 %, а двигатель на топливных элементах – на 75–90 %. Для сравнения, для синтетического топлива этот показатель составляет от 30 до 60 %. Для достижения поставленной цели – снижения климатического воздействия выбросов от самолета – необходим прорыв в нескольких технологиях: повысить общую эффективность за счет использования более легких баков (достигнуть показателя 12 кВтч/кг), за счет применения топливных элементов с удельной мощностью 2 кВт/кг (включая охлаждение), использовать жидкий водород (LH₂), хранимый внутри самолета, разработать турбины, способные сжигать водород с низким содержанием выбросов оксидов азота, а также разработать эффективные технологии заправки топливом, обеспечивающие скорость заправки, сравнимую с таковой при заправке керосином [4, 5].

Отдельно следует рассмотреть проблему выбросов оксидов азота, водяного пара и образование конденсационного следа. В таблице 1 показано влияние каждого из перечисленных выбросов через отношение к такому же влиянию того же количества углекислого газа.

Таблица 1 – Максимальные значения выбросов

Топливо	В процентах				
	Углекислый газ	Оксиды азота	Водяной пар	Конденсационный след	Суммарный эффект
Керосин	100	150	15	150	415
Синтетическое топливо	0	150	15	135	300
Сжигание водорода	0	75	40	105	220
Водородный топливный элемент	0	0	40	60	100

На данный момент разработаны эффективные методы получения синтез-газа – смеси СО и водорода. Поэтому большие усилия концентрируются на разработке эффективных методов выделения водорода из синтез-газа.

Водород как топливо имеет перспективы на транспорте, прежде всего на автомобильном и в авиации, в связи со своей топливной, экономической, экологической эффективностью, многофункциональностью в применении, относительной простотой получения. Особенно эффективным может оказаться водород при использовании в дирижаблях. В ближайшем будущем водород может оказаться востребованным как топливо для двигателей больших океанских судов, дающих большие выбросы СО₂. Отработаны правила безопасного обращения с водородом. Дело за созданием соответствующей инфраструктуры. Уже существует множество экспериментальных автомобилей и самолетов, использующих водород в различных вариантах. Помимо этого, его можно считать возобновляемым источником энергии. Совмещение функций техники при использовании водорода представляется наиболее экономически выгодным путем его использования.

Список литературы

- 1 Brewer, G. D. Hydrogen aircraft technology / G. D. Brewer. – Boca Raton : CRC Press Int, 1991. – 431 p.
- 2 Кирилин, А. Н. Дирижабли / А. Н. Кирилин. – М. : МАИ-Принт, 2013. – 415 с.
- 3 Бойко, Ю. С. Голубая мечта столетий / Ю. С. Бойко, В. А. Турьян. – М. : Машиностроение, 1991. – 128 с.
- 4 Hydrogen-powered aviation A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2020. – 96 p.
- 5 Handbook of alternative fuel technologies / ed. by: S. Lee, J. G. Speight, S. J. Loyalka. – 2nd ed. – Boca Raton : CRC Press, 2015. – 650 p.

УДК 551.461

АТМОСФЕРА: МОДЕЛИ И СТАНДАРТЫ ДЛЯ АВИАЦИИ

А. И. КИРИЛЕНКО, А. И. ЛИСТОПАД

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Атмосфера – это ресурс. На этот ресурс много потребителей. Свойства и характеристики этого ресурса определяют правила его эксплуатации и требования к технике, посредством которой она

взаимодействует с ресурсом. Любая техническая эксплуатация предусматривает соблюдение определенных правил – стандартов. Атмосфера – сложная система, неоднородная и нестационарная среда, то есть ее характеристики зависят как от координат, так и от времени. Наличие ветра, восходящих потоков, струйных течений делают эту среду еще и анизотропной. Состояние атмосферы – погода – влияет на все виды транспорта в той или иной мере. Однако это влияние наиболее значительно для авиации.

Самые грубые модели атмосферы – физико-математические. Их достоинство в том, что они позволяют детально исследовать некую гипотетическую атмосферу. Исторически первой была модель изотермической атмосферы. Ее результат – барометрическая формула, построенная на модели идеального газа. Она была существенно усовершенствована Лапласом, но практического значения не имела. Вторая модель содержала учет того факта, что в нижней атмосфере температура падает с высотой по линейному закону. Модель справедливо для не очень больших высот. Третья модель – это адиабатическая атмосфера, для которой показатель адиабаты принят постоянной величиной. Все эти модели и результаты расчетов по ним пригодны лишь для учебного процесса. Никаких усовершенствований этих моделей никогда не предпринималось.

Вместо этого на основе метеорологических, аэрологических наблюдений, наблюдений за состоянием Солнца и за его изучениями был построен международный стандарт МС и СО 2533, устанавливающий значения следующих характеристик атмосферы: температуры, давления, плотности, скорости звука, динамической и кинематической вязкости, теплопроводности, высоты однородной атмосферы, концентрации частиц, средней скорости частиц, частоты соударений молекул, средней длины свободного пробега молекул для высот от –2 км до +80 км. Некоторые параметры устанавливаются для высот вплоть до 1200 км. В этом стандарте ускорение свободного падения взято для широты 45°32'33". Принятые параметры соответствуют среднему уровню солнечной активности, а вертикальный профиль температуры аппроксимируется кусочно-линейной функцией в диапазоне высот от –2 км до +32 км. Этот стандарт рассчитан на более широкий круг потребителей, чем авиация, однако не применяется для расчетов влияния разреженной атмосферы на движение искусственных спутников Земли. Как видно, в этом стандарте не нормируется метеорологическая дальность видимости, важная для авиации, характеристики колебаний магнитного поля Земли, важные для космонавтики и прочее. Эти параметры отслеживаются по месту, также существует классификация аэродромов по категориям. Воздушные суда с прогнозом погоды получают заблаговременную информацию о магнитных бурях, которые могут вызвать нарушения навигации и связи. Гражданскую авиацию интересует в основном информация о состоянии атмосферы до высот 11 км. На больших высотах всё сильнее проявляются временные колебания параметров атмосферы.

Спутники, суперкомпьютеры и глобальная сеть метеорологических станций обеспечили более надежный краткосрочный прогноз состояния атмосферы, но он абсолютно непригоден в долгосрочном плане. Поэтому (помимо международной стандартной) атмосферой ISA, которая представляет модель средней атмосферы, применяются стандартная атмосфера NASA, используемая в аэрокосмической сфере, и стандартная атмосфера ICAO, разработанная на основе ISA, но учитывающая особенности высотной и горной атмосфер. Применяется также модификация ISA – стандартная атмосфера AIAA, учитывающая уточнение данных по высотным параметрам атмосферы и более сложные зависимости между ними.

Таким образом, существующих моделей и стандартов атмосферы недостаточно прежде всего потому, что появляются новые типы воздушных судов (дирижабли, беспилотники), которые взаимодействуют с атмосферой не так, как самолеты. Кроме того, осваиваются большие высоты, например, для полетов гиперзвуковых объектов.

Следует отметить еще одну фундаментальную особенность атмосферных процессов. Даже малая концентрация примесей в атмосфере на уровне 10^{-8} – 10^{-7} способна заметно изменять ее оптические свойства и уже через них оказывать воздействие на климат, то есть весьма малые изменения состава атмосферы сильно влияют на ее состояние. Поскольку антропогенное воздействие на атмосферу, прямое и опосредованное, возрастает, то возрастают количество и сила непредсказуемых ее изменений. В настоящее время на первый план выходят исследования тех слоев атмосферы, которые называются «кухней погоды». Поэтому становится перспективным новое направление – мюонная диагностика. Мюоны возникают в результате взаимодействия первичного космического излучения с ядрами атомов атмосферных газов на высотах 15–20 км, и их поток на земле составляет

~ 100 частиц / (м²·с). Интенсивность потока зависит от давления на уровне наблюдения и высотного профиля температуры. Таким образом, появляется возможность заранее предсказать грозы и магнитные бури по распределению потоков этих частиц. Впервые появилась возможность прогнозировать такое грозное для авиации явление, как турбулентность ясного неба – причину многих авиационных происшествий.

Обратимся к существующей практике и проанализируем качество стандартов. Требуются непрерывные наблюдения и исследования в полетах в реальных условиях. Несмотря на все сложности для сравнения показаний приборов и датчиков, данных летных испытаний и наблюдений, результатов теоретических расчетов, геофизических и метеорологических факторов, необходимо иметь модель атмосферы, которая не зависит от времени суток и года, от места испытаний или полетов. Именно для этих целей разработаны модели стандартной атмосферы. Данные модели не претендуют на универсальность. Известно множество случаев, когда погодные условия делали невозможным не только полет, но даже взлет самолета. При высокой температуре, безветрии и низком давлении тяжелый лайнер не смог взлететь (Англия, 02.08.2018). Простой расчет показывает, что причина в снижении плотности воздуха в сравнении со стандартом. Для давления возьмем $p = 715$ мм рт. ст., $T = 308$ К. В этих условиях плотность воздуха $\rho_0 = 0,891$. Итак, плотность воздуха снизилась на 11 %. Настолько же снизится и подъемная сила. Это изменение – существенная величина, влияющая на экономичность перевозок. Кроме того, следует учесть снижение тяги реактивного двигателя при повышении температуры и снижении давления. Таким образом, самые неблагоприятные условия для взлета – низкое давление и высокая температура. При повышении температуры окружающего воздуха длина разбега самолета увеличивается, а при понижении – уменьшается. Расчетом можно показать, что при повышении температуры на 10 К, что совсем не много, разбег увеличивается на 12–13 %, а при таком же понижении уменьшается на 8–10 % при тех же частотах вращения турбины турбореактивного двигателя. Заранее предсказать такие изменения состояния атмосферы бывает затруднительно. Условия взлета-посадки могут быть скорректированы, чего нельзя сказать об условиях полета на дальние расстояния. Конечно, существуют стандарты на состояние атмосферы в полярную ночь и в полярный день, но обеспечить безопасность полетов на значительные расстояния они не могут.

Существует стандарт МС ИСО 5878 на так называемые справочные атмосферы, которые описывают вертикальное распределение температуры, давления и плотности для пяти географических широт φ : тропическая ($\varphi = 15^\circ$), субтропическая ($\varphi = 30^\circ$), среднеширотная ($\varphi = 45^\circ$), субарктическая ($\varphi = 60^\circ$) и арктическая ($\varphi = 80^\circ$). Итак, стандарты на состояние атмосферы составляются для отдельных регионов и для определенных времен года на основе некоторых средних значений давления, плотности и температуры. Усреднения проводятся в основном по данным наблюдений. Однако условия реальных полетов даже в отмеченных условиях могут значительно отличаться.

Список литературы

- 1 Баранов, А. М. Авиационная метеорология и метеорологическое обеспечение полетов / А. М. Баранов, Г. П. Лещенко, Л. Ю. Белоусова. – М. : Транспорт, 1993.
- 2 ГОСТ 18452–73. Океанология. Уровень моря. Термины и определения. – М. : Госстандарт СССР, 1973. – 5 с.
- 3 ГОСТ 4401–81. Межгосударственный стандарт. Атмосфера стандартная. Госстандарт СССР, 1981. – 17 с.

УДК 539.3+51-74; 622.83

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ОТ ГЛУБИНЫ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ДО ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Н. М. КЛИМКОВИЧ, М. А. НИКОЛАЙЧИК, М. А. ЖУРАВКОВ
Белорусский государственный университет, г. Минск

На сегодня определение напряженно-деформированного состояния (НДС) породного массива по всей его высоте, т. е. от глубины ведения горных работ до дневной поверхности, представляет

собой одну из актуальных задач геомеханики. Основным результатом решения подобного класса задач является корректное определение размеров зон вредного влияния горных работ на породный массив по всей его высоте, которые, в свою очередь, используются для определения безопасных расстояний между участками ведения горных работ и геотехническими сооружениями (шахтные стволы, подземные сооружения и наземные объекты и т. д.).

При ведении горных работ с целью обеспечения безопасной эксплуатации подземных и наземных сооружений оставляют нетронутыми некоторые участки массива, называемые охранными целиками. Размеры целиков определяются протяженностью зон вредного влияния горных работ на породный массив, которые вычисляются в соответствии с инженерными методиками. Величина зон вредного влияния горных работ на массив, как показывают результаты натуральных наблюдений, являются значительно завышенными. Во многом это связано с тем, что инженерные методики, применяемые при определении размеров зон вредного влияния горных работ на массив горных пород, не учитывают ряд важных факторов, таких как физико-механические свойства горных пород, особенности изменения горного давления в эффективных слоях породного массива и многие другие.

Таким образом, корректное определение НДС массива горных пород, и, как следствие, более точное определение размеров зон вредного влияния горных работ на породный массив может позволить уменьшить размеры охранных целиков, что предоставит возможность уменьшения количества оставляемых в недрах полезных ископаемых.

В настоящее время, при решении подобного класса задач широко используются различные численные методы и их комбинации. Данные численные методы подразделяются на 2 группы: методы, базируемые на принципах механики сплошных сред (например, метод конечных элементов (МКЭ)) и методы, базируемые на принципах механики дискретных сред (например, метод дискретных элементов (МДЭ) и метод блочных элементов (МБЭ)). Методы из первой группы хорошо подходят для исследования НДС в тех участках породного массива, в которых не наблюдается нарушения сплошности массива [1], из второй группы – для исследования НДС в участках с нарушением сплошности массива [2]. Часто, чтобы нивелировать недостатки каждой из групп численных методов, применяются их комбинации (сопряжения). Среди всех комбинаций при решении данного класса задач наибольшее распространение получило сопряжение МКЭ-МДЭ [3, 4].

Целью представленного исследования являлось компьютерное численное моделирование НДС массива горных пород по всей его высоте при отработке большими площадями. При моделировании, массив горных пород рассматривался в соответствии с упругопластической моделью Кулона – Мора [5]. Полученные результаты верифицировались по данным натуральных наблюдений за оседаниями дневной поверхности над участками ведения очистных работ.

На начальном этапе была разработана геомеханическая модель породного массива, НДС которого определялось на базе МКЭ с введенными упругими блочными элементами. Особенность данного метода заключается в том, что решения для участков породного массива, в которых не наблюдается нарушения сплошности, вычисляется на базе МКЭ, а в зонах нарушения сплошности (зоны трещиноватости и разрушения) – с помощью вводимых упругих блочных элементов. Область формирования блочных структур в массиве горных пород, в свою очередь, определялась по критерию максимальных сжимающих напряжений и критерию пластичности Кулона – Мора.

С помощью данной модификации было получено решение для двумерного упругопластического массива, горные работы в котором велись на трех различных глубинах (600, 800 и 1000 м) [6]. По результатам исследования было получено, что граничные углы в эффективных слоях породного массива, с увеличением глубины ведения горных работ, значительно отличаются от тех, что были рассчитаны согласно инженерной методике. Также было получено, что граничные углы в эффективных слоях изменяются нелинейно и, при увеличении глубины, зона вредного влияния горных работ на породный массив начинает приобретать куполообразную форму.

В дальнейшем решалась задача нахождения НДС трехмерного упругопластического породного массива с шахтным стволом при ведении горных работ в его окрестности [7]. Целью данной задачи является определение влияния горных работ на состояние бетонной крепи шахтного ствола при уменьшении расстояния между ними. По результатам моделирования было получено, что при определенном расположении шахтного ствола в зоне вредного влияния горных работ потери несущей способности бетонной крепи не наблюдается. В соответствии с полученными результатами численного моделирования можно утверждать, что размер зоны вредного влияния горных работ на

массив не является абсолютным показателем при определении размеров охранных целиков между шахтными стволами и участками ведения горных работ на больших глубинах. Данное обстоятельство, в совокупности с полученным ранее результатом, указывающим на то, что зона вредного влияния с увеличением глубины ведения горных работ начинает приобретать куполообразную форму, говорит о потенциальной возможности уменьшения протяженности охранных целиков.

Таким образом, в данном исследовании была разработана механико-математическая модель, позволяющая определять НДС упругопластического породного массива по всей его высоте при ведении горных работ большими площадями. Решения представленных модельных задач были получены с помощью модификации метода конечных элементов путем введения блочных упругих элементов в те участки породного массива, в которых наблюдается нарушение его сплошности. Полученные результаты позволяют корректно определять размеры зон вредного влияния горных работ на породный массив, что, в свою очередь, может быть использовано при уточнении размеров охранных целиков под геотехнические объекты.

Список литературы

- 1 Analysis of the surface subsidence induced by mining near-surface thick lead-zinc deposit based on numerical simulation. Processes / Y. Zhao [et al.]. – 2021. – Vol. 9. – P. 1–22.
- 2 Numerical simulation of surface subsidence and backfill material movement induced by underground mining / X. Li [et al.] // Advances in Civil Engineering. – 2019. – Vol. 815. – P. 1–17.
- 3 Numerical analysis of the dynamic evolution of mining-induced stresses and fractures in multilayered rock strata using continuum-based discrete element methods / Y. Ju [et al.] // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2019. – Vol. 113. – P. 191–210.
- 4 **Гову В.-В.** Relationship between surface subsidence factor and mining depth of strip pillar mining / W.-B. Gou, Q.-L. Hou, Y.-F. Zou // Transactions of Nonferrous Metal Society of China. – 2011. – Vol. 21. – P. 594–598.
- 5 **Пронкевич, С. А.** Модели грунтов и горных пород при конечно элементном моделировании. Теоретическая и прикладная механика / С. А. Пронкевич, М. Ю. Шпургалова. – 2018. – Вып. 33. – С. 185–192.
- 6 **Журавков, М. А.** Моделирование геомеханического состояния породного массива при отработке подземного пространства большими площадями / М. А. Журавков, М. А. Николайчик, Н. М. Климович // Механика машин, механизмов и материалов. – 2022. – № 4. – С. 97–104.
- 7 **Журавков, М. А.** Модифицированный алгоритм МКЭ с введением блочных упругих элементов моделирования геомеханического состояния подработанного породного массива / М. А. Журавков, М. А. Николайчик, Н. М. Климович // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2023. – № 3. – С. 3–12.

УДК 539.3

НАГРУЖЕНИЕ СЭНДВИЧ-ПЛАСТИНЫ НА ОСНОВАНИИ ПАСТЕРНАКА ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А. Г. КОЗЕЛ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время широко применяются в транспортном и строительном комплексах сэндвич-пластины. При их создании сочетают компоненты, обладающие различными физическими и/или химическими свойствами. Это позволяет получать относительно легкие элементы конструкций, детали машин и механизмов, обладающие высокими прочностными и жесткостными характеристиками, а также способные противостоять возникающим при эксплуатации негативным воздействиям.

Несмотря на то, что основы теории расчета многослойных конструкций были заложены ещё в прошлом столетии [1], разработка методов расчета, адекватно описывающих поведение сэндвич-пластин под нагрузкой, и сейчас актуальна. Деформирование упругого трехслойного стержня в температурном поле исследовано в статье [2]. Изгиб упругой кольцевой композитной пластины с легким наполнителем, покоящейся на упругом основании модели Винклера, рассмотрен в работе [3]. Сравнительный анализ моделей Винклера и Пастернака на примере трехслойных круговых пластин показал необходимость применения двухпараметрической модели Пастернака для описания реакции основания [4].

В работе рассмотрен изгиб сэндвич-пластины, связанной с упругим основанием, при термосиловом воздействии.

Сэндвич-пластина состоит из трех слоев. Для внешних несущих слоев справедливы гипотезы Кирхгофа. В промежуточном толстом слое (заполнителе) используется гипотеза Тимошенко. Несущие слои воспринимают основную нагрузку, наполнитель удерживает их на определенном расстоянии и обеспечивает совместную работу всего пакета. Постановка задачи и ее решение проводятся в цилиндрической системе координат. За искомые величины приняты: прогиб пластины, относительный сдвиг в наполнителе, радиальное перемещение координатной плоскости. Связь реакции основания и прогиба принимается согласно модели Пастернака.

Деформирование сэндвич-пластины может происходить как под действием силовой осесимметричной нагрузки, так и стационарного температурного поля. Распределение температуры по толщине трехслойного пакета считается известным [5], изменение упругих характеристик материалов несущих слоев принимается в соответствии с формулой Белла [6]. Получена система дифференциальных уравнений равновесия и её решение, а также проведен численный параметрический анализ зависимости напряженно-деформированного состояния трехслойного пакета от температурного и силового воздействий, параметров сжатия и сдвига основания.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (проект № T22M-072).

Список литературы

- 1 Болотин, В. В. Механика многослойных конструкций / В. В. Болотин, Ю. Н. Новичков. – М. : Машиностроение, 1980. – 375 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойного стержня в температурном поле / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2013. – № 1 (22). – С. 31–35.
- 3 Старовойтов, Э. И. Деформирование локальными нагрузками композитной пластины на упругом основании / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, М. Сулейман // Механика композитных материалов. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 109–120.
- 4 Козел, А. Г. Сравнение решений задач изгиба трехслойных пластин на основаниях Винклера и Пастернака / А. Г. Козел // Механика машин, механизмов и материалов. – 2021. – № 1 (54). – С. 30–37.
- 5 Козел, А. Г. Термоупругий изгиб круговой трехслойной пластины, связанной с основанием Пастернака / А. Г. Козел // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – № 2 (51). – С. 31–37.
- 6 Белл, Дж. Ф. Экспериментальные основы механики деформируемых тел : в 2 ч. / Дж. Ф. Белл. – М. : Наука, 1984. – 1027 с.

УДК 536.24

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*С. А. КОЛЕСНИК, А. С. НОВИКОВ, Н. А. ТУШАВИН
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

Для увеличения мощности перспективных двигателей необходимо увеличивать температуру и давление рабочего тела, что входит в противоречие с жесткими требованиями по прочности элементов конструкций, таких как камеры сгорания, лопатки турбин и др. Для охлаждения таких элементов конструкций применяются различные системы охлаждения воздухом, отбираемым от компрессора: конвективное охлаждение внутренних поверхностей, не соприкасающихся с высокотемпературным газовым потоком; пористое охлаждение; охлаждение вдувом через организованные перфорации и т. п. При проектировании различных систем охлаждения остро встает вопрос эффективности охлаждения при компромиссном удовлетворении различных характеристик систем охлаждения: максимального теплосъема охладителем при минимальном его расходе и минимальных гидравлических потерях давления, а также минимальных потерях импульса газодинамического потока при вдуве в него охладителя и, следовательно, минимальных потерях прочности.

В последнее время появилось направление разработки систем охлаждения на основе составных проницаемых оболочек (СПО), представляющих собой многослойную конструкцию с большим количеством каналов для прохождения охладителя (воздуха) и каналов для вдува охладителя в высо-

котемпературный газодинамический поток [1–3]. По эффективности охлаждения СПО находятся между пористым охлаждением и перфорационным.

В работе предложена физико-математическая модель по определению параметров сопряжённого теплообмена между вязкими газодинамическими течениями и охлаждаемыми элементами конструкций ракетных двигателей, изготовленных с помощью технологии составных проницаемых оболочек. Математическая модель включает в себя уравнения динамического и теплового пограничных слоев, трехмерное уравнение нестационарной теплопроводности в охлаждаемых элементах, сложное гидравлическое течение. Предложен новый абсолютно устойчивый и экономичный метод численного решения пространственных нестационарных задач теплопереноса в многосвязных областях, который показывает эффективность охлаждения при использовании технологии составных проницаемых оболочек со вдувом по сравнению с традиционным способом охлаждения конвекцией.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ (проект № 22-19-00419).

Список литературы

- 1 Helms, H. E. Stoichiometric gas turbines development problems / H. E. Helms // The Intern. Symposium on Air Breathing Engines. – Marseille, France. – June, 1972. – P. 19–23.
- 2 Design and Preliminary Results of a Semi Transpiration Cooled (Lomilloy) Liner for a High – Pressure, High-Temperature Combustor / J. D. [et al.] // Wear AIAA., 1978. – No. 997.
- 3 **Формалев, В. Ф.** Методика, алгоритм и программный комплекс по определению теплового состояния охлаждаемых микро ракетных двигателей / В. Ф. Формалев, С. А. Колесник // Труды МАИ. – 2014. – № 78. – <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=53710>.

УДК 536.24

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУМЕРНОЙ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

*С. А. КОЛЕСНИК, Е. М. СТИФЕЕВ, Н. А. ТУШАВИН
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация*

В прямых задачах механики сплошных сред, в том числе в задачах теплопроводности, математическая модель связывает причину (начальные и граничные условия, коэффициенты, уравнения) с результатом (тепловые потоки, температурные поля и т. д.) [1–4].

В обратных задачах, наоборот, по результату определяют причины, которые обычно не могут быть описаны математическими моделями, что делает их часто некорректными. В таких задачах причинные характеристики определяются на основе экспериментальных данных, которые используют прямые математические модели и методы решения обратных задач.

Если на основе этих экспериментальных данных, таких как пространственно-временное распределение температур, восстанавливаются начальные условия, то такая обратная задача называется ретроспективной. Если по этим экспериментальным данным – пространственно-временному распределению температур – восстанавливаются начальные условия, то обратная задача называется ретроспективной.

В данной работе описан эффективный способ ускорения численного решения обратной ретроспективной задачи теплопроводности в прямоугольнике с помощью использования графических процессоров:

$$\begin{cases} u_t = a^2 u_{xx} + b^2 u_{yy} + f(x, y, t), & x \in [0, l_x], y \in [0, l_y], t > 0, \\ u(x, y, 0) = \varphi(x, y), & t = 0, \\ u_x(0, y, t) + h_1 u(0, y, t) = f_1(y, t), & x = 0, \\ u_x(l_x, y, t) + h_2 u(l_x, y, t) = f_2(y, t), & x = l_x, \\ u_y(x, 0, t) + h_3 u(x, 0, t) = f_3(x, t), & y = 0, \\ u_y(x, l_y, t) + h_4 u(x, l_y, t) = f_4(x, t), & y = l_y. \end{cases} \quad (1)$$

В задаче (1) требуется определить неизвестное начальное условие по известным температурным наблюдениям: $u(x_i, y_j, t_k) = u_{ijk}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, k = \overline{1, K}$.

Решение построено с использованием следующих методов: метод параметрической идентификации с использованием двумерных линейно-непрерывными базисных функций, триангуляция области, метод переменных направлений, минимизация функционала невязки, регуляризация Тихонова, невязный градиентный спуск, параллельный блочный алгоритм прогонки, решётчатый поиск параметра регуляризации.

Разработаны алгоритм и программный комплекс, проведены вычислительные эксперименты по восстановлению начального условия описанной выше задачи. Показано, что использование графических процессоров позволяет быстрее выполнять вычисления «узких» по производительности мест в сравнении обычными многопроцессорными системами даже с учётом времени, затраченного на копирование данных между устройствами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 22-19-00420).

Список литературы

- 1 **Формалёв, В. Ф.** Математическое моделирование сопряжённого теплопереноса между вязкими газодинамическими течениями и анизотропными телами / В. Ф. Формалёв, С. А. Колесник. – М. : ЛЕНАНД, 2019. – 320 с.
- 2 **Колесник, С. А.** Метод идентификации нелинейных компонентов тензора теплопроводности анизотропных материалов / С. А. Колесник // Математическое моделирование. – 2014. – Т. 26, № 2. – С. 119–132.
- 3 **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.
- 4 **Формалёв, В. Ф.** Моделирование сопряженного тепло-обмена в пакетах малогабаритных плоских газодинамических сопел с охлаждением / В. Ф. Формалёв, С. А. Колесник, Е. Л. Кузнецова // Теплофизика высоких температур. – 2015. – Т. 53, № 5. – С. 735.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ С ВИСКЕРИЗОВАННЫМИ ВОЛОКНАМИ

Г. И. КРИВЕНЬ, А. А. ОРЕХОВ

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

В работе исследуется устойчивость модифицированных композитов, армированных волокнами с «выращенными» на их поверхности вискерсами (микро-наноструктурами) [1–5]. Отработаны аналитические и численные решения по оценке физико-механических свойств модифицированных композитов, методики проектирования и рационального выбора параметров для реализации высоких демпфирующих динамических характеристик одновременно с высокой локальной устойчивостью элементов структуры при сжатии.

На различных масштабных уровнях исследована устойчивость модифицированных композитов с возможным искривлением волокон под действием сжимающих нагрузок и влияние характеристик межфазного слоя на процесс локальной потери устойчивости.

Показано, что межфазный слой с регулируемой жесткостью позволяет не только повысить прочность, жесткость и демпфирующие свойства композита в целом (за счет повышения трансверсальной прочности), но и при одной и той же объемной доле армирующих волокон (для классического композита армирующим элементом выступает волокно, а для рассматриваемого модифицированного композита – волокно с выращенными на его поверхности наноструктурами) позволяет добиться существенно большей локальной устойчивости, определяющей характерный тип микроповреждений при сжатии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых - кандидатов наук МК-3607.2022.1.1

Список литературы

- 1 Grafting straight carbon nanotubes radially onto carbon fibers and their effect on the mechanical properties of carbon/carbon composites / Q. Song [et al.] // Carbon. – 2012. – Vol. 50. – P. 3943–3960.

2 In-terfacial shearing strength and reinforcing mechanisms of an epoxy composite reinforced using a carbon nanotube/carbon fiber hybrid / Fu-Hua Zhang [et al.] // Journal of Material Science. – 2019. – Vol. 2009, no. 13. – P. 3574–3577.

3 On remarkable loss amplification mechanism in filled and layered composite materials / S. Lurie [et al.] // Applied Composite Materials. – Vol. 21, is. 1. – P. 179–196.

4 Strength, stiffness, and damping properties of whiskerized fiber composites with longitudinal shear / G. I. Kriven // Composites: Mechanics, Computations, Applications (12:4) 1–22.

5 **Кривень, Г. И.** Оценка демпфирующих свойств композитов / Г. И. Кривень // Труды МАИ. – 2022. – Вып. 127.

УДК 539.3

ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ С ВИСКЕРСАМИ, ВЫРАЩЕННЫМИ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНО ПОВЕРХНОСТИ ВОЛОКНА

Г. И. КРИВЕНЬ, Е. С. РЫЖОВА

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Исследование и оптимизация теплопроводных свойств композитных материалов с вискерами, выращенными на поверхности волокон, имеют важное значение в различных областях, особенно при решении задач, связанных с эффективным рассеиванием тепла. В последние годы внимание исследователей сосредотачивается на улучшении механических характеристик композитов путем внедрения функциональных волокон с вискерами, которые выращены перпендикулярно поверхности основных волокон. Эта модификация композитов способствует существенному улучшению их тепловых свойств.

В современных технологиях разработки волокнистых композитов активно применяются вискеры – наноструктуры, выращенные на поверхности волокон. В роли таких вискерсов могут выступать, например, углеродные нанотрубки (УНТ), такие волокна иногда называют «Фуззи». Улучшение свойств композитов зависит от характеристик вискерсов, выращенных на поверхности волокна, что делает эту волокнистую систему функциональной. Исследования [1–3] показали, что модификация поверхности волокна УНТ может привести к созданию композитов с улучшенными жесткостными, прочностными и демпфирующими свойствами.

Оценка эффективных свойств и моделирование теплопроводности волокнистых композитов с вискерами играют ключевую роль в прогнозировании и оптимизации их характеристик. Такие композиты обычно состоят из трех фаз: волокна, вискеризованного межфазного слоя и матрицы [4]. Волокно обеспечивает механическое усиление и одновременно служит для передачи тепла. Вискеризованный межфазный слой выполняет функцию связующего агента между волокном и матрицей, что повышает эффективность передачи нагрузки и снижает концентрацию напряжений [5].

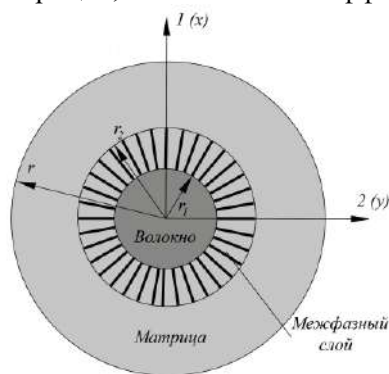


Рисунок 1 – Структура модифицированного композитного материала с вискеризованными волокнами

Исследования [6–8] указывают на то, что включение углеродных нанотрубок в небольших количествах может существенно увеличить теплопроводность композита. Это позволяет преобразовать полимерные композиты в проводящие материалы, что делает их многофункциональными. Размеры и характеристики волокон, а также их ориентация, объемная доля и расположение в композите, толщина межфазного слоя – все эти параметры играют важную роль в определении теплопроводности модифицированных композитов с вискерами [1, 5, 9, 10].

Целью данной работы является определение влияния объемного содержания вискерсов, толщины межфазного слоя и объемного содержания модифицированных волокон на эффективный коэффициент теплопроводности.

На рисунке 1 изображена структура исследуемого модифицированного композитного материала, который содержит вискеризованные волокна. Вискеризованный межфазный слой представляет собой нанокompозит, состоящий из вискерсов и матрицы.

При исследовании теплопроводности модифицированных композитов с волокнами мы предполагаем определенную структуру композита. Конкретно мы рассматриваем композит с трансверсально-изотропной структурой, где плоскость изотропии перпендикулярна направлению волокон. Волокно и матрица считаются изотропными материалами. Вискеризованный межфазный слой рассматривается как трансверсально-изотропный материал с плоскостью изотропии, перпендикулярной к вискерсам.

Для определения эффективного коэффициента теплопроводности модифицированного композита мы используем двухэтапную процедуру гомогенизации.

На первом этапе мы определяем эффективный коэффициент теплопроводности вискеризованного слоя. Используется полидисперсная модель среды с цилиндрическими включениями для расчета эффективного коэффициента теплопроводности. После определения эффективного коэффициента теплопроводности вискеризованного межфазного слоя мы находим эффективный коэффициент теплопроводности волокнистого композита с использованием расширенной полидисперсной модели среды с цилиндрическими включениями, адаптированной для многофазных сред.

Далее проводится сравнительная оценка эффективных коэффициентов теплопроводности модифицированных композитов с вискеризованными волокнами и аналогичных классических композитов. Это позволяет оценить влияние вискерсов на теплопроводность композита и определить, какие модификации способствуют улучшению теплопроводных свойств материала.

В результате исследования влияния объемного содержания модифицированного волокна, объемной концентрации вискерсов и толщины вискеризованного межфазного слоя на эффективный коэффициент теплопроводности модифицированного композита с вискеризованными волокнами было установлено, что увеличение эффективного коэффициента теплопроводности достигается за счет увеличения объемного содержания вискерсов в вискеризованном межфазном слое и увеличения объемного содержания включения – модифицированного волокна. Кроме того, установлено, что в случае модификации композита углеродными нанотрубками, выращенными перпендикулярно поверхности волокна, возможно управление эффективным коэффициентом теплопроводности в относительно широком диапазоне.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-3607.2022.1.1.

Список литературы

- 1 Лурье, С. А. О прочности модифицированного композита с вискеризованными волокнами / С. А. Лурье, Г. И. Кривень, Л. Н. Рабинский // Композиты и наноструктуры. – 2019. – Т. 11, No. 1. – С. 1–15.
- 2 Strength, stiffness, and damping properties of whiskerized fiber composites with longitudinal shear / G. I. Kriven [et al.] // Composites: Mechanics, Computations, Applications this link is disabled. – 2021. – 12 (4). – P. 1–22.
- 3 Кривень, Г. И. Оценка демпфирующих свойств композитов / Г. И. Кривень // Труды МАИ. – 2022. – Вып. 127.
- 4 Microstructure of Directionally Modified SiC Whisker C/SiC Composites Prepared With LA-CVI Technique. / J. Wang [et al.] // Frontiers in Materials. – 2020. – Vol. 7. – <https://doi.org/10.3389/fmats.2020.00155>.
- 5 Synthesis and Characterization of SiC@SiO₂/BN/PI Composites by in-situ Polymerization. / G. Jiming [et al.] // Journal of Inorganic Materials. – 2021. – Vol. 36, no. 1. – P. 36. – <https://doi.org/10.15541/jim20200360>.
- 6 Carbon nanotube composites for thermal management / M. J. Biercuk [et al.] // Appl Phys Lett. – 2002. – Vol. 80, no. 15. – P. 2767–2769.
- 7 Thermal properties and percolation in carbon nanotube–polymer composites / P. Bonnet [et al.] // Appl Phys Lett. – 2007. – No. 91. – P. 201910.
- 8 Enhanced thermal conductivity of carbon fiber/phenolic resin composites by the introduction of carbon nanotubes / Y. A. Kim [et al.] // Appl Phys Lett. – 2007. – No. 90. – P. 093125.
- 9 Improvement the Flame Retardancy and thermal Conductivity of Epoxy Composites via Melamine Polyphosphate-Modified Carbon Nanotubes / X. Shi [et al.] // Polymers. – Vol. 14, no. 15. – 2022. – P. 3091. – <https://doi.org/10.3390/polym14153091>.
- 10 Epoxy/melamine polyphosphate modified silicon carbide composites: Thermal conductivity and flame retardancy analyses / X. Shi [et al.] // E-Polymers. – Vol. 22, no. 1. – 2022. – P. 742–751. – <https://doi.org/10.1515/epoly-2022-0070>.

УДК 539.3

МЕТОДЫ ОЦЕНОК МОДУЛЯ ПОТЕРЬ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИТА

Г. И. КРИВЕНЬ, Д. С. ШАВЕЛКИН

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Композиты, армированные волокнами, обеспечивают более высокое материальное затухание, чем наиболее распространенные металлы. Это связано в первую очередь с наличием вязкоупругого

материала – полимерной матрицы, но также высокое материальное затухание может быть достигнуто и за счет включения тонкого вязкоупругого слоя между волокном и матрицей [1, 2]. В вязкоупругом слое между волокном и матрицей реализуется интенсивная диссипация энергии за счет высокого уровня сдвиговых деформаций на границе включения и матрицы. Демпфирующие свойства композитных структур широко изучались в работах [3–5].

Исследуется пассивное демпфирование волокнистого композита, связанное с перестройкой внутренней структуры материала. Для этого используется метод вязкоупругой аналогии, согласно которому свойства вязкоупругого материала задаются комплексными величинами. Для исследования модуля потерь определяются эффективные свойства композита с применением различных методов.

Метод Рейсса является одним из самых простых методов определения свойств композитных материалов как двухфазным, так и многофазным. Осреднение по методу Рейсса является решением для композита, подвергнутого постоянной деформации и постоянному напряжению. На полученный по этому методу результат влияет объемная доля включения и свойства материалов, входящих в состав композита.

Метод трех фаз основан на полидисперсной модели и методе самосогласования (эффективного поля), и построен, чтобы получить точное решение для эффективного модуля сдвига [6]. Модель впервые была предложена Кристенсеном для сферических и цилиндрических (волокнистых) композитов. Идея этого метода основана на рассмотрении трехфазного материала. При проведении осреднения по формуле Эшелби рассматривается задача о симметричной ячейке из трех фаз. Первая и вторая фазы являются соответственно включением и матрицей, обладающими модулями упругости включения и матрицы. Модуль упругости третьей фазы считается равным эффективному модулю упругости эффективного однородного материала и является искомой величиной.

Волокнистый композит, образованный волокном, вязкоупругим межфазным слоем и матрицей, у которого физические свойства волокна и матрицы равны между собой, рассмотрен отдельно как слоистый композит и как композит с цилиндрическим включением. Такой волокнистый композит подвергается двум видам нагружения: чистому сдвигу вдоль волокна и чистому сдвигу поперек волокна.

Ввиду того, что свойства волокна и матрицы одинаковые, считается, что оба композита состоят из двух слоев: жесткого включения и вязкоупругой матрицы. Тогда модуль потерь такого композита можно определить при помощи метода Рейсса, используя формулу $1/\mu_{eff} = f/\mu_2 + (1-f)/\mu_1$, где f – объемное содержание вязкоупругого слоя. При заданной угловой частоте эффективный модуль сдвига определяется как $\mu_{eff} = \mu' + i\mu''$, где μ'' – модуль потерь, μ' – модуль накопления.

Также модуль потерь такого композита можно определить по методу трех фаз, расширенному на многофазную среду. Для этого используются формулы для чистого сдвига вдоль волокна и чистого сдвига поперек волокна, приведенные в работе [7]. Положим, что радиус включения волокна, покрытого вязкоупругим слоем, равен радиусу матрицы, т. е. $r_2 = r_3$.

Исследуются зависимости эффективных сдвиговых модулей потерь от толщины межфазного вязкоупругого слоя Δr_1 . Считаем, что волокно и вязкоупругий слой являются изотропными материалами со следующими свойствами: модуль объемного расширения волокна $k_1 = 40$ ГПа, модуль сдвига волокна $\mu_1 = 30$ ГПа, модуль объемного расширения и вязкоупругого межфазного слоя $k_2 = 4$ ГПа, модуль сдвига вязкоупругого межфазного слоя $\mu_2 = 0,02(1+i)$ ГПа.

В результате исследования оказалось, что использование метода Рейсса позволяет получить результаты, полностью соответствующие результатам, полученным по методу трех фаз в случае чистого сдвига вдоль волокна. Однако в случае чистого сдвига поперек волокна метод Рейсса приводит к завышенным численным результатам модуля потерь, нежели метод трех фаз, а также не позволяет отследить еще одну область пиковых значений эффективного модуля потерь. Кроме того, оказалось, что модуль потерь может значительно меняться в зависимости от толщины вязкоупругого слоя.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-3607.2022.1.1.

Список литературы

- 1 **Finegan, I. C.** Analytical modeling of damping at micromechanical level in poly-mer composites reinforced with coated fibers / I. C. Finegan, R. F. Gibson // *Compos. Sci. Technol.* – 2000. – no 60(7). – P. 1077–1084.
- 2 **Gusev, A. A.** Loss amplification effect in multiphase materials with viscoelastic interfaces / A. A. Gusev, S. A. Lurie // *Macromolecules.* – 42 (14). – P. 5372–5377 (2009).
- 3 **Finegan, I. C.** Improvement of damping at the micromechanical level in polymer composite materials under transverse normal loading by the use of special fiber coatings / I. C. Finegan, R. F. Gibson // *J. Vibr. Acoust.-Trans. Asme.* – 120(2). – 623–627 (1998).
- 4 On remarkable loss amplification mechanism in fiber reinforced laminated composite materials / S. Lurie [et al.] // *Appl. Compos. Mater.* – 2014. – 21(1). – P. 179–196.
- 5 **Gusev, A. A.** Optimum microstructural design of coated sphere filled viscoelastic composites for structural noise and vibration damping applications / A. A. Gusev // *Int. J. Solids Struct.* – 2017. – 128. – P. 1–10.
- 6 **Лурье, С. А.** О прочности модифицированного композита с вискеризованными волокнами / С. А. Лурье, Г. И. Кри-вень, Л. Н. Рабинский // *Композиты и наноструктуры.* – 2019. – Т. 11, № 1. – С. 1–15.
- 7 **Кристенсен, Р. М.** Введение в механику композитов / Р. М. Кристенсен. – М. : Мир, 1982. – 334 с.
- 8 Strength, stiffness, and damping properties of whiskerized fiber composites with longitudinal shear / G. I. Kriven [et al.] // *Composites: Mechanics, Computations, Application* this link is disabled. – 2021. – No. 12 (4). – P. 1–22.

УДК 512.548

САМОСОВМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ n -АРНЫХ ГРУПП ОТНОСИТЕЛЬНО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ВЕРШИН ШЕСТИУГОЛЬНИКОВ

Ю. И. КУЛАЖЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Самосовмещение элементов n -арных групп это достаточно новое и перспективное направление исследований в области теории n -арных групп, которое разрабатывается автором. Основное отличие и преимущество полученных результатов от известных исследований в области самосовмещений правильных многоугольников, многогранников, прямой, окружности заключается в том, что рассматриваются самосовмещения элементов (точек) n -арных групп и рассматриваемые геометрические объекты далеко не всегда имеют правильную геометрическую форму. Очевидно, что область исследований является гораздо более обширной по отношению к известным ранее исследованиям в области самосовмещений, а сами исследования, несомненно, послужат развитию общей теории n -арных групп, в том числе и их приложений.

В представляемой работе специальным образом строятся шестиугольники на полуабелевой n -арной группе $G = \langle X, ()^{[-2]} \rangle$ и устанавливается, что произвольная точка $p \in G$ самосовмещается относительно последовательности вершин построенных шестиугольников.

Используемые понятия и обозначения можно найти в [1].

Приведем полученный результат.

Теорема. Пусть G – полуабелевая n -арная группа, элементы a, b, c, d, u, ϑ – произвольные точки из G .

Произвольная точка $p \in G$ самосовмещается относительно последовательности вершин следующих шестиугольников:

$$\begin{aligned} & \langle S_u(b), S_u(a), S_d(a), S_d(b), S_\vartheta(b), S_\vartheta(a), \rangle \\ & \langle S_u(b), S_u(c), S_d(c), S_d(b), S_\vartheta(b), S_\vartheta(c), \rangle, \\ & \langle S_u(c), S_u(a), S_d(a), S_d(c), S_\vartheta(c), S_\vartheta(a), \rangle. \end{aligned}$$

То есть справедливы следующие равенства:

$$\begin{aligned} S_{S_\vartheta(a)}(S_{S_\vartheta(b)}(S_{S_d(b)}(S_{S_d(a)}(S_{S_u(a)}(S_{S_u(b)}(p)))))) &= p, \\ S_{S_\vartheta(c)}(S_{S_\vartheta(b)}(S_{S_d(b)}(S_{S_d(c)}(S_{S_u(c)}(S_{S_u(b)}(p)))))) &= p, \\ S_{S_\vartheta(a)}(S_{S_\vartheta(c)}(S_{S_d(c)}(S_{S_d(a)}(S_{S_u(a)}(S_{S_u(c)}(p)))))) &= p. \end{aligned}$$

Список литературы

- 1 **Кулаженко, Ю. И.** Полиадические операции и их приложения : [монография] / Ю. И. Кулаженко. – Минск : Издательский центр БГУ, 2014. – 311 с.

ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ БЕЗМОМЕНТНЫХ ОБОЛОЧЕК С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ

А. С. КУРБАТОВ, С. И. ЖАВОРОНОК

ФГБУН Институт прикладной механики Российской академии наук, г. Москва

Металлические сплавы с эффектом памяти формы (СПФ) обладают рядом специфических свойств, обусловленных твердотельными фазовыми переходами между двумя устойчивыми фазами: мартенситной (М) с гранецентрированной кубической кристаллической решеткой и аустенитной (А) с объемноцентрированной кубической решеткой: способностью восстанавливать форму после неупругого деформирования, высокоамплитудными реактивными усилиями при $M \rightarrow A$ переходе, обратимыми деформациями формоизменения в пределах до 10 % в процессе $M \rightarrow A$ и $A \rightarrow M$ превращений и др. Фазовые превращения в СПФ протекают при нагреве или охлаждении сплавов через соответствующие диапазоны температур и изменении интенсивности напряжения [1]. Тонкостенные элементы, выполненные из СПФ, могут использоваться в качестве демпферов, сильфононов, актуаторов малой массы и других устройств, при этом полноценное использование перечисленных свойств СПФ требует обеспечения устойчивости деформирования; известно что элементы из СПФ склонны к потере устойчивости при аномально низких критических усилиях [2–7]. При этом устойчивость оболочек с памятью при неизотермических фазовых переходах [4] является наименее исследованной. Более того, отсутствует необходимая формулировка теории тонких оболочек из СПФ, основанная на наиболее адекватной модели термоупругих фазовых переходов [1, 8]. Известные решения получены в основном численно для толстостенных оболочек в осесимметричной постановке задачи [9]. Известные теории тонких оболочек с памятью [10, 11] основаны на концепции фазового перехода с разрывом параметра фазового состава на фронте фазового перехода, применимой только для монокристаллических СПФ [1] и не соответствующей экспериментальным данным [1].

Предложенная новая теория оболочек с памятью [12–15], претерпевающих неизотермические фазовые переходы, основана на формулировке задачи в обобщенных усилиях, не требующей аналитического [17, 18] или численного [5, 6] обращения инкрементальных определяющих уравнений [16]. В качестве первого приближения рассмотрена безмоментная теория тонких оболочек, претерпевающих $M \rightarrow A$ и $A \rightarrow M$ превращения при нагреве или охлаждении. Моделью оболочки является гладкая материальная поверхность S с метрикой $a_{\alpha\beta}$ и кривизной $b_{\alpha\beta}$, $\alpha, \beta = 1, 2$. В основу теории положена однократно связная модель термоупругих фазовых переходов [8], опирающаяся на введение скалярной переменной – средней по толщине оболочки объемной доли мартенситной фазы q . Приращение δq и приращение тангенциальной деформации $\delta \varepsilon_{\alpha\beta}$ в процессе фазового перехода определены инкрементальными соотношениями [15], линеаризованными относительно приращений средней по толщине температуры δT и тензора тангенциальных усилий $\delta N^{\alpha\beta}$, при этом, в дополнение к результатам работы [14], учтена зависимость точной верхней грани деформации формоизменения при фазовом переходе $\rho_D(s)$ от показателя напряженного состояния s . Инкрементальные уравнения приведены к безразмерной записи, проведен анализ величин различных членов уравнений и показано, что учет влияния показателя s в условиях безмоментного состояния оболочки из СПФ необходим при повышении интенсивности напряжений σ_i до некоторого порогового значения σ_0 , так как пренебрежение s при двухосном растяжении оболочки ($N_1 > 0$, $N_2 > 0$) приводит к завышению оценки амплитуд фазовых деформаций до 40 %. В то же время при малых σ_i / σ_0 влияние показателя напряженного состояния на амплитуду фазовой деформации незначительно. Получено в замкнутом виде аналитическое решение задачи о полных циклах фазовых превращений (т. е. из полностью аустенитного в полностью мартенситное состояние и обратно) в оболочках, находящихся в безмоментном состоянии. Также получены решения задач о неполных циклических фазовых переходах в безмоментных оболочках вращения с

различной формой образующей (цилиндре, сфере, конусе, торе и тороиде) при однородных и неоднородных полях внешних сил.

Предложенное решение задачи о безмоментном состоянии оболочек из СПФ может, во-первых, рассматриваться как частное решение задачи моментной теории оболочек из СПФ, а также использоваться при предварительном проектировании тонкостенных элементов с памятью формы.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИПРИМ РАН (№ 121112200124-1).

Список литературы

- 1 Краевые задачи механики для сплавов с памятью формы / А. А. Мовчан [и др.] // Ученые записки Казанского Университета – Сер.: Физико-математические науки. – 2015. – Т. 157, № 3. – С. 97–110.
- 2 Сильченко, Л. Г. Явление потери устойчивости при мартенситной неупругости / Л. Г. Сильченко // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 161–169.
- 3 Устойчивость стержней из никелида титана, нагружаемых в режиме мартенситной неупругости / А. А. Мовчан [и др.] // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2012. – № 3. – С. 72–80.
- 4 Sil'chenko, L. G. Stability of a cylindrical shell made of a shape-memory alloy / L. G. Sil'chenko, A. A. Movchan, T. L. Sil'chenko // International Applied Mechanics. – 2014. – Vol. 50, no. 2. – P. 171–178.
- 5 Nushtaev, D. V. Dynamics of martensite phase transitions in shape memory beams under buckling and postbuckling conditions / D. V. Nushtaev, S. I. Zhavoronok // IFAC-PapersOnline. – 2018. – P. 873–878.
- 6 Nushtaev, D. V. Abnormal buckling of thin-walled bodies with shape memory effects under thermally induced phase transitions / D. V. Nushtaev, S. I. Zhavoronok // Advanced Structured Materials. – 2019. – Vol. 110. – P. 493–524.
- 7 Мовчан, А. А. Экспериментальное исследование и теоретический анализ потери устойчивости пластин из никелида титана, обусловленной прямым термоупругим фазовым превращением под действием сжимающей нагрузки / А. А. Мовчан, С. А. Казарина, А. Л. Сильченко // Деформация и разрушение материалов. – 2023. – № 7. – С. 2–11.
- 8 Мовчан, А. А. Микромеханическая модель нелинейного деформирования сплавов с памятью формы при фазовых и структурных превращениях / А. А. Мовчан, И. А. Мовчан, Л. Г. Сильченко // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2010. – № 3. – С. 118–130.
- 9 Машинин, А. Е. Краевые задачи термомеханики для цилиндра и сферы из сплава с памятью формы / А. Е. Машинин, А. А. Мовчан // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2017. – № 3. – С. 113–128.
- 10 Eremeyev, V. A. The nonlinear theory of elastic shells with phase transitions / V. A. Eremeyev, W. Pietraszkiewicz // Journal of Elasticity. – 2004. – Vol. 74, no. 1. – P. 67–86.
- 11 Pietraszkiewicz, W. Extended non-linear relations of elastic shells undergoing phase transitions / W. Pietraszkiewicz, V. Eremeyev, V. Konopinska // ZAMM. – 2007. – Vol. 7, no. 2. – P. 150–159.
- 12 Жаворонок, С. И. Об уравнениях совместности деформаций и постановках задач в обобщенных усилиях теории оболочек с фазово-структурными переходами / С. И. Жаворонок // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. – 2021. – С. 130–132.
- 13 Zhavoronok, S. I. Constitutive relations and compatibility equations for thin shape memory alloy shells / S. I. Zhavoronok // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2611. – P. 100004.
- 14 Zhavoronok, S. I. On the incremental constitutive relations and compatibility equations for thin shape memory alloy shells undergoing non-isothermal phase transitions / S. I. Zhavoronok // Composites: Mechanics, Computations, Applications. – 2023. – Vol. 14, no. 1. – P. 1–27.
- 15 Kurbatov, A. S. On the theory of shape memory membrane shells undergoing thermoelastic phase transitions / A. S. Kurbatov, S. I. Zhavoronok // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2023. – Vol. 44, no. 6. – P. 2326–2335.
- 16 Мовчан, А. А. Инкрементальные определяющие соотношения для объемной доли мартенситной фазы в сплавах с памятью формы / А. А. Мовчан, В. В. Давыдов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2010. – Т. 16, № 4-2. – С. 653–661.
- 17 Movchan, A. A. Method of analytical inverting of nonlinear constitutive relations of the combined model of phase and structural deformation of shape memory alloys / A. A. Movchan // AIP Conference Proceedings. – 2022. – Vol. 2611. – P. 100005.

УДК 620.178.156.6

СОБСТВЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЯТИСЛОЙНОЙ КРУГОВОЙ ПЛАСТИНЫ

Е. А. ЛАЧУГИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Композитные элементы конструкций, в том числе и пятислойные пластины, широко используются в различных областях современной техники. В результате за последние 50 лет в механике деформируемого твердого тела появилось целое направление, связанное с исследованием деформиру-

вания слоистых пластин и оболочек. Поэтому построение математической модели осесимметричных собственных колебаний круговой пятислойной пластины является актуальным.

Методы расчета и постановки краевых задач для слоистых элементов конструкций рассмотрены в монографиях [1–5]. Колебания неоднородных пластин и оболочек при периодических и нестационарных нагрузках исследовались в публикациях [6–13]. Статьи [14–17] посвящены квазистатическому деформированию трехслойных пластин. Постановка задачи о колебаниях пятислойной круговой пластины разрабатывалась в [18–19].

Здесь для симметричной по толщине упругой круговой пятислойной пластины с легкими заполнителями приведена система дифференциальных уравнений, описывающих собственные колебания пятислойной круговой пластины с двумя легкими заполнителями. Вывод уравнений движения проведен в цилиндрической системе координат r, φ, z , которая связана со срединной плоскостью центрального слоя. В тонких несущих слоях справедливы гипотезы Кирхгофа: нормаль остается несжимаемой, прямолинейной и перпендикулярной к деформированной срединной поверхности. В заполнителях не учитывается работа касательных напряжений.

На контуре пластины предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев ($\psi = 0$ при $r = r_0$). Рассматривается осесимметричная задача, поэтому тангенциальные перемещения в слоях отсутствуют, а искомые прогиб пластины w и относительный сдвиг в заполнителе ψ не зависят от координаты φ .

Система уравнения движения получена при помощи вариационного принципа Лагранжа и принципа Даламбера:

$$\begin{aligned} L_2(a_4\psi - a_5w_{,r}) &= 0, \\ L_3(a_3\psi - a_6w_{,r}) - M_0\ddot{w} &= 0, \end{aligned}$$

где $M_0\ddot{w}$ – поперечные инерционные силы, $M_0 = (\rho_1h_1 + \rho_2h_2 + \rho_3h_3 + \rho_4h_4 + \rho_5h_5)r_0^2$; a_i – коэффициенты

$$\begin{aligned} a_4 &= \left[2K_2^+ h_2 h_3^2 + 2K_3^+ \frac{h_3^3}{3} \right], \quad a_5 = \left[K_2^+ h_2 h_3 (h_1 + 2h_3 + h_2) + 2K_3^+ h_3 \left(\frac{h_1 h_3}{4} + \frac{h_3^2}{3} \right) \right], \\ a_6 &= \left[2K_2^+ h_2 \left(\frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_2}{2} + h_1 h_3 + \frac{h_2^2}{3} + h_2 h_3 + h_3^2 \right) + K_1^+ \frac{h_1^3}{12} + 2K_3^+ h_3 \left(\frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_3}{2} + \frac{h_3^2}{3} \right) \right], \\ a_7 &= \left[2K_2^- h_2 \left(\frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_2}{2} + h_1 h_3 + \frac{h_2^2}{3} + h_2 h_3 + h_3^2 \right) + K_1^- \frac{h_1^3}{12} + 2K_3^- h_3 \left(\frac{h_1^2}{4} + \frac{h_1 h_3}{2} + \frac{h_3^2}{3} \right) \right], \\ K_k + \frac{4}{3}G_k &\equiv K_k^+, \quad K_k - \frac{2}{3}G_k \equiv K_k^-, \end{aligned}$$

G_k, K_k – модули сдвига и объемного деформирования; L_2, L_3 – линейные дифференциальные операторы

$$L_2(g) \equiv \left(\frac{1}{r}(rg) \right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2}, \quad L_3(g) \equiv \frac{1}{r}(rL_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,rr}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3}.$$

Начальные условия движения принимаются однородными, на контуре должны выполняться условия жесткой заделки

$$u = \psi = w = w_{,r} = 0, \quad \text{при } r = r_0.$$

Трансцендентное уравнение для вычисления собственных чисел β_n ($n = 0, 1, 2, \dots$) следует из граничных условий. При жесткой заделке контура пластины имеем

$$I_1(\beta r_0)J_0(\beta r_0) + I_0(\beta r_0)J_1(\beta r_0) = 0.$$

Частоты собственных колебаний ω_n связаны с собственными числами следующими соотношениями:

$$\omega_n^2 = \frac{\beta_n^4}{M^4} = \frac{\beta_n^4}{M_0 D}; \quad M^4 = M_0 D; \quad D = \frac{a_4}{a_4 a_6 - a_5^2}.$$

Перемещения в рассматриваемой пластине предполагается определять методом разложения в ряд по системе собственных ортонормированных функций.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ «Конвергенция-25».

Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
- 2 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 3 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : Изд-во МАИ, 2016. – 184 с.
- 4 Zhuravkov, M. A. Mechanics of Solid Deformable Body / M. A. Zhuravkov, Lyu Yongtao, E. I. Starovoitov – Singapore : Springer, 2022. – 317 p.
- 5 Абдусаттаров, А. Деформирование и повреждаемость упругопластических элементов конструкций при циклических нагружениях / А. Абдусаттаров, Э. И. Старовойтов, Н. Б. Рузиева. – Ташкент : IDEAL PRESS, 2023. – 381 с.
- 6 Starovoitov, É. I. Vibrations of round three-layer plates under the action of distributed local loads / É. I. Starovoitov, D. V. Leonenko, A. V. Yarovaya // Strength of materials. – 2002. – Vol. 34, no 5. – P. 474–481.
- 7 Горшков, А. Г. Колебания трехслойных стержней под действием локальных нагрузок различных форм / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. – 2004. – № 1. – С. 45–52.
- 8 Fedotenkov, G. V. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, no 4. – P. 439–447.
- 9 Vakhneev, S. Damping of circular composite viscoelastic plate vibration under neutron irradiation / S. Vakhneev, E. Starovoitov // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – 18(4). – P. 699–704.
- 10 Pronina, P. F. Study of the radiation situation in Moscow by investigating elastoplastic bodies in a neutron flux taking into account thermal effects / P. F. Pronina, O. V. Tushavina, E. I. Starovoitov // Periódico Tchê Química. – 2020. – Vol. 17, no. 35. – P. 753–764.
- 11 Леоненко, Д. В. Резонансные колебания упругих круговых трехслойных пластин, скрепленных с основанием Пастернака / Д. В. Леоненко // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2018. – № 4. – С. 98–104.
- 12 Маркова, М. В. Постановка начально-краевой задачи об осесимметричных колебаниях круговой трёхслойной пластины переменной толщины / М. В. Маркова, Д. В. Леоненко // Теоретическая и прикладная механика. – 2022. – № 36. – С. 3–10.
- 13 Маркова, М. В. Собственные колебания круговой трёхслойной ступенчатой пластины / М. В. Маркова // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 147–158.
- 14 Козел, А. Г. Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.
- 15 Захарчук, Ю. В. Упругое деформирование круговых трехслойных пластин со сжимаемым наполнителем осесимметричными нагрузками / Ю. В. Захарчук // Теоретическая и прикладная механика. – 2022. – С. 34–41.
- 16 Нестерович, А. В. Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13. – С. 116–121.
- 17 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no 4. – P. 1023–1029.
- 18 Лачугина, Е. А. Задача о свободных колебаниях пятислойной круговой пластины / Е. А. Лачугина // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч., Гомель, 24–25 ноябр. 2022 г. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Ч. 2. – С. 202–204.
- 19 Лачугина, Е. А. Поперечные колебания пятислойной упругой круговой пластины с жесткими наполнителями / Е. А. Лачугина // Механика. Исследования и инновации. – 2022. – Вып. 15. – С. 212–219.

УДК 539.3

УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ КРУГОВОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ СТУПЕНЧАТО-ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

Д. В. ЛЕОНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Распространенное использование тонкостенных элементов в сферах строительства и машиностроения выдвинуло требование к разработке методов для анализа и расчета подобных структур [1–3]. Исследование статического нагружения однослойных круглых пластин было предметом изучения как отечественных [4, 5], так и зарубежных исследователей [6]. В последнее время активно проводятся исследования, посвященные колебаниям пластин с переменной толщиной [7, 8]. Также внимание уделяется упругому изгибу ступенчатых пластин [9]. Здесь проводится постановка задачи осесимметричного поперечного изгиба круглой трехслойной пластины с переменной ступенчатой толщиной и нелинейным характером деформаций материала.

Ступенчатая пластина разбивается на две области постоянной толщины. На внешнюю поверхность каждой из областей действуют осесимметричные распределенные нагрузки $q_1(r)$, $q_2(r)$. За ис-

комые величины принимаются прогиб пластины $w_l(r)$, относительный сдвиг в заполнителе $\psi_l(r)$ и радиальное перемещение координатной плоскости $u_l(r)$ на каждом участке l , которые не зависят от окружной координаты φ . На границе областей принимаем равенство перемещений и обобщенных внутренних усилий.

С помощью вариационного принципа Лагранжа и соотношений теории малых упругопластических деформаций получена система дифференциальных уравнений равновесия на каждом участке l :

$$L_2(a_{1l}u_l + a_{2l}\psi_l - a_{3l}w_{l,r}) = p_\omega, \quad L_2(a_{2l}u_l + a_{4l}\psi_l - a_{5l}w_{l,r}) = h_\omega, \\ L_3(a_{3l}u_l + a_{5l}\psi_l - a_{6l}w_{l,r}) = -q_l + q_\omega.$$

Полученная система дифференциальных уравнений является нелинейной, поэтому для ее решения используем метод последовательных приближений Ильюшина.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № T22УЗБ-015).

Список литературы

- 1 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойного стержня в температурном поле / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // *Механика машин, механизмов и материалов*. – 2013. – № 1 (22). – С. 31–35.
- 2 Леоненко, Д. В. Исследование спектра частот трехслойной цилиндрической оболочки с упругим наполнителем / Д. В. Леоненко, Э. И. Старовойтов // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 162–169.
- 3 Леоненко, Д. В. Колебания круговых трехслойных пластин на упругом основании Пастернака / Д. В. Леоненко // *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества*. – 2014. – № 1. – С. 59–63.
- 4 Коренева, Е. Б. Аналитические методы расчета пластин переменной толщины и их практические приложения / Е. Б. Коренева. – М.: АСВ, 2009. – 240 с.
- 5 Коваленко, А. Д. Круглые пластины переменной толщины / А. Д. Коваленко. – М.: Физматгиз, 1959. – 294 с.
- 6 Vivio, F. Closed form solutions of axisymmetric bending of circular plates having non-linear variable thickness / F. Vivio, V. Vullo // *Int. J. Mech. Sci.* – 2010. – No. 52 – P. 1234–1252.
- 7 Kang, J. H. Three-dimensional vibration analysis of thick, circular and annular plates with nonlinear thickness variation / J. H. Kang // *Comput. Struct.* – 2003. – No. 81. – P. 1663–1675.
- 8 Маркова, М. В. Вынужденные колебания круговой трёхслойной пластины ступенчато-переменной толщины, возбуждаемые ударным воздействием / М. В. Маркова // *Проблемы физики, математики и техники*. – 2022. – № 3 (52). – С. 28–36.
- 9 Leonenko, D. V. Elastic bending of a three-layer circular plate with step-variable thickness / D. V. Leonenko // *Механика машин, механизмов и материалов*. – 2021. – № 1 (54). – С. 25–29.

УДК 539.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КРУГОВОГО ТРЁХСЛОЙНОГО ЭЛЕМЕНТА

М. В. МАРКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Композитные слоистые элементы обладают явными преимуществами перед элементами конструкций, выполненными из одного однородного материала. Сочетая в рамках единого совместно работающего пакета свойства разнородных материалов, мы можем не только наделить проектируемый элемент требуемыми показателями по тепло-, электропроводности и магнитной непроницаемости, но и добиться снижения совокупной собственной массы при обеспечении требуемых показателей по жёсткости и прочности.

В данной работе будет рассмотрен один из способов оптимизации поперечного сечения трёхслойной круговой пластины, основанный на локальном изменении толщины несущих слоёв.

Построение механико-математической модели деформирования трёхслойного пакета основано на гипотезе ломаной нормали [1]. Уравнения движения получены из вариационного принципа Гамильтона [2, 3] в виде (1):

$$\Delta_r \Delta_r w + Dm \Delta_r \ddot{w} + DM_1 \ddot{w} = Dq, \\ u = b_1 w_{,r} + rC_1 + \frac{C_2}{r} - \frac{m_1}{r} \int r \ddot{w} dr, \quad \psi = b_2 w_{,r} + rC_3 + \frac{C_4}{r} - \frac{m_2}{r} \int r \ddot{w} dr, \quad (1)$$

где w, ψ, u – прогиб пластины, сдвиг в заполнителе и радиальное смещение координатной поверхности соответственно; Δ_r – оператор Лапласа; D, m_i, M_1, b_i – коэффициенты, зависящие от плотности, упругих свойств материалов и толщины слоёв пластины; q – внешняя нагрузка; C_i – константы интегрирования, определяемые из граничных условий на опоре и в центральной точке пластины.

Система уравнений, описывающая квазистатическое деформирование, получена путём обнуления инерционных слагаемых в системе (1) и имеет вид (2):

$$\Delta_r \Delta_r w = Dq, \quad u = b_1 w_{,r} + rC_1 + \frac{C_2}{r}, \quad \psi = b_2 w_{,r} + rC_3 + \frac{C_4}{r}. \quad (2)$$

Рассмотрим пластины различных форм, но равной материалоемкости (рисунок 1).

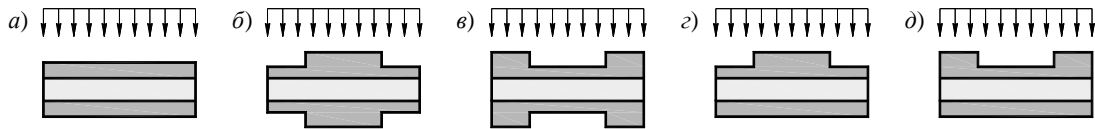


Рисунок 1 – Формы трёхслойных пластин:

a – пластина с постоянной толщиной всех слоёв;

b – пластина со ступенчатым уширением верхнего и нижнего слоя в центральной части; *c* – пластина со ступенчатым сужением верхнего и нижнего слоев в центральной части; *d* – пластина со ступенчатым уширением верхнего слоя в центральной части;

e – пластина со ступенчатым сужением верхнего слоя в центральной части

Рассматриваемый пакет представлен материалами Д16Т – фторопласт-4 – Д16Т. Физико-механические характеристики материалов: дюралюминий (Д16Т) – $\rho_{1,2} = 2700 \text{ кг/м}^3$; $K_{1,2} = 0,8 \cdot 10^{11} \text{ Па}$, $G_{1,2} = 0,267 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; фторопласт-4 – $\rho_3 = 2150 \text{ кг/м}^3$; $K_3 = 345 \cdot 10^6 \text{ Па}$, $G_3 = 90 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

Геометрические параметры: общий радиус пластины 1 м; радиус уширенной части 0,707 м; толщина срединного заполнителя 0,3 м; толщина плоского лицевого слоя пластин 0,03 м; толщина ступенчатого лицевого слоя на наиболее узком участке составляет 0,02 м, на наиболее широком – 0,04 м.

Внешний контур пластин жёстко закреплён. При этом на контуре пластин должны выполняться следующие условия:

$$w = 0; \quad u = 0; \quad w_{,r} = 0; \quad \psi = 0. \quad (3)$$

Начальные условия приняты однородными.

Решение для пластины ступенчатого профиля строится с помощью функции Хевисайда [4] из частных решений для каждого участка постоянной толщины. При этом для ступенчатой пластины дополнительно к граничным условиям (3) необходимо потребовать выполнение равенства всех перемещений и внутренних усилий в точке сопряжения участков различной толщины [5].

Сравнительный анализ будем вести по величине возникающих в пластинах прогибов. Пластины загружены равномерно распределённой нагрузкой интенсивностью 100 кПа. На рисунке 2 представлены графики изменения прогибов вдоль радиусов рассматриваемых пластин при квазистатическом и динамическом (в момент достижения первого максимального прогиба) деформировании.

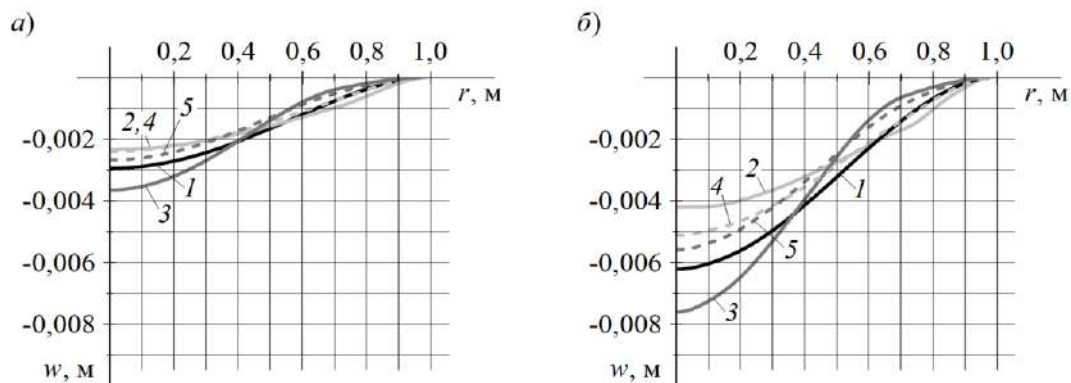


Рисунок 2 – Изменение прогиба вдоль радиуса пластины при квазистатическом (а) и динамическом (б) деформировании:

1 – пластина с постоянной толщиной всех слоёв; *2* – пластина со ступенчатым уширением верхнего и нижнего слоя в центральной части; *3* – пластина со ступенчатым сужением верхнего и нижнего слоя в центральной части; *4* – пластина со ступенчатым уширением верхнего слоя в центральной части; *5* – пластина со ступенчатым сужением верхнего слоя в центральной части

Из приведённых графиков видно, что как при квазистатическом, так и при динамическом деформировании наименьший прогиб возникает в пластине, имеющей уширение обоих внешних слоёв в центральной части. Её прогиб при квазистатическом деформировании на 20 % меньше, при динамическом – на 32 % меньше, чем прогиб, возникающий в пластине с той же материалоемкостью при постоянной вдоль радиуса толщине всех слоёв.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № T22M-072).

Список литературы

- 1 Старовойтов, Э. И. Деформирование локальными нагрузками композитной пластины на упругом основании / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, М. Сулейман // *Механика композитных материалов*. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 109–120.
- 2 Леоненко, Д. В. Колебания круговых трёхслойных пластин на упругом основании Пастернака / Д. В. Леоненко // *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества*. – 2014. – № 1. – С. 59–63.
- 3 Маркова, М. В. Вынужденные колебания круговой трёхслойной пластины ступенчато-переменной толщины / М. В. Маркова // *Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. Естественные науки*. – 2022. – № 3 (132). – С. 121–127.
- 4 Зорич, В. А. Математический анализ. Ч. I / В. А. Зорич. – 6-е изд. доп. – М. : МЦНМО, 2012. – 710 с.
- 5 Леоненко, Д. В. Колебания круговой трёхслойной пластины под действием линейной во времени внешней нагрузки / Д. В. Леоненко, М. В. Маркова // *Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика*. – 2023. – № 1. – С. 49–63.

УДК 539.3

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ ДЛЯ ПОДКРЕПЛЕННОЙ ПЕРФОРИРОВАННОЙ ПЛАСТИНЫ

М. В. МИР-САЛИМ-ЗАДЕ

Институт математики и механики, г. Баку, Азербайджан

Рассматривается упругая пластина, ослабленная бесконечным рядом одинаковых отверстий. Пластина подкреплена регулярной системой стрингеров и подвергается однородному растяжению вдоль стрингеров напряжением $\sigma_y^\infty = \sigma_0$. Вблизи контуров отверстий имеются прямолинейные трещины. Задача состоит в определении равнопрочного контура отверстий, при котором трещины не будут расти, а также напряженно-деформированного состояния перфорированной клепаной пластины и величин сосредоточенных сил P_{mn} , заменяющих действие стрингеров. Граничные условия задачи имеют вид:

– на неизвестных контурах L_m ($m = 0, 1, 2, \dots$) отверстий –

$$\begin{aligned} \sigma_n &= 0, & \tau_{nt} &= 0, \\ \sigma_t &= \sigma_* = \text{const}; \end{aligned} \quad (1)$$

– на берегах трещин –

$$\sigma_y = 0, \quad \tau_{xy} = 0 \quad a + m\omega \leq |x| \leq b + m\omega.$$

Здесь величина σ_* для упругой пластины подлежит определению, а для упругопластической принимается условие пластичности [1]

$$f(\sigma_n, \sigma_t, \tau_{nt}) = 0, \quad (2)$$

где f – заданная функция. При этом полагается, что пластическая область впервые появляется на контуре отверстия, и, охватывая сразу весь контур, не проникает вглубь.

Требуется найти такую форму отверстий, при которой роста трещин не произойдет, а тангенциальное нормальное напряжение σ_t , действующее на контурах отверстий, будет постоянной величиной. Необходимо чтобы на контурах отверстий выполнялось условие (1), а в окрестности вершин трещин – условие

$$K_I^{a+m\omega} = 0, \quad K_I^{b+m\omega} = 0, \quad (3)$$

где $K_I^{a+m\omega}$, $K_I^{b+m\omega}$ – коэффициенты интенсивности напряжений в окрестности вершин трещин.

Так как трещины расположены симметрично, $K_I^{a+m\omega} = K_I^{-a-m\omega}$, $K_I^{b+m\omega} = K_I^{-b-m\omega}$.

Неизвестный контур L_m ($m = 0, 1, 2, \dots$) отверстий будем искать как близкий к круговому. Представим его в виде $r = \rho(\theta) = \lambda + \varepsilon H(\theta)$. Здесь $\varepsilon = R_{\max}/\lambda$ – малый параметр; R_{\max} – наибольшая высота неровности профиля контура L_m отверстия от окружности $r = \lambda$. Без уменьшения общности рассматриваемой задачи, принимается, что неизвестная функция $H(\theta)$ симметрична относительно осей координат и может быть представлена в виде ряда Фурье $H(\theta) = \sum_{k=1}^{\infty} d_{2k} \cos 2k\theta$. Функции (напряжения, перемещения, сосредоточенные силы P_{mn} и коэффициенты интенсивности напряжений K_I) будем искать в виде разложений по малому параметру, в которых пренебрегаем для упрощения членами, содержащими ε степени выше первой.

С учетом известных формул [2] для компонент напряжений σ_n и τ_{nt} краевые условия задачи примут следующий вид:

1) в нулевом приближении:

$$- \text{ на контуре } r = \lambda \quad \sigma_r^{(0)} = 0, \quad \tau_{r\theta}^{(0)} = 0;$$

$$- \text{ на берегах трещин } \sigma_y^{(0)} = 0, \quad \tau_{xy}^{(0)} = 0 \quad a + m\omega \leq |x| \leq b + m\omega;$$

2) в первом приближении:

$$- \text{ на контуре } r = \lambda \quad \sigma_r^{(1)} = N, \quad \tau_{r\theta}^{(1)} = T,$$

$$- \text{ на берегах трещин } \sigma_y^{(1)} = 0, \quad \tau_{xy}^{(1)} = 0 \quad a + m\omega \leq |x| \leq b + m\omega.$$

Задача в нулевом приближении сводится к определению двух аналитических функций: $\Phi^{(0)}(z)$ и $\Psi^{(0)}(z)$ – из условий

$$\Phi^{(0)}(\tau) + \overline{\Phi^{(0)}(\tau)} - e^{2i\theta} \left[\overline{\tau \Phi^{(0)}(\tau)} + \Psi^{(0)}(\tau) \right] = 0 \quad \text{при } \tau = \lambda e^{i\theta} + m\omega, \quad (4)$$

$$\Phi^{(0)}(x) + \overline{\Phi^{(0)}(x)} + x \overline{\Phi^{(0)}(x)} + \overline{\Psi^{(0)}(x)} = 0 \quad a + m\omega \leq |x| \leq b + m\omega. \quad (5)$$

Решение краевой задачи (4), (5) ищем в виде

$$\Phi^{(0)}(z) = \Phi_0^{(0)}(z) + \Phi_1^{(0)}(z) + \Phi_2^{(0)}(z), \quad \Psi^{(0)}(z) = \Psi_0^{(0)}(z) + \Psi_1^{(0)}(z) + \Psi_2^{(0)}(z).$$

Для определения потенциалов $\Phi^{(0)}(z)$ и $\Psi^{(0)}(z)$ строятся две бесконечные системы алгебраических уравнений и сингулярное интегральное уравнение относительно неизвестной функции $g^{(0)}(x)$. Сингулярное интегральное уравнение и построенные алгебраические системы содержат величины сосредоточенных сил $P_{mn}^{(0)}$. Чтобы определить эти величины, используем закон Гука и метод «склеивания» двух асимптотик искомого решения. Используя процедуру алгебраизации [3, 4] сингулярное интегральное уравнение при дополнительном условии, которое обеспечивает однозначность перемещений при обходе контуров трещин, сводим к системе M линейных алгебраических уравнений для определения M неизвестных $g^{(0)}(t_m)$ ($m = 1, 2, \dots, M$).

Для коэффициентов интенсивности напряжений около окрестности вершин трещин при $x = a + m\omega$ в нулевом приближении имеем

$$K_I^{(0)} = \sqrt{\pi(b-a)} \sum_{m=1}^M (-1)^{m+M} g^{(0)}(t_m) \operatorname{tg} \frac{2m-1}{4M} \pi,$$

около вершин трещин $x = b + m\omega$:

$$K_I^{(0)} = \sqrt{\pi(b-a)} \sum_{m=1}^M (-1)^m g^{(0)}(t_m) \operatorname{ctg} \frac{2m-1}{4M} \pi.$$

После нахождения решения в нулевом приближении строим решение задачи в первом приближении. Полученные системы уравнений первого приближения не являются замкнутыми, так как в правые части этих систем входят коэффициенты d_{2k} разложения функции $H(\theta)$ в ряд Фурье. Для построения недостающих уравнений используем граничное условие (1) при дополнительных ограничениях (3). Для построения недостающих уравнений, позволяющих определить коэффициенты d_{2k} , требуется, чтобы обеспечивалось распределение напряжений на контурах отверстий, близкое к равномерному. Снижение концентрации напряжений на контурах отверстий осуществляем путем минимизации критерия $U = \sum_{i=1}^M [\sigma_t(\theta_i) - \sigma_*]^2 \rightarrow \min$, где σ_* – неизвестное оптимальное значение нормального тангенциального напряжения в поверхностном слое отверстия.

Поставленная задача оптимизации состоит в том, чтобы найти значения неизвестных коэффициентов d_{2k} , обеспечивающие наилучшим образом величины функции $\sigma_t(\theta_i)$ согласно условию (1) при дополнительных ограничениях (3). Таким образом, приходим к задаче на условный экстремум функции $U(\sigma_*, d_{2k})$, когда коэффициенты d_{2k} связаны с дополнительным условием

$$K_1^{(0)a+m\omega} + \varepsilon K_1^{(1)a+m\omega} = 0, \quad K_1^{(0)b+m\omega} + \varepsilon K_1^{(1)b+m\omega} = 0.$$

Для решения задачи на условный экстремум используем метод неопределенных множителей Лагранжа.

Построенные системы уравнений позволяют определить форму равнопрочного контура отверстий, напряженно-деформированное состояние перфорированной стрингерной пластины, а также оптимальное значение нормального тангенциального напряжения σ_* .

Список литературы

- 1 **Ишлинский, А. Ю.** Математическая теория пластичности / А. Ю. Ишлинский, Д. Д. Ивлев. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 704 с.
- 2 **Мухелишвили, Н. И.** Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н. И. Мухелишвили. – М. : Наука, 1966. – 708 с.
- 3 **Панасюк, В. В.** Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках / В. В. Панасюк, М. П. Саврук, А. П. Дацьшин. – Киев : Наук. думка, 1976. – 442 с.
- 4 **Мирсалимов, В. М.** Неоднородные упругопластические задачи / В. М. Мирсалимов. – М. : Наука. 1987. – 256 с.

УДК 517.958

УЕДИНЕННЫЕ ВОЛНЫ ДЕФОРМАЦИИ В СТЕНКАХ КОЛЬЦЕВОГО КАНАЛА С ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТЬЮ, ВЫПОЛНЕННОГО ИЗ НЕСЖИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА С ДРОБНОЙ И КВАДРАТИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

Л. И. МОГИЛЕВИЧ, Е. В. ПОПОВА, М. В. ПОПОВА

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Российская Федерация*

Неразрушающие методы контроля состояния изделий на базе возбуждения в них волн деформации и анализа их эволюции широко применяются для диагностики состояния поверхности [1], контроля состояния упругих конструкций, таких как элементы транспортной инфраструктуры, зданий и сооружений, в том числе стенок трубопроводов [2]. Подходы линейной волновой динамики хорошо развиты [3], но внедрение новых материалов, имеющих нелинейные механические свойства, требует создания фундаментального задела в нелинейной волновой динамике. Предлагаемое исследование нацелено на разработку математической модели для исследования эволюции нелинейных уединенных волн деформации в стенках кольцевого канала, заполненного вязкой несжимаемой жидкостью. В силу осевой симметрии канала исследован осесимметричный случай, когда его стенки рассматриваются как две бесконечно длинные цилиндрические оболочки, выполненные из несжимаемого материала. Другими словами, полагаем, что коэффициент Пуассона материала оболочек равен $\frac{1}{2}$. Кроме того, считаем, что материал рассматриваемых оболочек одинаковый и для него принят нелинейный физический закон, свя-

зываются напряжения и деформации в нем, в виде суммы степенных функций. Осуществлен вывод уравнений динамики оболочек с квадратичной и дробной физической нелинейностью. Сформулирована проблема гидроупругости рассматриваемого канала как краевая задача математической физики, включающая: выведенные уравнения динамики оболочек и уравнения динамики вязкой несжимаемой жидкости, а также краевые условия на границах контакта оболочек с жидкостью. Проведен асимптотический анализ поставленной задачи гидроупругости методом двухмасштабных разложений и получена система двух нелинейных уравнений в частных производных, описывающая нелинейный волновой процесс в стенках рассматриваемого канала. В правых частях данных уравнений в качестве нагрузки выступают напряжения вязкой жидкости, действующие на внешнюю и внутреннюю оболочки. Для частного случая, когда исключается из рассмотрения жидкость между оболочками, данная система распадается на два независимых уравнения, которые представляют собой уравнения Кортевега – де-Вриза – Шамеля (КдВШ) [4–6]. Рассмотрена динамика вязкой жидкости в кольцевой щели между оболочками. С учетом узости данной щели движение жидкости изучалось как ползущее в рамках гидродинамической теории смазки [7]. Определены искомые напряжения вязкой жидкости как функции упругих перемещений оболочек. В результате получена следующая система двух эволюционных уравнений, являющихся обобщением уравнения КдВШ, которая описывает распространение продольных волн деформации в стенках рассматриваемого канала:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi^{(1)}}{\partial t} + 6\alpha_0 |\varphi^{(1)}|^{1/2} \frac{\partial \varphi^{(1)}}{\partial \eta} + 6\alpha_1 \varphi^{(1)} \frac{\partial \varphi^{(1)}}{\partial \eta} + \frac{\partial^3 \varphi_{\eta\eta\eta}^{(1)}}{\partial \eta^3} + \sigma_0 (\varphi^{(1)} - \varphi^{(2)}) &= 0, \\ \frac{\partial \varphi^{(2)}}{\partial t} + 6\alpha_0 |\varphi^{(2)}|^{1/2} \frac{\partial \varphi^{(2)}}{\partial \eta} + 6\alpha_1 \varphi^{(2)} \frac{\partial \varphi^{(2)}}{\partial \eta} + \frac{\partial^3 \varphi_{\eta\eta\eta}^{(2)}}{\partial \eta^3} + \sigma_0 (\varphi^{(2)} - \varphi^{(1)}) &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь при $\alpha_0 = 0$ имеем систему уравнений, обобщающих уравнение КдВ, при $\alpha_1 = 0$ – систему уравнений, обобщающих уравнение Шамеля а при $\alpha_0 = \alpha_1 = 1$ – систему уравнений, обобщающих уравнение КдВШ. Верхний индекс (i) соответствует i -й оболочке, т. е. (1) – внешней; (2) – внутренней оболочке; $u_{10}^{(i)}$ – функция продольного перемещения элемента срединной поверхности i -й оболочки, а также введены обозначения

$$\frac{\partial u_{10}^{(1)}}{\partial \xi} = c_3 \varphi^{(1)}, \quad \frac{\partial u_{10}^{(2)}}{\partial \xi} = c_3 \varphi^{(2)}, \quad \eta = c_1 \xi, \quad t = c_2 \tau, \quad \sigma_0 = \frac{3}{2} \frac{\rho l}{\rho_0 h_0} \left(\frac{R}{\delta} \right)^2 \frac{\nu}{\delta c_0} \frac{1}{\varepsilon^{1/2}} \frac{1}{c_2},$$

$$c_3 = \left[\sqrt{\frac{3}{4}} \frac{m}{m_2 \varepsilon^{1/2}} \frac{1}{(2/\sqrt{3})^{1/2}} \right]^2, \quad c_1 = \left[\frac{c_3}{3\mu_0^2} \frac{m_2}{E} \varepsilon^{1/2} \right]^{1/2}, \quad c_2 = \left[\frac{\sqrt{3}}{2} \frac{c_3 c_1}{6} \frac{m_2}{E} \varepsilon^{1/2} \right]^{1/2},$$

$$\xi = x^* - \sqrt{1 - \mu_0^2} t^*, \quad x^* = x/l, \quad t^* = t c_0/l, \quad \tau = \varepsilon^{1/2} t^*, \quad \frac{h_0^{(i)}}{R^{(i)}} = \varepsilon \ll 1, \quad c_0^2 = E/(\rho_0(1 - \mu_0^2)) = (4/3) E/\rho_0,$$

где c_0^2 – квадрат скорости звука в материале оболочки; t – время; x – продольная координата, ρ_0 – плотность материала оболочки (считаем далее для рассматриваемых оболочек их материал одинаковым); E – модуль Юнга; $\mu_0 = 1/2$ – коэффициент Пуассона материала оболочек; l – длина волны, принимаемая за характерный линейный размер; $h_0^{(i)}$ – толщина i -й оболочки; $R^{(i)}$ – радиус срединной поверхности i -й оболочки; $\delta = R_1 - R_2$ – величина зазора между оболочками в невозмущенном состоянии, R_1, R_2 – радиусы поверхностей контакта с жидкостью внешней и внутренней оболочек, соответственно; ρ – плотность жидкости; ν – коэффициент кинематической вязкости; ε – малый параметр задачи. Под m_2, m понимаем параметры, имеющие размерность напряжений, которые можно трактовать как константы материала оболочки, определяемые из опытов на растяжение-сжатие [8, 9]. Данные параметры являются коэффициентами пропорциональности при квадратичном члене и члене с дробной степенью в физическом законе соответственно. Кроме того, принято во внимание, что в силу малости кольцевого зазора и параметра ε можно принять $R^{(1)} = R^{(2)} \approx R, h_0^{(1)} = h_0^{(2)} \approx h_0$.

Реализовано численное решение системы (1) с использованием подхода, основанного на универсальном алгоритме коммутативной алгебры использующего технику базисов Грёбнера. В результате построения разностного базиса Грёбнера сгенерированы новые разностные схемы типа Кранка – Николсона, полученные с использованием базовых интегральных разностных соотноше-

ний, аппроксимирующих исходную систему уравнений. Проведены вычислительные эксперименты показавшие, что нелинейные уединенные волны, возбуждаемые в оболочках, являются сверхзвуковыми солитонами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00140.

Список литературы

- 1 Антонов, А. М. Волна Рэлея на границе градиентно-упругого полупространства / А. М. Антонов, В. И. Ерофеев // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2018. – № 4 (79). – С. 59–72.
- 2 Метод выделения полезного сигнала для системы обнаружения свободных, слабозакрепленных и посторонних предметов в главном циркуляционном контуре реакторной установки с водо-водяным энергетическим реактором / И. В. Максимов [и др.] // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2018. – № 1 (118). – С. 4–15.
- 3 Волны в сплошных средах / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004.
- 4 Волны деформации в двух соосных, физически нелинейных оболочках с конструкционным демпфированием, взаимодействующих с окружающей средой и заполненных жидкостью / Л. И. Могилевич [и др.] // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2022. – № 3 (140). – С. 34–60.
- 5 Дагхан, Д. Аналитическое решение уравнения Шамеля, описывающее распространение инно-звуковых волн в плазме двух типов, и их параметрическое исследование / Д. Дагхан, О. Донмец // Прикладная математика и техническая физика. – 2018. – Т. 59. – № 3. – С. 5–13.
- 6 The generalized Schamel equation in nonlinear wave dynamics of cylindrical shells / A. Zemlyanukhin [et al.] // Nonlinear Dynamics. – 2019. – Vol. 98, no 1. – P. 185–194.
- 7 Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М. : Дрофа, 2003. – 840 с.
- 8 Лукаш, П. А. Основы нелинейной строительной механики / П. А. Лукаш. – М. : Стройиздат, 1978. – 204 с.
- 9 Каудерер, К. Нелинейная механика / К. Каудерер. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1961. – 778 с.

УДК 539.3

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗУБЬЕВ С ПОКРЫТИЯМИ В ЗУБЧАТЫХ КОЛЕСАХ ИЗ КОМПОЗИТОВ

В. В. МОЖАРОВСКИЙ, Д. С. КУЗЬМЕНКОВ, С. В. КИРГИНЦЕВА

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

Целью расчета зубьев зубчатых колес с покрытиями из композитов (с твердой смазкой) является установление допустимых значений контактных напряжений и деформаций для действующей нагрузки и других параметров и их соответствия физико-механическим свойствам выбранных материалов пары контакта «зуб металлического колеса – покрытие из композита» при принятых геометрических соотношениях, обеспечивающих наибольший срок службы и достаточно высокие эксплуатационные свойства, получение наибольшей работоспособности зубчатой передачи.

В последнее время для проектирования зубчатой передачи стали применяться композиционные материалы на основе различных смол, а также волокнистые армированные материалы. Они имеют хорошие механические свойства, малый удельный вес, высокие динамические свойства, низкие коэффициенты трения. Расчет таких передач при контактном взаимодействии, в основном, построен на изотропных свойствах материала. Но современные волокнистые композиты имеют выраженную анизотропию механических свойств. Эти особенности необходимо учитывать при расчете и конструировании зубчатых колес из композитов.

В данной работе строится математическая модель расчета напряжённо-деформированного состояния (НДС) зубьев с покрытиями для зубчатых колес из композитов при их взаимодействии для системы контакта «зуб металлического колеса – покрытие из волокнистого материала на жестком основании», используя в основе математическую теорию упругости анизотропного тела.

Расчет НДС металлических деталей с покрытиями из композита по схеме «бесконечная упругая полоса, адгезионно связанная с жестким основанием» выполняется при следующих условиях:

- 1) толщина покрытия мала по сравнению с размерами основания;
- 2) область приложения нагрузки и толщина покрытия малы по сравнению с радиусом кривизны поверхности;
- 3) покрытие находится в плоском деформированном или плоском напряженном состоянии;
- 4) контакт зубьев с покрытием моделируется в виде контакта двух цилиндров, один из которых имеет покрытие из композита (рисунок 1).

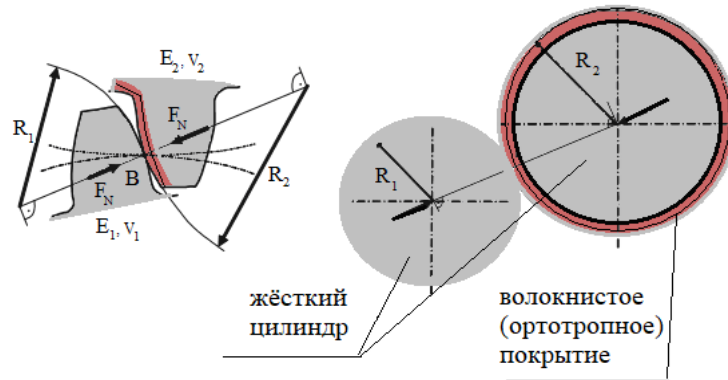


Рисунок 1 – Схема, моделирующая контакт зубьев с покрытием

При этом для толщины h и полуширины зоны контакта a выполняется условие $h/a < 1$, и закон распределения давления в зоне контакта параболический $p_0 = 3P / (4a)$; $p(x) = 3P(a^2 - x^2) / (4a^3)$; $-a \leq x \leq a$, а полуширина зоны контакта определяется по асимптотическим формулам для определения давления и зоны контакта.

Аналогично (как и для изотропной полосы) находим асимптотические зависимости для определения корреляций перемещений $v(x,0)$ и $u(x,0)$ ортотропной полосы на жестком основании при действии нормальной $p(x)$ и касательной $q(x)$ нагрузок на границе $-a < x < a$.

$$v(x,0) = (S_{22} - S_{12}^2 / S_{11}) h p(x), \quad u(x,0) = -S_{66} h q(x) \quad -a < x < a.$$

Входящие в уравнение коэффициенты при плоской деформации

$$S_{12} = (-\nu_{12} - \nu_{13}\nu_{31}) / E_1, \quad S_{22} = (1 - \nu_{32}\nu_{23}) / E_2, \quad S_{11} = (1 - \nu_{13}\nu_{31}) / E_1, \quad S_{66} = 1 / G_{12}.$$

При плоском напряженном состоянии $E_x = E_1, E_y = E_2, \nu_{xy} = \nu_{12}, \nu_{j3} = \nu_{3j} = 0, j=1,2$, где E_j, G_{12}, ν – технические постоянные материала, и выполняется закон Гука.

Определяем НДС покрытия из ортотропного материала при взаимодействии зубьев по методике [1, 2]. Таким образом, приняв параболический закон распределения давления и размеры зоны контакта a , сделав преобразования Фурье \tilde{p} и подставив в уравнения [1], полуширина контакта

$$a = \left(\frac{3}{2} PhR \frac{S_{11}S_{22} - S_{12}^2}{S_{11}} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

Анализ напряженного состояния ортотропной упругой полосы на жестком основании делаем по программе реализации решения задачи на компьютере. Разработана программа для расчета НДС ортотропной полосы на упругом основании [2]. Например, характер изменения напряжений σ_x и σ_y по глубине покрытия под центром загрузки штампа показан на рисунке 2. Из рисунка 2 следует, что напряжения σ_y практически линейно убывают по глубине, а напряжения σ_x имеют максимальные значения на поверхности при $y = 0$ и на границе раздела с жестким основанием.

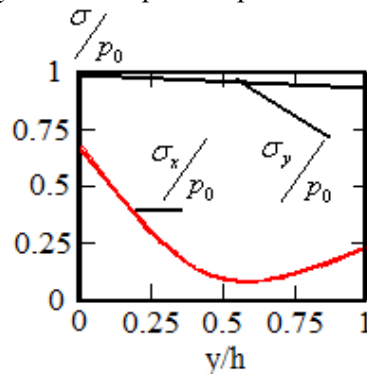


Рисунок 2 – Изменение напряжений σ_x, σ_y в покрытии $a/h = 2$:

$$E_x = 52,7 \text{ ГПа}; E_y = 11,9 \text{ ГПа}; G_{xy} = 5,62 \text{ ГПа}; \nu = 0,25; p_0 = 3P/(4a)$$

Согласно закону Гука для ортотропных тел на границе раздела с жестким основанием имеем зависимость $\sigma_x = (S_{12} / S_{11}) \sigma_y$, что подтверждается расчетами по формулам для вычисления напряжений [1]. Для разных соотношений толщин покрытий произведен расчет напряжений $\sigma_x = k\sigma_y$.

Список литературы

- 1 **Можаровский, В. В.** Прикладная механика слоистых тел из композитов / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский. – Минск : Наука и техника, 1988. – 280 с.
- 2 Реализация алгоритмов расчета напряженно-деформированного состояния элементов машин и трибологических систем / В. В. Можаровский [и др.] // Теоретическая и прикладная механика. – 2020. – № 35. – С. 37–44.

УДК 656.22

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

А. К. МОЗАЛЕВСКАЯ, Е. В. МАЛОВЕЦКАЯ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Динамика погрузки грузов на железных дорогах, несмотря на наличие внешних экономических и политических факторов, возрастает, оказывая существенное влияние на эксплуатационные показатели работы и распределение вагонного парка между железными дорогами, что, в частности, сказывается на значениях участковой скорости [1]. Значительное отклонение фактических показателей от планов показывает некоторую неточность получаемых прогнозных значений при использовании существующих методик, так как на практике достаточно сложно увидеть результаты работы систем и оценить качество прогнозов. Для разработки устойчивых прогнозов изменения транспортных потоков целесообразно применять метод многоэтапного системного прогнозирования, основанный на построении временных рядов [2–4], анализ которых можно проводить при помощи пакета прикладных программ [5], позволяющего в автоматическом режиме оценивать изменения вагонопотоков, которые поступают на стыковые пункты железных дорог Восточного полигона. Это позволит выдвинуть ряд предложений по повышению эффективности использования тягового и нетягового подвижного состава.

В предлагаемом докладе рассматриваются возможности применения комплексного прогнозирования при формировании пакетов прикладных программ.

Теория комплексного прогнозирования, которая объединяет неофициальные и формальные методы, всё еще нуждается в существенном развитии, поскольку введение статистических данных не дает в полном объеме отразить изменения в структуре, происходящие в транспортном комплексе Российской Федерации, в согласовании с намечаемыми и реализуемыми планами. Для анализа были взяты железнодорожные стыковые пункты Мариинск (Красноярская ж. д., Тайшет (ВСЖД), Петровский завод (ЗабЖД) и Архара (ДВЖД). Динамика размеров передачи вагонов по одному из исследуемых стыков (Мариинск) представлена на рисунке 1. По данным графиков достаточно хорошо прослеживаются значительные отклонения фактических размеров вагонопотоков от плановых.



Рисунок 1 – Размеры передачи вагонов по междорожному стыку Мариинск в 2021–2022 г.

Аналогичную картину можно увидеть при анализе сдачи поездов по другим исследуемым стыковочным пунктам. Построение прогноза включает 5 стадий: предпрогнозная; аналитическая; сценарное прогнозирование; экспертная; корректировочная. Полученная модель является достаточно точной, так как средняя абсолютная ошибка (МАРЕ) составляет 1 %. Итогом корректировки является сопоставление модели и ряда с экспертной корректировкой. Модель, которая была построена методом сезонности и тренда, максимально точная, так как имеет наименьшее значение среднеквадратического отклонения [4].

Результатом проведенного анализа является разработанный программный продукт (рисунок 2), позволяющий в автоматическом режиме проводить анализ изменений вагонопотоков, поступающих на стыковые пункты железных дорог Восточного полигона, за расчетный период [5].

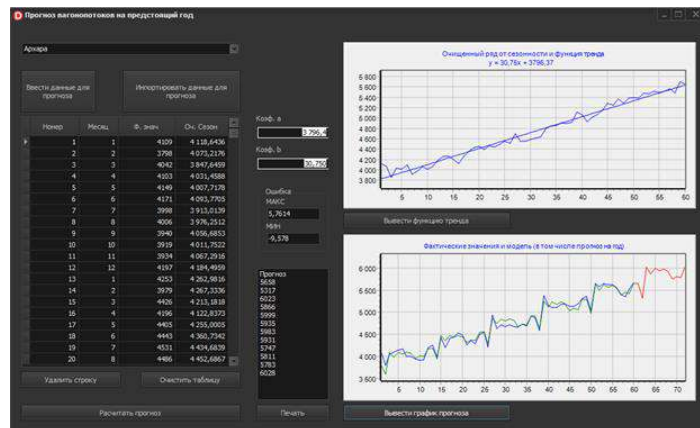


Рисунок 2 – Интерфейс диалогового окна программы расчета вагонопотоков на прогнозный период

Необходимо отметить, что построение прогноза вагонопотоков – первоначальный этап прогнозирования, на основе которого в дальнейшем можно осуществить ряд других задач. По итогам проводимого исследования при построении комплексной модели прогноза можно сделать ряд выводов: модель, построенная в нормальных (стабильных) условиях по историческим данным, дает достаточно точный прогноз; последние 4 года показали, что на систему могут значительно влиять другие факторы, не связанные с развитием самой системы, для учета которых в модель прогноза необходимо вводить дополнительные коэффициенты и критерии оценки прогноза.

Полученные результаты исследований показывают адекватность модели с учетом экспертной корректировки прогноза. Получены максимально точные значения, что доказывает состоятельность прогнозов для первоначального этапа. Анализ работы стыковых пунктов наглядно показывает, что вопросам развития планирования и прогнозирования транспортных потоков уделяется недостаточно внимания. Также необходимо применение комплексного подхода при составлении прогнозов.

Список литературы

- 1 Маловецкая, Е. В. Возможности повышения эффективности перевозочного процесса на основе построения комплексных прогнозных моделей загрузки инфраструктуры / Е. В. Маловецкая, А. К. Мозалевская // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2023. – Т. 17, № 7. – С. 38–46. – DOI : 10.36724/2072-8735-2023-17-7-38-46.
- 2 Развитие и интеграция информационных технологий управления перевозочным процессом при создании Цифровой Генеральной схемы развития сети ОАО «РЖД» в рамках проекта «Цифровая железная дорога» / А. Ф. Бородин [и др.] // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». – 2021. – № 6. – С. 5–14.
- 3 Маловецкая, Е. В. Возможности применения моделей ARIMA при построении прогнозных значений вагонопотоков / Е. В. Маловецкая, А. К. Мозалевская // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2023. – Т. 17, № 1. – С. 33–41. – DOI : 0.36724/2072-8735-2023-17-1-33-41.
- 4 Маловецкая, Е. В. Возможности корректировки вагонопотоков в адрес морских портов по средствам имитационного моделирования / Е. В. Маловецкая // Т-Сomm: Телекоммуникации и транспорт. – 2022. – Т. 16, № 10. – С. 36–42. – DOI : 10.36724/2072-8735-2022-16-10-36-42.
- 5 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022661676 Российская Федерация. Программа для определения технико-эксплуатационных показателей работы стыковой железнодорожной станции на основе использования статистических данных и вариантных прогнозных сценариев колебаний поступающих вагонопотоков № 2022660561 / Е. В. Маловецкая, А. В. Супруновский, А. К. Мозалевская. заявл. 07.06.2022; опубл. 24.06.2022 ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Иркутский гос. ун-т путей сообщения.

РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ БРУСА ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННЫХ СИЛ С УЧЕТОМ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ

А. А. МУРАДОВ

Наманганский инженерно-технологический институт, Республика Узбекистан

А. АБДУСАТТАРОВ, Н. Б. РУЗИЕВА

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В статье приводятся упрощенные модели расчета бруса при совместном действии сил с учетом повреждаемости материала. На основе вариационного принципа Гамильтона – Остроградского получена система дифференциальных уравнений движения (равновесия), приведена схема реализации пример расчета бруса.

Рассмотрим брус прямоугольного сечения при воздействии внешних сил. Ось OX направим по длине стержня, а оси OZ и OY – поперек бруса. Перемещения точек бруса при совместном действии продольных, поперечных и крутильных сил можно представить в следующем виде [1, 2]:

$$u_1 = u - y\alpha_1 - z\alpha_2, \quad u_2 = v - z\theta, \quad u_3 = w + y\theta, \quad (1)$$

где u, v, w – перемещения центральной линии бруса; α_1, α_2 – углы поворота сечения при чистом изгибе; θ – угол кручения.

Согласно формуле Коши, с учетом (1) определены компоненты деформации. Используя закон Гука, компоненты напряжений выразим через деформации следующим образом:

$$\sigma_{11} = 3Ge_{11}, \quad \sigma_{13} = Ge_{13}, \quad \sigma_{12} = Ge_{12}. \quad (2)$$

Предполагается, что модуль сдвига G линейно зависит от повреждаемости $\eta(e_u)$.

$$G = G_0(1 - \gamma\eta(e_u)). \quad (3)$$

Кинетические уравнения повреждаемости представим в виде [3]

$$\frac{d\eta}{de_u} = A \cdot \frac{\varepsilon_u^\alpha}{(1 - \gamma\eta_n)^\beta} \quad \text{или} \quad \frac{d\eta}{de_u} = A\varepsilon_u^\alpha.$$

Для вывода уравнений движения бруса при совместном действии сил с учетом повреждаемости используем вариационный принцип Гамильтона – Остроградского [2]:

$$\delta \int_t (T - \Pi + A) dt = 0, \quad (4)$$

где вариации кинетической энергии определяются по формуле

$$\delta \int_t T dt = \int_t \int_v \rho \sum_{i=1}^3 \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} \cdot \delta \frac{\partial u_i}{\partial t} \right) dv dt. \quad (5)$$

Учитывая выражения (1), (2), вариации кинетической энергии представим в векторном виде

$$\delta \int_t T dt = \int_t \int_x \tilde{A} \frac{\partial Y}{\partial t} E \delta Y dx \Big|_t - \int_t \int_x \tilde{A} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} E \delta Y dx dt, \quad (6)$$

Вариация потенциальной энергии и работа внешних сил бруса в данной постановке имеют вид

$$\delta \int_t \Pi dt = \int_t \int_v \left(\sum_{i=1}^3 \sigma_{i1} \delta e_{i1} \right) dv dt = \int_t \int_v \left[\sigma_{11} \delta e_{11} + \sigma_{12} \delta e_{12} + \sigma_{13} \delta e_{13} \right] dV dt. \quad (7)$$

$$\delta \int_t A dt = \int_t \int_v \sum_{i=1}^3 p_i^{(n)} \delta u_i^{(n)} dv dt + \int_t \int_s \sum_{i=1}^3 q_i^{(n)} \delta u_i^{(n)} ds dt + \int_t \int_{s_1} \sum_{i=1}^3 f_i^{(n)} \delta u_i^{(n)} ds_1 dt \Big|_x. \quad (8)$$

Аналогично определяем вариации потенциальной энергии и работу внешних сил в векторной форме:

$$\delta \int_t \Pi dt = \int_t \left\{ (A^{(e)} - A^{(n)}) \frac{\partial Y}{\partial x} + (B^{(e)} - B^{(n)}) Y \right\} E \delta Y dt \Big|_x + \int_t \int_x \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left((A^{(e)} - A^{(n)}) \frac{\partial Y}{\partial x} + (B^{(e)} - B^{(n)}) Y \right) + (C^{(e)} - C^{(n)}) \frac{\partial Y}{\partial x} + (D^{(e)} - D^{(n)}) Y \right\} E \delta Y dx dt ; \quad (9)$$

$$\delta \int_t A dt = \int_t Q^\Gamma \delta Y dt \Big|_x + \int_t \int_x Q^\Pi dY dx dt . \quad (10)$$

Подставляя векторные выражения вариации кинетической (6), потенциальной (9) энергий и работы внешних сил (10) в вариационный принцип (4), в результате получаем следующую краевую задачу:

$$\tilde{A} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left[(A^{(e)} - A^{(n)}) \frac{\partial Y}{\partial x} + (B^{(e)} - B^{(n)}) Y \right] + (C^{(e)} - C^{(n)}) \frac{\partial Y}{\partial x} + (D^{(e)} - D^{(n)}) Y + Q^u = 0; \quad (11)$$

$$\left\{ (A^{(e)} - A^{(n)}) \frac{\partial Y}{\partial x} + (B^{(e)} - B^{(n)}) Y + Q^{\Gamma P} \right\} \delta Y \Big|_x = 0; \quad \tilde{A} \frac{dY}{dt} E \delta Y \Big|_t = 0. \quad (12)$$

Для решения краевой задачи используется метод конечных разностей и метод последовательных приближений [4]. В процессе их аппроксимации применяется центральная разностная схема второго порядка точности. Схема приложения распределения внешней нагрузки представлена на рисунке 1.

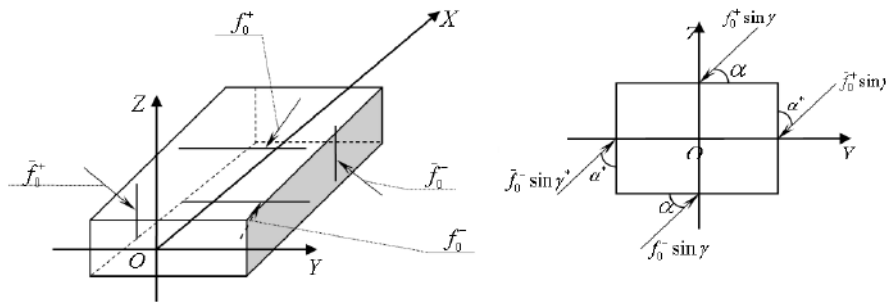


Рисунок 1 – Схема приложения внешней нагрузки

Для реализации приведенного алгоритма использована модифицированная комплексная программа на объектно ориентированном языке.

В качестве примера приводим результаты расчета бруса прямоугольного поперечного сечения, заземленного по торцам при действии совместных переменных сил [3, 5]. Задача решена при следующих исходных данных: материальные константы кинетического уравнения повреждаемости: $A = 1,2 \cdot 10^{-4}$; $\alpha = \beta = 5$; $\gamma = 0.8$. Результаты расчета приводятся ($y = 0$; $z = b_0$) в точках поперечного сечения стержня $x = 0,0, \dots, x = 1,0$ при постоянной интенсивности нагрузки. В таблице 1 приведены изменения расчетных величин: прогиба, углы поворота и повреждаемости.

Таблица 1

x	Результаты упругого расчета					
	w	α_1	α_2	v	u	η
0,0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,0001621
0,2	-0,029073	-0,229328	-0,214975	-0,027255	-0,000635	0,0001266
0,4	-0,073375	-0,174730	-0,163816	-0,068788	-0,001128	0,000122
0,6	-0,089592	0,028530	0,026741	-0,083994	-0,001481	0,000137
0,8	-0,061512	0,245190	0,229877	-0,057670	-0,001692	0,000129
1,0	0,000000	0,339911	0,318683	0,000000	-0,001763	0,000121

Результаты численного расчета показывают, что с увеличением интенсивности внешней нагрузки δ пропорционально увеличиваются значения компонентов вектора перемещения и соответственно внутренних усилий. При этом сохраняются основные законы изменения

перемещений и угла поворота, где сплошные линии – упругий расчет (при $\delta = 1, 2, 3$), а штрих-пунктирная линия – с учетом повреждаемости (при $\delta = 3$).

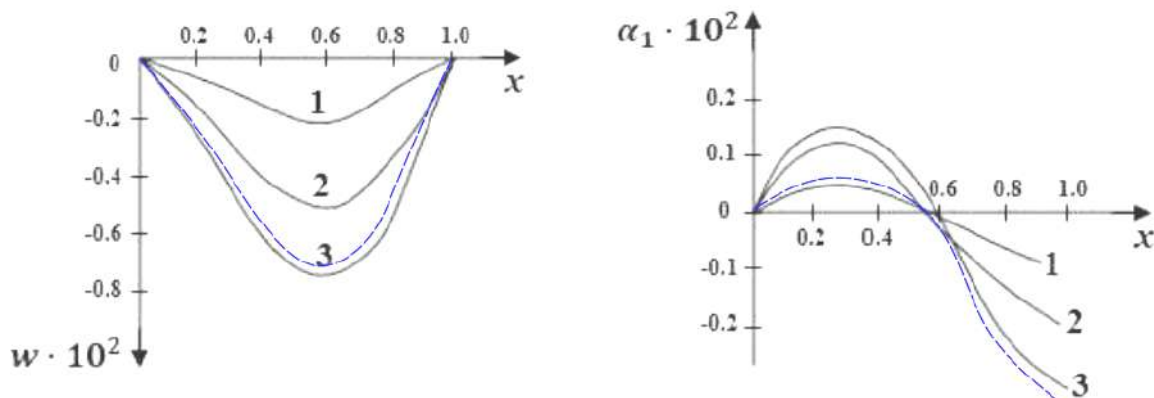


Рисунок 2 – Изменения перемещений и угла поворота по длине бруса

Анализ численного эксперимента показывает, что с увеличением внешней нагрузки изменяются зоны повреждаемости. В свою очередь это влияет на кинетику перемещений, усилий и моментов элементов конструкции типа бруса.

Список литературы

- 1 Власов, В. З. Избранные труды. Т. I–III. / В. З. Власов. – М. : Наука, 1962–1964. – 1506 с.
- 2 Кабулов, В. К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной теории пластичности / В. К. Кабулов // Ташкент : Фан, 1966. – 394 с.
- 3 Абдусаттаров, А. Уругоупругий расчет тонкостенных стержней при переменном нагружении с учетом повреждаемости / А. Абдусаттаров, А. И. Исомиддинов Н. Б. Рузиева // Проблемы механики. – 2021. – № 2. – С. 3–16.
- 4 Годунов, С. К. Разностные схемы / С. К. Годунов, В. С. Рябенкий. – М. : Наука, 1973. – 400 с.
- 5 Старовойтов, Э. И. Циклическое нагружение уругоупругих трёхслойных стержней с учетом их повреждаемости / Э. И. Старовойтов, А. Абдусаттаров, Н. Б. Рузиева // Проблемы механики. – 2023. – № 1. – С. 66–74.

УДК 539.3

ТЕМРОРАДИАЦИОННОЕ НЕОСЕССИММЕТРИЧНОЕ НАГРУЖЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПЛАСТИНЫ

А. В. НЕСТЕРОВИЧ, Ю. В. ШАФИЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В статьях [1–4] рассматривается деформирование трехслойных пластин при статических и динамических видах нагружений. Влияние неосесимметричных нагрузок на напряженно-деформированное состояние круговой трехслойной пластины в своей плоскости рассмотрено в [5]. В данной работе исследовано деформирование в терморрадиационном стационарном поле круглых уругоупругих трехслойных пластин при воздействии неосесимметричных нагрузок $p_r(r, \varphi)$, $p_\varphi(r, \varphi)$, приложенных к срединной плоскости заполнителя.

Постановка задачи и ее решение проводятся в полярной системе координат r, φ, z , которая связывается со срединной плоскостью заполнителя. Кинематика пакета соответствует гипотезам ломаной линии. Аналитическое решение приводится при нахождении пластины в стационарном температурном поле T и облучается нейтронным потоком I . Рассматривается только плоская часть задачи, где u_r, u_φ – искомые радиальные и тангенциальные перемещения.

В соответствии с соотношениями теории малых уругоупругих деформаций Ильюшина в слоях пластины связь напряжений и деформаций имеет следующий вид:

$$s_{\alpha\beta}^{(k)} = 2G_k(T) \left(1 - \omega_k(\varepsilon_u^{(k)}, T, I) \right) \varepsilon_{\alpha\beta}^{(k)} \quad (\alpha = r, \varphi),$$

$$\sigma^{(k)} = 3K_k(T) \left(\varepsilon^{(k)} - \alpha_0^{(k)} \Delta T - BI \right) \quad (\alpha, \beta = r, \varphi; k = 1, 2, 3),$$

где $\omega_k(\varepsilon_u^{(k)}, T, I)$ – функции физической нелинейности материалов слоев.

Согласно вариационному методу Лагранжа были получены уравнения равновесия рассматриваемой пластины с учетом терморрадиационного поля. Система дифференциальных уравнений в переменных

$$L_2(u_r^{(n)}) + \frac{a_3}{a_1 x^2} u_{r, \varphi\varphi}^{(n)} + \frac{a_2 + a_3}{a_1 x} u_{\varphi, \varphi x}^{(n)} - \frac{a_1 + a_3}{a_1 x^2} u_{\varphi, \varphi}^{(n)} = \frac{r_0^2}{a_1} (-P_r + P_{r\omega}^{(n-1)}),$$

$$L_2(u_\varphi^{(n)}) + \frac{a_2 + a_3}{a_3 x} u_{r, x\varphi}^{(n)} + \frac{a_1}{a_3 x^2} u_{\varphi\varphi}^{(n)} + \frac{a_1 + a_3}{a_3 x^2} u_{r, \varphi}^{(n)} = \frac{r_0^2}{a_3} (-P_\varphi + P_{\varphi\omega}^{(n-1)}),$$

где n – номер приближения; a_i – коэффициенты, определяемые модулями упругости материалов и толщины слоев при стационарной температуре T ; L_2 – оператор Бесселя; $P_{r\omega}^{(n-1)}$, $P_{\varphi\omega}^{(n-1)}$ – дополнительные нагрузки, являющиеся добавками на нелинейность материалов слоев пластины.

Полученные решения позволяют исследовать напряженно-деформированное состояние круглых трехслойных пластин при неосесимметричных нагрузках в терморрадиационных полях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T22M-072).

Список литературы

- 1 **Маркова, М. В.** Механико-математическая модель деформирования трехслойной пластины ступенчато-переменной толщины при восприятии многократно-повторной нагрузки / М. В. Маркова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 24–25 ноября, 2022 г. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Ч. 2. – С. 209–211.
- 2 **Леоненко, Д. В.** Напряженно-деформированное состояние физически нелинейной трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым заполнителем / Д. В. Леоненко, А. С. Зеленая // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 2 (43). – С. 77–82.
- 3 **Козел, А. Г.** Термоупругий изгиб круговой трехслойной пластины, связанной с основанием Пастернака / А. Г. Козел // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – № 2 (51). – С. 31–37.
- 4 **Нестерович, А. В.** Термоупругий изгиб круговой слоистой пластины со сжимаемым заполнителем / А. В. Нестерович, Ю. В. Шафиева // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVIII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова, Кременки, 16–20 мая 2022 г. – М. : TP-принт, 2022. – Т. 2. – С. 86–88.
- 5 **Старовойтов, Э. И.** Неосесимметричное нагружение упругопластической трехслойной пластины в своей плоскости / Э. И. Старовойтов, А. В. Нестерович // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. – 2022. – № 2. – С. 57–69.

УДК 625.1.001.891.573

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ КРИВОЙ СКАТЫВАНИЯ ВАГОНОВ ПО ПРОДОЛЬНОМУ ПРОФИЛЮ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

С. П. НОВИКОВ А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Спускная часть сортировочной горки рассматривается как последовательность участков соответствующих длин с уменьшающимися по значениям уклонами от скоростного до нулевого. Отсутствие удобного для использования математического выражения кривой скатывания приводит к необходимости конструирования продольного профиля горки по условию прохода очень плохого бегуна до расчетной точки при неблагоприятных условиях скатывания и минимальной скорости надвига. В результате методика оценки качества проектируемого продольного профиля оказывается достаточно сложной, так как расчет достигаемых скоростей и интервалов между отцепами необходимо выполнять методами моделирования.

Известно, что кривой, обеспечивающей кратчайшее время скатывания материального тела из одной точки в другую, является брахистохрона, представляющая собой для профиля сортировочной горки пологую кривую переменной кривизны с расчетом значения достигаемой высоты тела h при скатывании от проекции пройденного расстояния L . Так как уравнение брахистохроны не может быть представлено в виде разделяющихся переменных h и L , то для практических расчетов целесообразно получить удобные аналитические аппроксимации с достаточным приближением к брахистохроне.

Пусть проектируемый профиль с аппроксимацией по брахистохроне определяется участком пути между точками A и B и начинается с некоторой точки A после горба горки (рисунок 1).

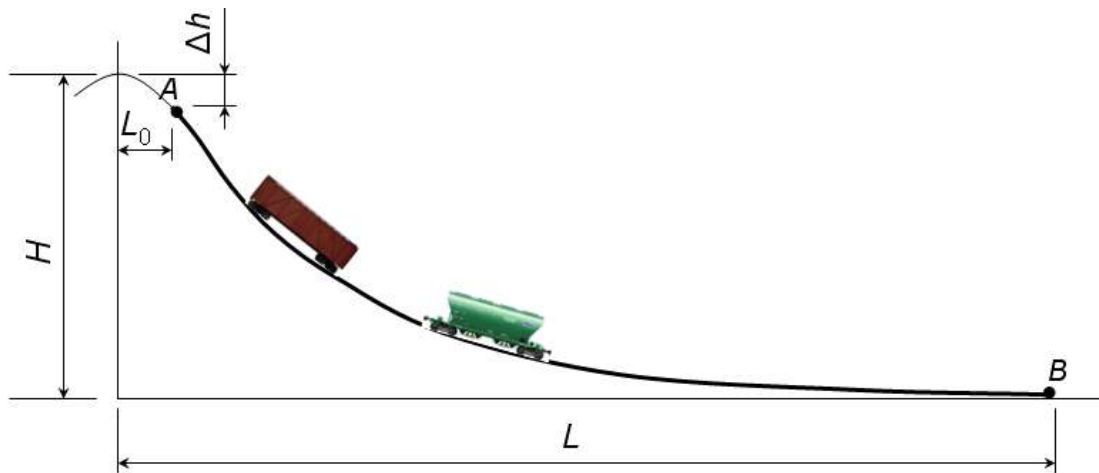


Рисунок 1 – Выделение участка спускной части сортировочной горки для аналитического описания кривой

В качестве модели поверхности скатывания отцепов с сортировочной горки предлагается выбрать участок циклоиды, поскольку она является брахистохроной. Рассмотрим реализацию модели для горок с координатами точек $A(x_0, y_0)$ и $B(x_1, y_1)$.

Уравнение циклоиды можно получить в параметрическом виде:

$$x = a(t - \sin t); \quad y = a(1 - \cos t).$$

Чтобы участок циклоиды начинался в точке $A(x_0, y_0)$, нужно совершить параллельный перенос начала кривой $(x(t_0); y(t_0)) = (a(t_0 - \sin t_0); a(1 - \cos t_0))$ в эту точку. При этом уравнения кривой примут вид

$$x(t) = a(t - \sin t) - a(t_0 - \sin t_0); \quad y(t) = -a(1 - \cos t) + a(1 - \cos t_0) + y_0 = a(\cos t - \cos t_0) + y_0.$$

Нижняя точка кривой должна находиться в точке $B(x_1, y_1)$: $x_1 = a(t_1 - \sin t_1) - a(t_0 - \sin t_0)$; $y_1 = a(\cos t_1 - \cos t_0) + y_0$. При фиксированном t_1 получим систему двух уравнений с двумя неизвестными для нахождения требуемых значений a и t_0 .

В качестве примера рассмотрим случай, когда нижняя точка спуска совпадает с вершиной циклоиды для горки высотой 3 м ($y_0 = 3$) и длиной 300 м ($x_1 = 300$). Тогда $a \approx 3750$, $t_0 = 3,1016$. График получившегося участка циклоиды представлен на рисунке 2.

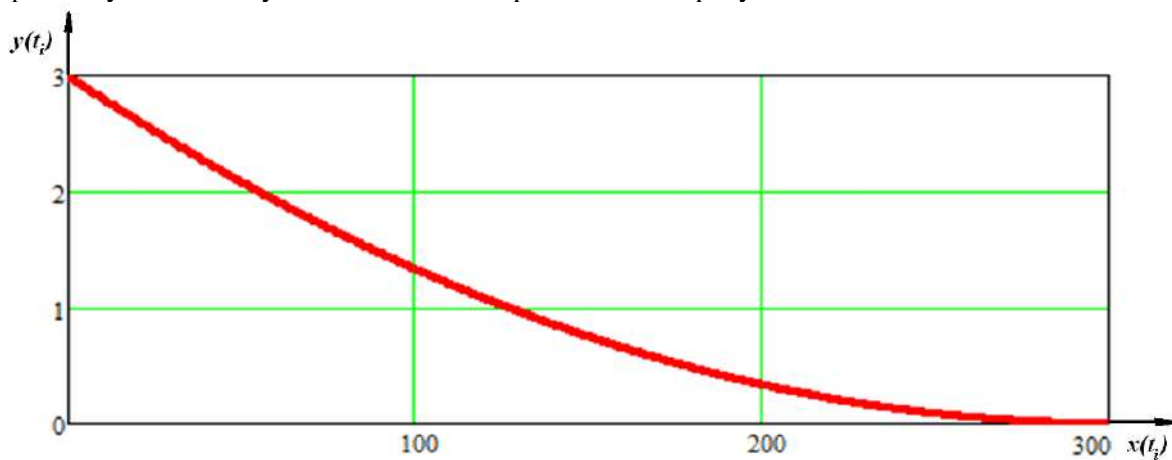


Рисунок 2 – Профиль скатывания вагонов по циклоиде

Сравнение расчетных уклонов с рекомендуемыми по нормам проектирования горок средней мощности (с высотой 3–3,5 м) на характерных интервалах скатывания представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Значения уклонов по модели и рекомендуемые нормативами проектирования горок

Показатель	Значение							
	0–35	35–85	5–115	115–145	145–175	175–255	255–270	270–300
Расстояние скатывания вагонов по проекции от точки А, м	0–35	35–85	5–115	115–145	145–175	175–255	255–270	270–300
Уклоны модельной горки, ‰	18–20	14–18	12–14	10–12	8–10	5–8	2–5	0,1–2
Требуемые рекомендации по значениям уклонов, ‰	35–40	15–25	12–20	10–15	7–10	1–2,5	1–1,5	0,5–1

Сравнение модельного и канонического профилей горки показывает, что первый скоростной уклон в модельной горке, запроектированной по циклоиде, оказывается излишне пологим. Величина уклона на этом участке должна быть в 2 раза больше. Остальные участки продольного профиля модели в целом соответствуют требованиям.

Если по данному модельному профилю имитировать скатывание вагона (в первом приближении это стальной шар общей массой 50 тонн с равномерно распределенной плотностью массы по всему объему), то график изменения скорости скатывания шара по такой горке будет иметь вид, представленный на рисунке 3.

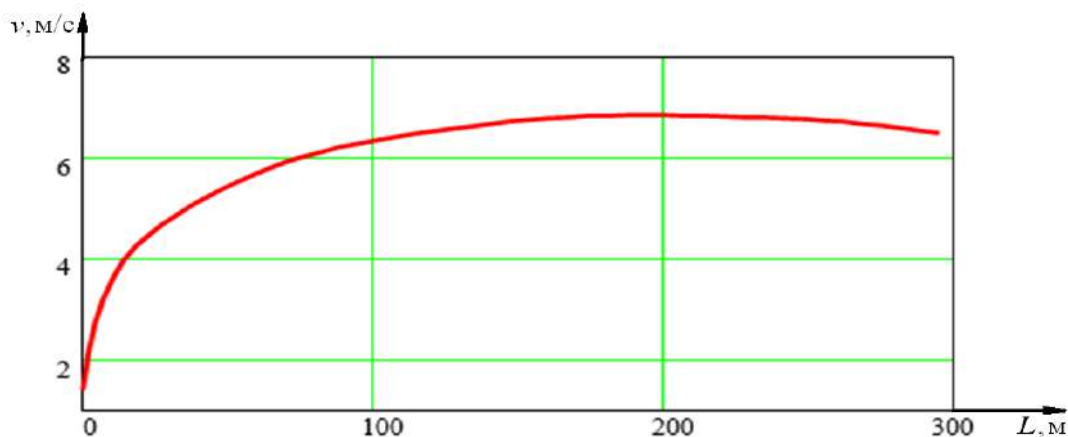


Рисунок 3 – График изменения скорости движения имитации вагона по циклоидальному профилю

Следует отметить, что данный график отражает движение материального тела без учета трения, которое существенно повлияет на скоростной режим вагона, особенно в начале пути скатывания, где величина первого скоростного уклона значительно ниже требуемого по нормативам проектирования сортировочной горки. Поэтому необходимо исследовать другие возможности аналитического описания продольного профиля горки.

Список литературы

- 1 Головнич, А. К. Моделирование процесса роспуска вагонов на адекватной трехмерной компьютерной реконструкции сортировочной горки / А. К. Головнич, С. П. Новиков, С. Ю. Чапский // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. В 5 ч. Ч. 3. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 15–16.
- 2 Головнич, А. К. Исходная математическая модель и визуализация процесса интервального скатывания объектов с упругой поверхностью имитации сортировочной горки / А. К. Головнич, С. П. Новиков // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 15–16.
- 3 Новиков, С. П. Математическая модель скатывания простейших имитаций вагона с поверхности сортировочной горки / С. П. Новиков, А. К. Головнич // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. В 2 ч. Ч. 2. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 230–232.
- 4 Луговцов, М. Н. Проектирование сортировочных горок / М. Н. Луговцов, В. Я. Негрей. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 170 с.

КОНТАКТНАЯ ЗАДАЧА В НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПОСТАНОВКЕ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЖЕСТКОГО УДАРНИКА И МЕМБРАНЫ НА СВЕРХЗВУКОВОМ РЕЖИМЕ

А. С. ОКОНЕЧНИКОВ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

*Московский авиационный институт (НИУ), Москва, Российская Федерация,
НИИ механики МГУ, Российская Федерация*

Е. С. ФЕОКТИСТОВА

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Вопросу решения контактных задач уделили свое внимание многие современные ученые. Однако большинство работ направлено на рассмотрение контактных задач в стационарной постановке. Представленная же работа направлена на изучение динамического взаимодействия ударника и мембраны. В качестве ударника рассматривается жесткий штамп, ограниченный выпуклой поверхностью. Взаимодействие между исследуемыми телами протекает во сверхзвуковом режиме. Как правило, если речь заходит о нестационарной постановке задачи, то исследование ведется с помощью численно-аналитических алгоритмов. В рамках данной работы удалось получить решение аналитическим путем.

В начальный момент времени ударник, все точки которого обладают некоторой скоростью v_0 , касается бесконечной мембраны. Вектор движения ударника перпендикулярен плоскости мембраны. При решении поставленной задачи были введены следующие допущения:

- 1) сила трения в системе отсутствует;
- 2) вне области контакта мембрана не деформирована.

В начальный момент времени t_0 мембрана находится в состоянии покоя, вследствие чего начальные условия для мембраны являются однородными.

В ходе работы над поставленной задачей было получено дифференциальное уравнение, связывающее глубину внедрения ударника в мембрану с радиусом пятна контакта на сверхзвуковом этапе взаимодействия.

На данный момент аналитическое решение поставленной задачи удалось получить для ударников цилиндрической, параболической и гиперболической форм, для решения задач с ударником более сложной формы предлагается использовать численное интегрирование уравнения методом Рунге – Кутты.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАПЛЕУДАРНОЙ ЭРОЗИИ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. А. ОРЕХОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Исследуются методы процессов каплеударной эрозии конструкционных авиационных материалов и повышение точности прогнозов критических параметров внешних воздействий, приводящих к интенсивному разрушению поверхности элементов конструкций высокоскоростных летательных аппаратов, движущихся в атмосфере в дождевых условиях.

Проводится математическое моделирование процессов образования повреждений на поверхностях летательного аппарата при высокоскоростном полете через зоны дождя. Несмотря на малый размер капель и их малую массу, множественное ударное воздействие по поверхности материала

приводит к выкрашиванию и износу материалов, который может в результате приводить к полному разрушению носовых обтекателей, элементов теплозащиты, лопаток турбин, изменению геометрии аэродинамических поверхностей, снижению безопасности полета и т. д.

Решение проблемы каплеударной эрозии связано с выбором достаточно прочных материалов. Построение математической модели процессов каплеударной эрозии является важной составляющей в решении проблемы обеспечения защиты поверхностей высокоскоростных летательных аппаратов.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать новый численно-аналитический метод, основанный на использовании поверхностных функций влияния и позволяющий снизить ресурсоемкие расчеты. Предлагается впервые исследовать не только единичный, но и периодический и стохастический режимы каплеударного воздействия. Приводятся примеры тестовых расчетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 23-49-00133), выданного Московскому авиационному институту.

УДК 539.3

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОБЪЕМНОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА

А. А. ОРЕХОВ, Т. С. ТЕРЕЩЕНКО

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Аналитическими методами построена новая математическая модель для обобщенного гиперболического уравнения теплопроводности. Найденное решение соответствует воздействию сосредоточенного во времени и координатах объемного источника тепла, расположенного в теплопроводящем полупространстве. Для решения используются интегральные преобразования Фурье по пространственным координатам и интегральные преобразования Лапласа по времени. Соответствующие оригиналы построены аналитическими методами.

Показано, что фундаментальное решение представляет собой две сферические тепловые волны. Первая волна распространяется от источника, а вторая является отраженной тепловой волной от поверхности полупространства. Представлены графические результаты, раскрывающие особенности процесса распространения тепловой волны в полупространстве с учетом конечной скорости движения тепловых фронтов. Получено интегральное представление, позволяющее получать решения задачи о произвольных объемных источниках тепла в полупространстве. С использованием найденного фундаментального решения приведен пример решения задачи о действии непрерывного сосредоточенного источника тепла в полупространстве.

Полученный результат позволит с большой точностью решать задачи о высокоинтенсивных тепловых потоках в новых материалах с неклассическими теплопроводящими свойствами, а также оценки вклада нестационарной теплопроводности в процессы теплопереноса в материалах и конструкциях, подвергающихся воздействию интенсивных тепловых потоков (нагрев газами с высокой энтальпией, лазерная обработка поверхности, аддитивные технологии и т. д.).

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSFF-2023-0004).

УДК 620.193

ПОВЕДЕНИЕ ЛЕЙКОСАПФИРА ПРИ АЭРОГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ ОБТЕКАНИИ И НАГРЕВЕ ПОТОКАМИ ВОЗДУШНОЙ И АЗОТНОЙ ПЛАЗМ

В. А. ПОГОДИН, А. Н. АСТАПОВ

Московский авиационный институт, Российская Федерация

Работа продолжает систематические исследования [1–3], направленные на проведение анализа, корректировки и дополнения теоретического обоснования процессов пристеночной каталитической рекомбинации и аэрогазодинамического нагрева материалов в условиях воздействия скоростных высокоэнтальпийных потоков газа.

Исследуются образцы лейкосапфира толщиной 3 мм с ориентацией по плоскости (1120), полученные механической обработкой монокристалла (0001) с чистотой 99,999 мас. %, выращенного методом Чохральского из расплава.

Газодинамические испытания образцов проводили при скорости потока 4,5–4,8 км/с и энтальпии торможения до 55–60 МДж/кг на аэродинамическом стенде ФАУ «ЦАГИ» [1], оснащенный индукционным плазмотроном. В качестве стандарта для определения константы скорости каталитической рекомбинации использовали образцы из C_r/C -SiC композита с жаростойким покрытием $Si-TiSi_2-MoSi_2-TiB_2$ [4, 5]. Расчетное значение константы скорости гетерогенной рекомбинации для данного покрытия $K_w = 4$ м/с. Изменение величины спектральной излучательной способности образцов в процессе испытаний определяли из соотношения интенсивностей излучения при яркостной и спектральной температурах, измеренных одновременно спектрометром USB2000+ (Ocean Optics, США) с лицевой поверхности образцов. Термодинамическую (истинную) температуру лицевой поверхности образцов T_w определяли путем пересчета яркостной температуры, измеренной пирометром VS-СТТ-285/Е/Р-2001 (ООО «Видеоскан», Россия), с учетом поправки на установленный характер изменения излучательной способности на длине волны 890 нм. Огневые эксперименты сопровождали численным моделированием течений газовых смесей в рамках полных уравнений Навье – Стокса и упрощенных уравнений Максвелла.

Рентгеновский фазовый анализ (РФА) выполняли на дифрактометре ARL X'tra (Thermo Fisher Scientific, Швейцария). Для оценки количественного содержания фаз использовали метод Ритвельда с применением программы Siroquant V3 (Sietronics Pty Ltd, Австралия). Микроструктурные исследования проводили на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) EVO-40 (Carl Zeiss, Германия), оснащенный рентгеновским энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) X-Max 50 (Oxford Instruments, Великобритания).

Расчет изобарно-изотермического потенциала ΔG (свободной энергии Гиббса) возможных химических реакций проводили с помощью online-калькулятора FACT, разработанного в Ecole Polytechnique and McGill University (Канада).

Во время испытаний температура на лицевой поверхности образцов поднималась до 2050 °С при давлении торможения 20 кПа в потоке плазмы воздуха и не поднималась выше 1900 °С при давлении торможения 40 кПа в потоке плазмы азота. Характер взаимодействия диссоциированного потока воздуха и азота с поверхностью лейкосапфира принципиально различается. Поверхность оксида алюминия после воздействия воздушной плазмы структурируется. Наблюдается генерация вицинальных поверхностей [1]. Образование террасных структур возможно в процессе рекристаллизации нарушенного слоя, а также при плазменном травлении поверхности.

При рекристаллизации по мере увеличения температуры ступени объединяются и при достижении температуры плавления сглаживаются. Однако по данным СЭМ участки оплавленной поверхности оксида алюминия и места стекания расплава на боковых плоскостях также структурированы. Можно было бы предположить, что образование вицинальных поверхностей связано с плазменным травлением нарушенного поверхностного слоя оксида алюминия. Но согласно данным РФА после воздействия плазмы наблюдается рост плотности дислокаций (плоскостей скольжения), что характерно при рекристаллизации нарушенного слоя. Таким образом, образование террасных структур реализуется по смешанному механизму. Важно отметить, что плазменное травление является массообменным процессом (абляцией) с участием частиц газа, с одной стороны, и атомов алюминия и кислорода поверхности – с другой.

Помимо этого, на дифрактограмме лейкосапфира после воздействия плазмы воздуха появились рефлексы, соответствующие кубической модификации оксида алюминия, нестабильной в условиях эксперимента. Формирование более рыхлой кубической решетки оксида алюминия при температурах порядка 2000 °С затруднительно обосновать. Вероятно, кубическая решетка стабилизируется в процессе кристаллизации расплава оксида алюминия, содержащего абсорбированные атомы кислорода из газового потока. Тогда это предполагает наличие расстехиометрии. И действительно, по данным ЭДС наблюдается незначительное отклонение от стехиометрического состава в пользу увеличения доли кислорода (Al_2O_{3+x}). Получается, что помимо абляции процесс рекомбинации в потоке диссоциированного воздуха сопровождается абсорбцией кислорода расплавом оксида алюминия.

В среде плазмы азота на поверхности оксида алюминия протекает азотирование с образованием согласно РФА соединений $Al_{23}O_{27}N_5$ и AlN . По данным расчета свободной энергии Гиббса установлено, что процесс азотирования оксида алюминия сопровождается значительным эндотермическим

эффектом и протекает через взаимодействие с диссоциированными атомами азота. Вытеснение более электроотрицательного кислорода молекулярным азотом согласно расчетам изменения термодинамического потенциала ΔG не реализуется даже при достижении температуры плавления оксида алюминия.

Расчетное значение константы скорости каталитической рекомбинации K_w для лейкосапфира в воздушной плазме составило 32 ± 5 м/с, а в среде плазмы азота – всего лишь $7 \pm 1,5$ м/с. Объяснить полученный результат непросто. Можно предположить, что азот рекомбинирует в газовой фазе и поверхность оксида алюминия не контактирует с атомарным азотом. Но тогда в этом случае невозможно обосновать процесс азотирования, который возможен только в случае адсорбции атомарного азота на поверхности оксида алюминия.

Полученные результаты позволяют сделать заключение, что основной вклад в аэрогазодинамический нагрев поверхности лейкосапфира в среде плазмы воздуха обеспечивает 18 об. % кислорода. При этом доля азота в 4 раза выше, чем кислорода, а энергия диссоциации связи азот – азот составляет 942 кДж/моль, что почти в 2 раза выше, чем у связи кислород – кислород – 494 кДж/моль. Тем не менее в потоке диссоциированного азота температура на поверхности лейкосапфира не поднимается выше 1900 °С.

Процесс аэрогазодинамического обтекания поверхности диссоциированным потоком сопровождается абляцией, адсорбцией и абсорбцией. Соответственно, теплофизические свойства поверхности непрерывно изменяются, поэтому квазистационарные условия в процессе эксперимента не реализуются. Это обстоятельство в значительной степени искажает результаты тепловых расчетов и, следовательно, значения величины K_w . Поэтому полученное значение K_w в плазме азота необходимо корректировать с учетом процесса азотирования.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00352.

Список литературы

- 1 Исследование взаимодействия монокристаллического лейкосапфира с высокоскоростными диссоциированными потоками газов / В. А. Погодин [и др.] // СТИН. – 2023. – № 10. – С. 8–11.
- 2 Исследование скорости каталитической рекомбинации в зависимости от состава плазмообразующего газа / В. А. Погодин [и др.] // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред. Т. 1 им. А. Г. Горшкова : материалы XXIX Междунар. симпозиума, г. Кремёнки, 15–19 мая 2023 г. – М. : ООО «ТРП», 2023. – С. 172–174.
- 3 Исследование каталитической активности образцов поликристаллических и монокристаллических керамик / А. Н. Астапов // Авиация и космонавтика : тезисы докладов 21 Междунар. конф., Москва, 21–25 ноября 2022 г. – М. : Перо, 2022. – С. 439 – 440.
- 4 Астапов, А. Н. Получение жаростойких покрытий по безобжиговой шликерной технологии / А. Н. Астапов, В. С. Терентьева // Электromеталлургия. – Ч. I. – 2019. – № 3. – С. 24–33. – DOI : 10.31044/1684-5781-2019-0-3-24-33.
- 5 Астапов, А. Н. Получение жаростойких покрытий по безобжиговой шликерной технологии / А. Н. Астапов, В. С. Терентьева // Электromеталлургия. Ч. II – 2019. – № 4. – С. 15–24. DOI : 10.31044/1684-5781-2019-0-4-15-24.

УДК 517.958

К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДИСКА НА НЕЛИНЕЙНО-УПРУГОМ ПОДВЕСЕ С ВЯЗКОЙ СЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТЬЮ ПРИ ПОЛЗУЩЕМ ЕЕ ДВИЖЕНИИ

В. С. ПОПОВ

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Институт проблем точной механики и управления – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского
центра «Саратовский научный центр Российской академии наук»*

А. А. ПОПОВА

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Российская Федерация*

В современном транспортном и строительном комплексе широко используются различные технические системы и изделия, в состав которых входят упруго закрепленные жесткие элементы кон-

струкций, взаимодействующие с жидкостью или газом. Поэтому для разработки адекватных математических моделей таких изделий крайне важным являются создание фундаментального задела в области постановки и решения задач аэрогидроупругости [1–3]. Известны работы, в которых рассмотрено взаимодействие несжимаемой вязкой жидкости с упруго закрепленными жесткими стенками каналов [4–7]. В [4] рассмотрен случай линейно-упругого подвеса стенки узкого клиновидного канала при ползущем движении жидкости в нем, а в [5] исследован случай линейно-упруго подвеса торцевой стенки узкого канала с параллельными стенками. Аналогичные задачи для случаев когда упругий подвес имеет кубическую нелинейность рассмотрены в [6, 7]. Известны работы [8, 9] о взаимодействии сжимаемой вязкой жидкости (газа) с жесткими стенками узких каналов. Однако исследования, в которых учитывались нелинейные свойства упругого подвеса стенок таких каналов по литературе источникам неизвестны.

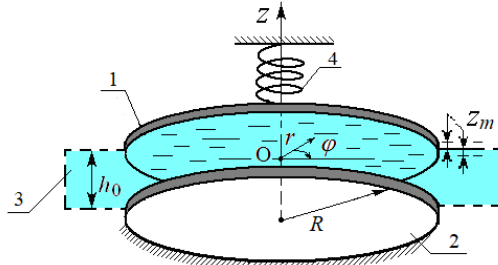


Рисунок 1 – Упруго подвешенный диск, со слоем вязкой сжимаемой жидкости:
1 – диск, имеющий нелинейно-упругий подвес с мягкой кубической нелинейностью;
2 – неподвижный жесткий диск; 3 – пульсирующий слой вязкой сжимаемой жидкости

Рассмотрим упруго подвешенный диск (рисунок 1). Он является верхней стенкой узкого канала радиуса R . Нижняя стенка канала считается абсолютно жесткой и неподвижной. В канале находится вязкая сжимаемая жидкость, движение которой в силу узости канала исследуем как ползущее. На

торце канала задана пульсация давления p_1 на уровне постоянного давления p_0 , принимаемого за начало отсчета. Канал и жидкость в нем находятся в изотермическом состоянии и вязкость жидкости постоянна. В невозмущенном состоянии расстояние между стенками h_0 . Изучаем осесимметричную задачу, вводя цилиндрическую систему координат с началом в центре нижней стенки. Рассматриваем установившиеся нелинейные колебания диска с амплитудой $z_m \ll h_0$.

Уравнение движения диска запишем как [6, 7]

$$m \frac{d^2 z_1}{dt^2} + n_{lin} z_1 - n_{cyb} z_1^3 = -2\pi \int_0^R q_n \Big|_{z=h_0+z_1} r dr, \quad q_n = -p + 2\mu \frac{\partial v_z}{\partial z} - \left(\frac{2}{3} \mu - \mu' \right) \left(\frac{1}{r} \frac{\partial (rv_r)}{\partial r} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right). \quad (1)$$

Здесь $z_1 = z_m f(\theta t)$ – закон движения диска, θ , m – характерная частота его нелинейных колебаний и масса; t – время; n_{lin} – коэффициент жесткости линейной составляющей реакции подвеса, n_{cyb} – коэффициент жесткости кубической составляющей реакции подвеса, т. к. рассматриваем мягкую нелинейность, то полагаем $n_{cyb} > 0$; p – давление; v_z – проекция скорости жидкости на ось z ; v_r – проекция скорости жидкости на ось r ; μ , μ' – динамическая и объемная вязкость.

Уравнения динамики вязкой сжимаемой жидкости запишем как [10]

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} - \frac{v_r}{r^2} \right) + \left(\mu' + \frac{1}{3} \mu \right) \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right) + \left(\mu' + \frac{1}{3} \mu \right) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right),$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) + \frac{\partial}{\partial z} (pv_z) = 0,$$

граничные условия для (2) имеют вид

$$v_r = 0, \quad v_z = \frac{dz_1}{dt} \quad \text{при } z = h_0 + z_1, \quad (3)$$

$$v_r = 0, \quad v_z = 0 \quad \text{при } z = 0,$$

$$p = p_1(\omega t) \text{ при } r = R, \quad (4)$$

$$p_1 = p_m \sin \omega t,$$

где ρ – плотность жидкости, изменяющаяся по баротропному закону; ω , p_m – частота и амплитуда пульсации давления на торце.

Сформулированная математическая модель (1)–(4) исследовалась методом возмущений. Асимптотический анализ дал линеаризованную задачу динамики жидкости и из ее решения методом итераций [6] найден закон изменения давления. После этого решалось уравнение (1) методом гармонического баланса и определены основной нелинейный отклик диска и соответствующая ему фазовая характеристика. Эти характеристики представляют собой неявные функции амплитуды и частоты колебаний, но их возможно исследовать численно по аналогии с [6, 7].

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание по теме 122030100145-3).

Список литературы

- 1 Аэрогидроупругость конструкций / А. Г. Горшков [и др.]. – М. : Физматлит, 2000. – 592 с.
- 2 Вельмисов, П. А. Об одном классе начально-краевых задач в аэрогидроупругости / П. А. Вельмисов, Ю. А. Тамарова, Ю. В. Покладова // Итоги науки и техники. Современная математика и ее приложения. Тематические обзоры. – 2022. – Т. 204. – С. 16–26.
- 3 Païdoussis M. P. Fluid-structure Interactions: Cross-Flow-Induced Instabilities. New York: Cambridge University Press, 2010. – 414 p.
- 4 Могилевич, Л. И. Продольные и поперечные колебания упругозакрепленной стенки клиновидного канала, установленного на вибрирующем основании / Л. И. Могилевич, В. С. Попов, А. А. Попова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2018. – № 3. – С. 28–36.
- 5 Попов, В. С. Моделирование взаимодействия стенки канала с упругозакрепленным торцевым уплотнением / В. С. Попов, А. А. Попова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 387–400.
- 6 Попов, В. С. Моделирование гидроупругих колебаний стенки канала, имеющей нелинейно-упругую опору / В. С. Попов, А. А. Попова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – Т. 14. – № 1. – С. 79–92.
- 7 Modeling nonlinear hydroelastic response for the endwall of the plane channel due to its upper-wall vibrations / M. Barulina [et al.] // Mathematics. – 2022. – Vol. 10. – Art. no. 3844.
- 8 Константиnescу, В. Н. Газовая смазка / В. Н. Константиnescу. – М. : Машиностроение, 1968. – 718 с.
- 9 Турчак, Л. И. Математическое моделирование проблем газовой смазки / Л. И. Турчак, В. П. Шидловский // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2011. – Т. 51. – № 2. – С. 329–348.
- 10 Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М. : Дрофа, 2003. – 840 с.

УДК 517.958

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЛОЯ ВЯЗКОГО ГАЗА, НАХОДЯЩЕГОСЯ В УЗКОЙ ЩЕЛИ, С ЕЕ СТЕНКОЙ, ИМЕЮЩЕЙ ПОДВЕС С МЯГКОЙ КУБИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТЬЮ

В. С. ПОПОВ, М. В. ПОПОВА, Д. В. КОНДРАТОВ Т. С. КОНДРАТОВА
Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
Российская Федерация

При разработке и исследовании различных изделий современного транспортного комплекса, включающих в свой состав жесткие элементы с упругими связями или упругоподатливые элементы, контактирующие с жидкостью или газом, требуется привлечение подходов теории гидроаэроупругости [1, 2]. Например, с такими ситуациями приходится сталкиваться в демпферах колебаний, датчиках гидросистем, гидро- и газоопорах [3, 4]. В [5] исследовано взаимодействие несжимаемой вязкой жидкости в узком клиновидном канале с его жесткой стенкой на линейно-упругом подвесе. В [6, 7] разработаны модели взаимодействия вязкой несжимаемой жидкости с торцевой [6] и нижней [7] стенками, имеющими линейно-упругий подвес, узкой щели, которую она заполняет. В [8, 9] рассмотрены аналогичные задачи, когда стенка канала имеет подвес с кубической нелинейностью [8] или представляет собой пластину на нелинейно-упругом основании [9]. Однако в работах, которые указаны выше за рамками исследований, остался случай сжимаемого вязкого газа, взаимодействующего нелинейно-упругозакрепленной стенкой канала.

Рассмотрим узкую щель (рисунок 1). Ее стенки жесткие с размерами в плане $2\ell \times a$ и $2\ell \ll a$. В щели находится вязкий газ в изотермическом состоянии, динамическую вязкость которого принимаем постоянной. На торцах щели задана пульсация давления p_1 на фоне постоянного уровня давления p_0 (невозмущенного состояния, при котором расстояние между стенками – δ). Нижняя стенка имеет подвес с мягкой кубической нелинейностью, допускающий ее колебания в вертикальном направлении, верхняя стенка неподвижна. Изучаем плоскую задачу, вводя декартову систему координат $Oxuz$ с началом в центре нижней стенки щели при ее невозмущенном состоянии. Рассматриваем установившиеся нелинейные колебания стенки с амплитудой $z_m \ll \delta$.

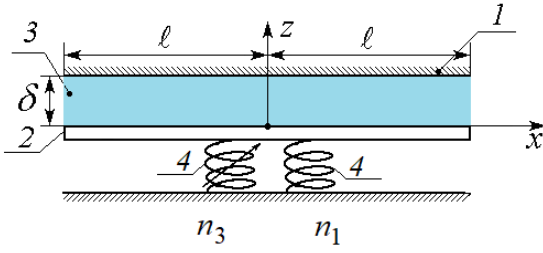


Рисунок 1 – Щель с вязким пульсирующим газом, нижняя стенка которой имеет подвес:
1 – неподвижная стенка; 2 – стенка на подвесе 4 с мягкой кубической нелинейностью;
3 – пульсирующий вязкий газ

Уравнения динамики вязкого газа в узкой щели запишем как [10]

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{4}{3} \mu \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) \right), \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} &= \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{4}{3} \mu \frac{\partial v_z}{\partial z} - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial v_x}{\partial x} \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \left(\frac{\partial v_z}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) \right), \\ \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial p}{\partial t} + v_x \frac{\partial p}{\partial x} + v_z \frac{\partial p}{\partial z} \right) + \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_z}{\partial z} &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

граничные условия для уравнений газа в щели (1) имеют вид

$$v_x = 0, \quad v_z = \frac{dz}{dt} \quad \text{при } z = z_m f(\theta t), \quad (2)$$

$$v_x = 0, \quad v_z = 0 \quad \text{при } z = \delta,$$

$$p = p_1(\omega t) \quad \text{при } x = -\ell, \quad (3)$$

$$p = p_1(\omega t) \quad \text{при } x = \ell,$$

$$p_1 = p_m \sin \omega t,$$

где p – давление газа; v, v_x – проекции скорости газа на оси Oz и Ox ; μ – коэффициент динамической вязкости газа; ρ – плотность газа, изменяющаяся по баротропному закону; θ – характерная частота нелинейных колебаний нижней стенки; ω ; p_m – заданные частота и амплитуда пульсации давления на торцах щели.

Уравнение движения нижней стенки запишем как [7]

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + n_1 z - n_3 z^3 = a \int_{-\ell}^{\ell} q_n \Big|_{z=z_m f} dx, \quad (4)$$

$$q_n = -p + 2\mu \frac{\partial v_z}{\partial z} - \frac{2}{3} \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right).$$

Здесь m – масса стенки; t – время; n_1 – коэффициент жесткости линейной составляющей реакции подвеса; n_3 – коэффициент жесткости кубической составляющей реакции подвеса, т. к. рассматриваем мягкую нелинейность, полагаем $n_3 > 0$.

Сформулированная задача аэроупругости (1)–(4) исследовалась методом возмущений. После этого рассматривалась линеаризованная задача динамики тонкого слоя газа в узкой щели и определялся закон изменения давления в нем методом итераций [7]. На следующем этапе решалось уравнение (4) методом гармонического баланса и определены основной нелинейный аэроупругий отклик стенки и соответствующая ему характеристика фазового сдвига. Данные характеристики возможно исследовать численно по аналогии с [9], в частности, определять резонансные частоты колебаний стенки, а также области ее неустойчивых колебаний со скачкообразным изменением амплитуд колебаний.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00159.

Список литературы

- 1 Горшков А. Г. Аэрогидроупругость конструкций / А. Г. Горшков. – М. : Физматлит, 2000. – 592 с.
- 2 Païdoussis, M. P. Dynamics of cylindrical structures in axial flow: A review / M. P. Païdoussis // Journal of Fluids and Structures. – 2021. – Vol. 107. – Art. no. 103374.
- 8 Константиnescу, В. Н. Газовая смазка / В. Н. Константиnescу. – М. : Машиностроение, 1968. – 718 с.
- 4 Распопов, В. Я. Микромеханические приборы. – М. : Машиностроение, 2007. – 400 с.
- 4 Могилевич, Л. И. Продольные и поперечные колебания упругозакрепленной стенки клиновидного канала, установленного на вибрирующем основании / Л. И. Могилевич, В. С. Попов, А. А. Попова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2018. – № 3. – С. 28–36.
- 6 Попов, В. С. Моделирование взаимодействия стенки канала с упругозакрепленным торцевым уплотнением // Компьютерные исследования и моделирование. – 2020. – Т. 12, № 2. – С. 387–400.
- 6 Попов, В. С. Моделирование гидроупругих колебаний стенки канала, имеющей нелинейно-упругую опору / В. С. Попов, А. А. Попова // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 79–92.
- 7 Modeling nonlinear hydroelastic response for the endwall of the plane channel due to its upper-wall vibrations / M. Barulina [et al.] // Mathematics. – 2022. – Vol. 10. – Art. no. 3844.
- 9 Моделирование гидроупругого отклика пластины, установленной на нелинейно-упругом основании и взаимодействующей с пульсирующим слоем жидкости / Д. В. Кондратов [и др.] // Компьютерные исследования и моделирование. – 2023. – Т. 15, № 3. – С. 581–597.
- 10 Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М. : Дрофа, 2003. – 840 с.

УДК 536.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗЫ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИИМИДНЫХ ПЛЕНОК С МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫМ ПОКРЫТИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ЭКРАННО-ВАКУУМНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

П. Ф. ПРОНИНА, О. В. ТУШАВИНА

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Регулирование внешнего теплообмена является одной из основополагающих задач для функционирования космического аппарата. К регулированию внешнего теплообмена относят термооптические покрытия и экранно-вакуумную теплоизоляцию (ЭВТИ). Типичное обычное покрытие ЭВТИ состоит из 10–12 металлизированных полимерных пленок, разделенных стеклотканью (стекловуалью) или сетками из полиэстера. ЭВТИ – лучший теплоизоляционный материал для использования в вакууме и наиболее предпочтительный изоляционный материал для космических кораблей и криогенных систем. Однако традиционный ЭВТИ имеет ряд недостатков: трудно или невозможно поддерживать требуемое значение зазора между слоями пленки, трудно обеспечить стабильные рабочие характеристики, сложен процесс изготовления и монтажа. При этом ЭВТИ может подвергаться механическим воздействиям не только при монтаже, но и в процессе эксплуатации. Всё это может повлечь изменение плотности укладки экранов и в результате приведет к нестабильным теплофизическим характеристикам. Работа посвящена исследованию влияния дозы излучения на физико-механические характеристики полиимидных пленок с металлизированным покрытием элементов экранно-вакуумной теплоизоляции. Проведено испытание на растяжение прямоугольных образцов производства НПП «Полипен» марки ПМ-1ЭУ-ОА с алюминиевым покрытием. Образцы предварительно были вырезаны из полиимидного металлизированного рулона. При этом часть образцов подверглась излучению, равному 25, 50 кГр. Облучение проводилось на воздухе. В ходе исследования были получены диаграммы: «напряжения – деформация», определенная на испытаниях на растяжение образца, и «перемещения – нагрузка». Определен модуль Юнга, предел прочности и соответствующие ему деформации для каждого типа образца. Определено влияние уровня излучения на каждый из исследуемых параметров, имеющее нелинейный характер.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Грант РФФ № 23-19-00684), выданного Московскому авиационному институту.

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКРАННО-ВАКУУМНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

П. Ф. ПРОНИНА, О. В. ТУШАВИНА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Необходимой предпосылкой надежного функционирования космического аппарата, его систем, установленной на нем научной аппаратуры является обеспечение необходимого теплового режима всех его элементов.

Математическое моделирование теплообмена большинства типов космических аппаратов связано с рядом трудностей, обусловленных сложностью и значительной неопределенностью протекания физических процессов внешнего и внутреннего теплообмена между их элементами. В связи с этим большое значение при создании космических аппаратов имеет его тепловая обработка, представляющая собой совокупность тепловых экспериментов (испытаний) и проводимых на основе их результатов мероприятий по доработке (в случае необходимости) средств обеспечения теплового режима, а иногда и конструкции аппарата.

Проводилось исследование динамического поведения многослойных покрытий для оценки распределения температурных потоков в экранно-вакуумной теплоизоляции, а также исследование влияния ионизирующего излучения на физико-механические характеристики теплоизоляции.

Приводятся результаты расчетов. Показано, что использование многослойных покрытий для оценки распределения температурных потоков в экранно-вакуумной теплоизоляции дает положительный эффект.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (FSFF-2023-0007).

ДИНАМИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ВЯЗКОУПРУГОГО ЦИЛИНДРА КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ СДВИГОВОЙ НАГРУЗКИ

С. Г. ПШЕНИЧНОВ

*Научно-исследовательский институт механики МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва,
Российская Федерация*

Материалы, обладающие наследственными свойствами, широко используются в современном производстве. Важным направлением в области изучения переходных волновых процессов в таких материалах является применение аналитических и численно-аналитических методов исследования [1–8]. В данной работе построено решение задачи о распространении нестационарных волн в вязкоупругом однородном изотропном полом цилиндра конечной длины при воздействии на стенки полости сдвиговой нагрузки в рамках осесимметричной постановки.

Рассмотрим полой цилиндр длины $2L$ с внутренним и внешним радиусами R_0 и R_1 , состоящий из однородного изотропного линейно-вязкоупругого материала с мгновенными значениями модуля сдвига G_0 и коэффициента Пуассона ν_0 , ядрами объемной и сдвиговой релаксации $T_v(t), T_s(t)$, а также скоростями продольных и поперечных упругих волн c_1, c_2 . Введем цилиндрическую систему координат R, θ, Z , ось Z которой совпадает с продольной осью цилиндра, берет начало в центре одного из торцов и направлена к другому торцу. Цилиндр изначально покоится, а в момент $t = 0$ к поверхности полости $R = R_0$ приложена касательная осесимметричная нагрузка $Q(Z, t)$. Внешняя поверхность $R = R_1$ свободна, а оба торца $Z = 0$ и $Z = 2L$ контактируют с абсолютно жесткими и при этом абсолютно гладкими поверхностями. Введем безразмерные величины:

$$\begin{aligned} r &= R / R_1, \quad z = Z / R_1, \quad r_0 = R_0 / R_1, \quad l = L / R_1, \quad \tau = t / t_0, \quad \gamma_v(\tau) = t_0 T_v, \quad \gamma_s(\tau) = t_0 T_s, \quad \alpha = c_1 / c_2, \\ u_r(r, z, \tau) &= W_R / R_1, \quad u_z(r, z, \tau) = W_Z / R_1, \quad \sigma_{rr}(r, z, \tau) = P_{RR} / (2G_0), \quad \sigma_{zz}(r, z, \tau) = P_{ZZ} / (2G_0), \\ \sigma_{rz}(r, z, \tau) &= P_{RZ} / (2G_0), \quad \sigma_{\theta\theta}(r, z, \tau) = P_{\theta\theta} / (2G_0), \end{aligned}$$

$$a_1(\tau) = [(1 + \nu_0)\gamma_v(\tau) + 2(1 - 2\nu_0)\gamma_s(\tau)] / [3(1 - \nu_0)],$$

$$a_2(\tau) = \gamma_s(\tau), \quad a_3(\tau) = [(1 + \nu_0)\gamma_v(\tau) - (1 - 2\nu_0)\gamma_s(\tau)] / (3\nu_0),$$

где W_R, W_Z – радиальное и осевое перемещения, $P_{RR}, P_{ZZ}, P_{RZ}, P_{\theta\theta}$ – напряжения, $t_0 = R_1 / c_1$. Пусть $Q(Z, t) = 2G_0 q_0 f(\tau) p(z)$, где функции $p(z)$, $f(\tau)$ и константа q_0 – безразмерные. Будем считать, что ползучесть материала ограничена.

Постановка задачи в потенциалах включает в себя уравнения динамики

$$(1 - \hat{a}_1)\Delta\varphi_1(r, z, \tau) - \frac{\partial^2\varphi_1(r, z, \tau)}{\partial\tau^2} = 0, \quad (1)$$

$$(1 - \hat{a}_2)\Delta^*\varphi_2(r, z, \tau) - \alpha^2 \frac{\partial^2\varphi_2(r, z, \tau)}{\partial\tau^2} = 0,$$

граничные условия

$$u_z(r, 0, \tau) = 0, \quad \sigma_{rz}(r, 0, \tau) = 0, \quad u_z(r, 2l, \tau) = 0, \quad \sigma_{rz}(r, 2l, \tau) = 0 \quad (2)$$

$$\sigma_{rz}(1, z, \tau) = \sigma_{rr}(1, z, \tau) = 0, \quad \sigma_{rz}(r_0, z, \tau) = q_0 f(\tau) p(z), \quad \sigma_{rr}(r_0, z, \tau) = 0, \quad \tau > 0$$

и начальные условия

$$\varphi_j(r, z, 0) = 0, \quad \frac{\partial\varphi_j}{\partial\tau}(r, z, 0) = 0, \quad j = 1, 2. \quad (3)$$

при этом

$$u_r = \frac{\partial\varphi_1}{\partial r} - \frac{\partial\varphi_2}{\partial z}, \quad u_z = \frac{\partial\varphi_1}{\partial z} + \frac{\partial\varphi_2}{\partial r} + \frac{\varphi_2}{r}, \quad (4)$$

$$\sigma_{rr} = (w - 1)(1 - \hat{a}_3)\Delta\varphi_1 + (1 - \hat{a}_2)\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\partial\varphi_1}{\partial r} - \frac{\partial\varphi_2}{\partial z}\right), \quad w = (1 - \nu_0)/(1 - 2\nu_0),$$

$$\sigma_{zz} = (w - 1)(1 - \hat{a}_3)\Delta\varphi_1 + (1 - \hat{a}_2)\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial\varphi_1}{\partial z} + \frac{\partial\varphi_2}{\partial r} + \frac{\varphi_2}{r}\right),$$

$$\sigma_{\theta\theta} = (w - 1)(1 - \hat{a}_3)\Delta\varphi_1 + (1 - \hat{a}_2)\frac{1}{r}\left(\frac{\partial\varphi_1}{\partial r} - \frac{\partial\varphi_2}{\partial z}\right), \quad \sigma_{rz} = (1 - \hat{a}_2)\left[\frac{1}{2}\Delta^*\varphi_2 + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial\varphi_1}{\partial r} - \frac{\partial\varphi_2}{\partial z}\right)\right],$$

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}, \quad \Delta^* = \Delta - \frac{1}{r^2},$$

где все переменные с крышкой обозначают соответствующие операторы:

$$\hat{a}_j\psi(r, z, \tau) = \int_0^\tau a_j(\tau - \xi)\psi(r, z, \xi)d\xi, \quad j = 1, 2, 3. \quad (5)$$

Для решения задачи (1)–(5) используется разложение функций $p, \varphi_j, u_r, u_z, \sigma_{rr}, \sigma_{zz}, \sigma_{\theta\theta}, \sigma_{rz}$ в ряды Фурье по координате z , а также преобразование Лапласа по времени. Рассмотрен случай, когда $f(\tau) = h(\tau)$ – функция Хевисайда. После нахождения членов рядов Фурье для перемещений и напряжений в пространстве изображений их оригиналы строятся в различных формах в зависимости от типа наследственных ядер $\gamma_v(\tau), \gamma_s(\tau)$. Если эти ядра принадлежат множеству функций класса

$$\sum_{n=1}^N a_n \exp(-b_n \tau), \quad 0 \leq \sum_{n=1}^N a_n / b_n < 1, \quad b_n > 0 \quad (n = 1, 2, \dots, N),$$

где константы a_n, b_n и N для каждого ядра свои, то оригиналы членов рядов Фурье можно представить в виде рядов по вычетам в полюсах изображений. При этом отсутствие точек ветвления у изображений на комплексной плоскости обеспечивается доказанной ранее теоремой [9]. При ядрах более общего вида решение в оригиналах для каждого члена ряда Фурье представлено в форме, содержащей интеграл по положительной части мнимой оси, а также слагаемое, определяемое решением статической задачи теории упругости, в которой константами материала являются длительные модули. Построенное решение справедливо во всем диапазоне изменения времени при отсутствии требования малости вязкости.

Список литературы

- 1 **Баженов, В. Г.** Методы граничных интегральных уравнений и граничных элементов в решении задач трехмерной динамической теории упругости с сопряженными полями. – М. : Физматлит, 2008 – 352 с.
- 2 **Желтков, В. И.** Переходные функции в динамике вязкоупругих тел / В. И. Желтков, Л. А. Толоконников, Н. Г. Хромова // Докл. РАН. – 1993. – Т. 329, № 6. – С. 718–719.
- 3 **Ильясов, М. Х.** Нестационарные вязкоупругие волны / М. Х. Ильясов. – Баку, 2011 – 330 с.
- 4 **Круссер, А. И.** Численный анализ нелинейных колебаний пластины на вязкоупругом основании под действием подвижной осциллирующей нагрузки на основе моделей с дробными производными / А. И. Круссер, М. В. Шитикова // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. физ.-мат. науки. – 2022. – Т. 26, № 4. – С. 694–714. – DOI : 10.14498/vsgtu1957.
- 5 **Лычева, Т. Н.** Спектральные разложения в динамических задачах вязкоупругости / Т. Н. Лычева, С. А. Лычев // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2016. – № 4. – С. 120–150. – DOI : 10.15593/perm.mech/2016.4.08
- 6 **Филиппов, И. Г.** Математическая теория колебаний упругих и вязкоупругих пластин и стержней / И. Г. Филиппов, В. Г. Чебан. – Кишинев : Штиинца, 1988. – 190 с.
- 7 **Colombaro, I.** On the propagation of transient waves in a viscoelastic Bessel medium / I. Colombaro, A. Giusti, F. Mainardi // Z. Angew. Math. Phys. – 2017. – 68. – Art. number: 62. – DOI : 10.1007/s00033-017-0808-6.
- 8 **Rossikhin, Yu. A.** Analysis of the Viscoelastic Sphere Impact Against a Viscoelastic Uflyand-Mindlin Plate Considering the Extension of its Middle Surface / Yu. A. Rossikhin, M. V. Shitikova, Thanh Trung Phan // Shock and Vibration. – 2017. – Art. ID 5652023. – <https://doi.org/10.1155/2017/5652023>.
- 9 **Пшеничников, С. Г.** Нестационарные динамические задачи линейной вязкоупругости / С. Г. Пшеничников // Известия РАН. МТТ. – 2013. – № 1. – С. 84–96.

УДК 539.422.52

ДИНАМИКА ТРЕХСЛОЙНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ С ВНУТРЕННИМИ ДЕФЕКТАМИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗОК РАЗЛИЧНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Л. Н. РАБИНСКИЙ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

М. И. МАРТИРОСОВ, Д. В. ДЕДОВА

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Корпорация «Иркут», г. Москва

Трехслойные панели представляют собой конструкцию, состоящую из двух тонких прочных внешних слоев – обшивок, часто выполненных из полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые связаны между собой слоем заполнителя, разделяющего внешние (несущие) слои. Для конструкций с заполнителем при действии внешних нагрузок характерна совместная работа всех составных элементов слоистого пакета. Заполнитель воспринимает поперечное сжатие и поперечный сдвиг и предохраняет достаточно тонкие несущие слои (из ПКМ) от местной и общей потери устойчивости, обеспечивая их совместную работу и высокую жесткость. Несущие слои воспринимают продольное растяжение, сжатие, изгиб и поперечный сдвиг в своей плоскости и предохраняют от внешних воздействий заполнитель.

Трехслойные панели широко применяются в различных отраслях современной промышленности, например, в авиастроении. Такое распространение панели приобрели благодаря малому весу, высокой удельной прочности, устойчивости при сжатии, значительной жесткости на изгиб, хорошим тепло- и звукоизолирующим свойствам, высокой технологичности и возможностью полной автоматизации процесса изготовления, хорошей эксплуатационной надежности вследствие отсутствия концентраторов напряжений, высоким качеством формы и поверхности. Важным преимуществом таких панелей является высокое сопротивление акустическим воздействиям.

В гражданской авиации такие панели используются при изготовлении интерьеров пассажирских самолетов, элементов конструкции планеров: киля и форкиля, кока, закрылков, предкрылков, рулей направления, стабилизаторов, элеронов, рулей высоты и т. д.

По способности воспринимать продольные усилия заполнители можно разделить на два вида:

- легкий заполнитель, который обладает малым по сравнению с несущими слоями модулем упругости в направлении, параллельном поверхности несущих слоев;
- жесткий заполнитель, который обладает сравнимым по величине с несущими слоями модулем упругости в направлении, параллельном поверхности несущих слоев.

В связи с этим существует определенная специфика в аналитических расчетах панелей с названными видами заполнителей. Так, в панелях с легкими заполнителями можно пренебречь напряжениями растяжения-сжатия в направлении, параллельном поверхности несущих слоев.

Сотовые заполнители относятся к легким, а, например, заполнители типа гофр – к жестким. Другие заполнители относятся к тому или иному виду в зависимости от конкретных соотношений жесткостей несущих слоев и заполнителя в направлении, параллельном поверхности несущих слоев.

В трехслойных панелях в результате внешних воздействий при эксплуатации или в процессе производства (производственные отклонения) могут возникать дефекты (повреждения), которые оказывают влияние на прочность и несущую способность готового изделия.

В данной работе рассматриваются трехслойные цилиндрические панели с сотовым заполнителем и обшивкой из ПКМ различных марок. Форма панелей – прямоугольная в плане, геометрия задана, включая радиус кривизны. В различных местах панели (в верхней обшивке) между монослоями и между монослоем и заполнителем могут присутствовать множественные дефекты различной формы (эллиптической, круговой, прямоугольной) с заданными геометрическими размерами. По существующей классификации такие дефекты относятся к внутренним. В общем случае рассматриваются дефекты произвольной формы и размеров. В этом случае границы дефектов аппроксимируются набором прямых.

Рассматриваются следующие варианты используемых материалов монослоя: клеевые препреги марки КМКУ-2м.120.Р-2009 (углеродная ткань Р-2009 французской фирмы «Porsher Industries» Арт. 2009 и клеевая композиция), КМКУ-2м.120.Р-4510 (углеродная лента Р-4510 фирмы «Porsher Industries» Арт. 4510 и клеевая композиция), а также клеевые препреги марки КМКС-2м.120.Т60 (стеклоткань Т60/2(ВМП)-78 и клеевая композиция), КМКС-2м.120.Т64 (стеклоткань Т64/2(ВМП)-14 и клеевая композиция). Все необходимые физико-механические характеристики монослоев, а также толщины монослоев – паспортные от производителей материалов (получены экспериментально). Исходные данные соответствуют режиму RTD (Room Temperature Dry): испытания при комнатной температуре и влажности в состоянии поставки (это состояние, в котором находятся образцы для определения прочностных и упругих характеристик сразу после изготовления, содержание влаги в них не превышает 10 % от максимального влагонасыщения при относительной влажности 85 %). Стекло- и углепластики на основе клеевых препрегов по сравнению с аналогичными традиционными материалами имеют повышенную трещиностойкость, прочность при межслоевом сдвиге, усталостную и длительную прочность, высокую эрозионную стойкость и часто используются для изготовления деталей конструкционного назначения, в том числе и трехслойных.

Исследуются различные схемы укладки монослоев в обшивках и их количество.

В качестве заполнителя рассматриваются сотовые заполнители следующих марок: полимеросотопласты ПСП-1 (на основе полимерной бумаги типа «Номекс» и фенольного связующего) и ПСП-1К (на основе полимерной бумаги типа «Кевлар» и фенольного связующего) различной плотности и размера ячейки, а также стеклосотопласты ССП-1 на основе электроизоляционной ткани Э3-100П (возможна замена на Э3/1-100П, Э1/1-100 или Э1/1-100П), бакелитового лака ЛБС-1 и клея БФ-2. Форма ячеек у всех изучаемых заполнителей – гексагональная. Исследуются следующие сотовые заполнители: ПСП-1-2,0-48, ПСП-1-2,0-64, ПСП-1-2,0-96, ПСП-1-2,0-144; ПСП-1К-2,0-48, ПСП-1К-2,0-64, ПСП-1К-2,0-96, ПСП-1К-2,0-144; ССП-1-2,5, ССП-1-3,5. Необходимые для расчета характеристики заполнителей известны от производителей этих материалов, высота сотового пакета задана.

В работе анализируются следующие типы воздействий на изучаемые панели: нестационарные поля давлений, распределенные по различным законам; удар абсолютно жестким бойком полусферической формы; удар множественными и одиночными фрагментами из армированной резины, имеющими форму прямоугольного параллелепипеда (разрыв покрышки колеса шасси самолета при движении по взлетно-посадочной полосе аэродрома при взлете или посадке); воздействие от набегающей волны давления заданной интенсивности, имитирующей действие потока струи двигателя пассажирского самолета на панель корневого закрылка, являющуюся трехслойной, а также другие динамические воздействия.

Рассматривается поведение данных трехслойных цилиндрических панелей под действием перемещенных выше нагрузок динамического характера при наличии дефектов, в том числе множественных произвольно расположенных различной формы и размеров.

Задача решается численно методом конечных элементов (МКЭ). Создание конечно-элементной сетки осуществляется в программном комплексе Simcenter Femap. Каждый слой моделируется отдельным набором конечных элементов (КЭ). Затем модель импортируется в программный комплекс LS-DYNA (Livermore Software Technology Corp.), где задаются нагрузка и граничные условия.

В результате проведенного численного исследования определяется распределение полей напряжений и деформаций в монослоях панелей в различные моменты времени. Вычисляется распределение индекса разрушения по различным критериям разрушения применительно к ПКМ. Расчет проводится по критериям Puck, Hashin, Pugno-Evencen, Hoffman, LaRC (Langley Research Center). Считается, что разрушение наступает, когда индекс разрушения становится равным единице. Данные критерии соответствуют структурно-феноменологическому подходу при решении задач прочности ПКМ. Они выводятся на основе анализа и статистического обобщения данных, полученных экспериментальным путем. Их преимуществом является относительная простота. Более точным решением задачи прочности ПКМ был бы структурный метод с анализом микроструктуры материала конструкции, дающий возможность моделировать прогрессирующее разрушение материала, момент зарождения и развития трещины, усталостные и динамические разрушения.

Приводится сравнение полученных результатов для панелей с различными вариантами исполнения сотового заполнителя и обшивок, а также сравнение результатов для панелей с дефектами и аналогичными неповрежденными панелями. Проводится параметрический анализ.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-49-00133, выданного Московскому авиационному институту.

УДК 536.24

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ С ВИСКЕРИЗОВАННЫМИ ВОЛОКНАМИ

Л. Н. РАБИНСКИЙ, Д. С. ШАВЕЛКИН

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Моделирование композиционных материалов (КМ) содержит фундаментальную проблему, так как в макромасштабе они считаются однородными континуумами, а в микромасштабе – существенно неоднородными, т. е. компоненты или фазы композита различаются по свойствам и между ними существует явная граница раздела (интерфейс или межфазной слой особенно в полимерной матрице). В связи с этим эффективные свойства КМ в целом зависят от характеристик фаз композитов (их свойств, объемного содержания, формы, размера, распределения и ориентации), состояния интерфейса или межфазного слоя, а также внутренних взаимодействий (когезионных и адгезионных эффектов). Кроме того, параметры обработки в производстве также влияют как на свойства отдельных фаз, так и на эффективные свойства композитов. Таким образом, для определения макроскопических свойств КМ важную роль играет микромеханика.

Микромеханика – область механики материалов, в которой дается анализ композитных или гетерогенных материалов на уровне отдельных компонентов, составляющих эти материалы. Учитывая свойства материалов компонентов композитов, как уже упоминалось ранее, одной из важных целей микромеханики материалов является моделирование деформации и характеристик КМ, эта задача определяется как осреднение или гомогенизация. Преимущество гомогенизации заключается в том, что поведение гетерогенных материалов может быть определено без обращения к испытанию потому, что такое испытание может быть весьма дорогим. Кроме того, результаты экспериментов представляют собой так или иначе макромасштабные данные. Тем не менее конкретная теория микромеханики должна быть проверена путем сравнения с экспериментальными данными. Вторая основная задача микромеханики – это локализация, которая направлена на оценку локальных полей (напряжения и деформаций) в фазах под действием макроскопической нагрузки. Такое знание особенно важно для описания повреждения материала.

Осреднение Фойхта и Рейсса являются самыми простыми методами при определении свойств КМ (двухфазных и многофазных), хотя и эти методы первоначально были созданы для изучения

характеристик поликристаллов. Осреднения по Фойхту и Рейссу являются решениями для композита, который подвергнут постоянной деформации и постоянному напряжению, соответственно.

Осреднение по границам. По Рикардию А., при приближении эффективных свойств композитов существуют два подхода: прямая оценка и оценка границ. Исторически осреднения Фойхта и Рейсса были первыми моделями, позволяющими строго оценить верхнюю и нижнюю границы эффективных свойств соответственно. Однако польза такого подхода всё же оказалась весьма ограниченной, поскольку этот подход дает хорошие результаты только для композитов, свойства фаз которых близки. Для случая пустот, имеющих нулевой модуль упругости, данные оценки дают тривиальные результаты, т. е. верхняя оценка для модуля соответствует материалу без пустот, а нижняя – материалу, потерявшему несущую способность с нулевым модулем. Для абсолютно жестких включений, что является типичным для композитов, данные оценки настолько далеки от свойств типичных композитов, что они не имеют практического значения, особенно при низкой объемной доле включений.

Было доказано, что наилучшими возможными границами свойств гетерогенной двухфазной среды для макроскопически изотропной среды, которые не могут быть далее улучшены для произвольного статистического распределения фаз без уточнения формы включений, являются границы Хашина – Штрикмана. Данные границы отличаются от указанных ранее границ Фойхта и Рейсса тем, что границы Хашина – Штрикмана включили переменные поля допустимых напряжений и деформаций. С другой стороны, вполне приемлемые уточненные возможные границы для свойств двухфазной среды, имеющей макроскопически трансверсально-изотропную среду, были найдены Хашином и Хиллом.

Метод Эшелби. Два основных результата теории упругости, применяющиеся для анализа гетерогенных твердых сред, были получены Эшелби. Эшелби рассматривал единичное включение, находящееся внутри неограниченной матрицы (рисунок 1). Рассматриваемое включение является эллипсоидом. Таким образом, любыми взаимодействиями между включениями пренебрегают. Поле деформаций (напряжений) на бесконечности считается однородным. Данная аппроксимация является вполне удовлетворительной, по крайней мере для малых концентраций включений. Как было показано Эшелби, дополнительное поле деформаций (напряжений), создаваемое включением, зависит от характерного размера и формы включения и расстояния между включениями. Кроме того, Эшелби показал, что поле деформаций (напряжений) внутри эллипсоидального включения в однородно нагруженном теле также является однородным.

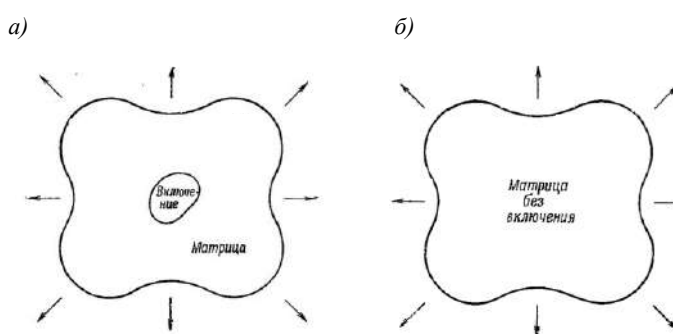


Рисунок 1 – Изолированное включение в среде (матрице) (а), и среда без включения – матрица (б).

Эшелби построил формулу, основанную на энергетическом методе для анализа гетерогенных твердых сред. Формула, выведенная Эшелби для вычисления энергии деформирования между средами с включением и без включения, преобразует обычное интегрирование по объему в интегрирование по поверхности частного вида. Как было показано Кристенсеном, для случая изолированного включения с малой концентрацией получено точное решение с помощью уравнений теории упругости и формулы Эшелби. Для сферических и цилиндрических включений получаемые решения совпадают с решениями, основанными на матрице Эшелби хотя и процедура, использующая формулу Эшелби, не учитывает во включении однородное поле деформаций (напряжений).

**ФОРМИРОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ
ДЛЯ СФЕРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДА ПРИ ПЕРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ**

Н. Б. РУЗИЕВА

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Н. Х. САБИРОВ

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности, Республика Узбекистан

А. АБДУСАТТАРОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Рассмотрим геометрические и физические соотношения для сферических оболочек. Приводимые в формулах величины $A = A(\alpha, \beta)$, $B = B(\alpha, \beta)$ представляют собой коэффициенты первой квадратичной формы, где α – ширина; β – долгота. Тогда для квадрата линейного элемента сферы определяются по формуле

$$ds^2 = R^2 d\alpha^2 + R^2 \sin^2 \alpha d\beta^2, \quad A = R, \quad B = R \sin \alpha. \quad (1)$$

Главные кривизны для сферических трубопроводов $k_1 = k_2 = k = 1/R$, где R – радиус ее средней поверхности. Следуя теории В. В. Москвитина [1], введем разности

$$\bar{U}_i^{(n)} = (-1)^n (U_i^{(n-1)} - U_i^{(n)}), \quad \bar{e}_{ij}^{(n)} = (-1)^n (e_{ij}^{(n-1)} - e_{ij}^{(n)}), \quad \bar{\sigma}_{ij}^{(n)} = (-1)^n (\sigma_{ij}^{(n-1)} - \sigma_{ij}^{(n)}). \quad (2)$$

Компоненты перемещений определяются по следующим формулам [2]:

$$\begin{aligned} \bar{U}_\alpha^{(n)} &= (1 + k_1 \gamma) \bar{U}^{(n)} - \frac{\gamma}{A} \frac{\partial \bar{W}^{(n)}}{\partial \alpha} = (1 + k_1 \gamma) \bar{U}^{(n)} - \gamma \frac{\partial \bar{W}^{(n)}}{R \partial \alpha}; \\ \bar{U}_\beta^{(n)} &= (1 + k_2 \gamma) \bar{V}^{(n)} - \frac{\gamma}{B} \frac{\partial \bar{W}^{(n)}}{\partial \beta} = (1 + k_2 \gamma) \bar{V}^{(n)} - \gamma \frac{\partial \bar{W}^{(n)}}{R \sin \alpha \partial \beta}; \quad \bar{U}_\gamma^{(n)} = \bar{W}^{(n)}(\alpha, \beta). \end{aligned} \quad (3)$$

Компоненты деформации в данной задаче определяются по следующим уточненным формулам:

$$\begin{aligned} \bar{e}_{\alpha\beta}^{(n)} &= \frac{\partial \bar{U}^{(n)}}{R \sin \alpha \partial \beta} + \frac{\partial \bar{V}^{(n)}}{R \partial \alpha} - 2(\gamma - k_2 \gamma^2) \frac{\partial^2 \bar{W}^{(n)}}{R^2 \sin \alpha \partial \alpha \partial \beta} - \frac{\cos \alpha}{R \sin \alpha} \bar{V}^{(n)} + (\gamma - k_2 \gamma^2) \frac{2 \cos \alpha}{R^2 \sin \alpha} \frac{\partial \bar{W}^{(n)}}{\partial \beta}; \\ \bar{e}_{\beta\beta}^{(n)} &= \frac{\partial \bar{V}^{(n)}}{R \sin \alpha \partial \beta} - (\gamma - k_2 \gamma^2) \frac{\partial^2 \bar{W}^{(n)}}{R^2 \sin \alpha \partial \beta} + (1 - 3k_1^2 \gamma^2) \frac{\cos \alpha}{R \sin \alpha} \bar{U}^{(n)} - (\gamma - k_2 \gamma^2) \frac{\cos \alpha}{R^2 \sin \alpha \partial \alpha} + k_2 \bar{W}^{(n)}; \\ \bar{e}_{\alpha\alpha}^{(n)} &= \frac{\partial \bar{U}^{(n)}}{R \partial \alpha} - (\gamma - k_1 \gamma^2) \frac{\partial^2 \bar{W}^{(n)}}{R^2 \partial \alpha}. \end{aligned} \quad (4)$$

Считаем, что сферическая часть трубопровода работает за пределом упругости. В этом случае связь напряжения и деформации трубопровода определяется по деформационной теории Ильюшина (в текущих координатах) [3]:

$$\begin{aligned} \sigma_{\alpha\alpha}^{(n)} &= G_1 \left\{ \left(e_{\alpha\alpha}^{(n)} + \mu e_{\beta\beta}^{(n)} \right) - \left[\omega^{(n)} \left(\bar{e}_{\alpha\alpha}^{(n)} + \mu \bar{e}_{\beta\beta}^{(n)} \right) + \sum_{m=1}^{k-1} \omega^{0(n-m)} \left(\bar{e}_{\alpha\alpha}^{0(n-m)} + \mu \bar{e}_{\beta\beta}^{0(n-m-1)} \right) \right] \right\}; \\ \sigma_{\alpha\beta}^{(n)} &= G_1 \left\{ e_{\alpha\beta}^{(n)} - \omega^{(n)} \bar{e}_{\alpha\beta}^{(n)} + \sum_{m=1}^{k-1} \omega^{0(n-m)} \bar{e}_{\alpha\beta}^{0(n-m)} \right\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Для получения уравнения движения сферических оболочечных конструкций воспользуемся вариационным принципом Гамильтона – Остроградского:

$$\int_t (\delta T - \delta \Pi + \delta A) dt = 0$$

Учитывая выражения перемещений (3), деформаций (4) и соотношения (5), а также выполняя интегрирование по частям, вводя некоторые обозначения из вариационного уравнения, получим системы дифференциальных уравнений движения с граничными и начальными условиями. Для решения краевых задач применяется метод Бубнова – Галеркина [3, 4]:

$$\bar{U}^{(n)} = \sum_k \bar{U}_k^{(n)}(\alpha, t) \cos \frac{k\pi\beta}{\beta_1}, \quad \bar{V}^{(n)} = \sum_k \bar{U}_k^{(n)}(\alpha, t) \sin \frac{k\pi\beta}{\beta_1}, \quad \bar{W}^{(n)} = \sum_k \bar{U}_k^{(n)}(\alpha, t) \cos \frac{k\pi\beta}{\beta_1}.$$

После некоторых преобразований получена уточненная система дифференциальных уравнений для сферических оболочек с учетом граничных и начальных условий:

$$\begin{aligned} & \tilde{a}_1^{(1)} \frac{\partial^2 \bar{U}_k^{(n)}}{\partial t^2} + \tilde{a}_2^{(1)} \frac{\partial^2 \bar{U}_k^{(n)}}{\partial \alpha^2} + \tilde{a}_3^{(1)} \frac{\partial^3 \bar{W}_k^{(n)}}{\partial t^2 \partial \alpha} + \tilde{a}_4^{(1)} \frac{\partial^3 \bar{W}_k^{(n)}}{\partial \alpha^3} + \tilde{a}_5^{(1)} \frac{\partial \bar{W}_k^{(n)}}{\partial \alpha} + \tilde{a}_6^{(1)} \frac{\partial \bar{V}_k^{(n)}}{\partial \alpha} - \tilde{a}_7^{(1)} \frac{\partial^2 \bar{U}_k^{(n)}}{\partial t^2} + \\ & + \tilde{a}_8^{(1)} \bar{W}_k^{(n)} + \tilde{a}_9^{(1)} \frac{\partial \bar{U}_k^{(n)}}{\partial \alpha} - \tilde{a}_{10}^{(1)} \bar{U}_k^{(n)} + \tilde{X}_k^{(n)} = 0; \\ & \tilde{a}_1^{(2)} \frac{\partial^2 \bar{V}_k^{(n)}}{\partial t^2} + \tilde{a}_2^{(2)} \frac{\partial^2 \bar{W}_k^{(n)}}{\partial t^2} - \tilde{a}_3^{(2)} \bar{V}_k^{(n)} + \tilde{a}_4^{(2)} \bar{W}_k^{(n)} - \tilde{a}_5^{(2)} \frac{\partial \bar{W}_k^{(n)}}{\partial \alpha} - \tilde{a}_6^{(2)} \bar{U}_k^{(n)} - \tilde{a}_7^{(2)} \frac{\partial \bar{U}_k^{(n)}}{\partial \alpha} - \tilde{a}_8^{(2)} \frac{\partial^2 \bar{W}_k^{(n)}}{\partial \alpha^2} + \\ & + \tilde{a}_9^{(2)} \frac{\partial^2 \bar{V}_k^{(n)}}{\partial \alpha^2} - \tilde{a}_{10}^{(2)} \frac{\partial \bar{V}_k^{(n)}}{\partial \alpha} + \tilde{Y}_k^{(n)} = 0; \\ & - \tilde{a}_1^{(3)} \frac{\partial^2 \bar{W}_k^{(n)}}{\partial t^2} - \tilde{a}_2^{(3)} \frac{\partial^3 \bar{U}_k^{(3)}}{\partial t^2 \partial \alpha} + \tilde{a}_3^{(3)} \frac{\partial^4 \bar{W}_k^{(4)}}{\partial t^2 \partial \alpha^2} - \tilde{a}_4^{(3)} \frac{\partial^2 \bar{V}_k^{(n)}}{\partial t^2} - \tilde{a}_5^{(3)} \frac{\partial \bar{U}_k^{(n)}}{\partial \alpha^3} - \tilde{a}_6^{(3)} \frac{\partial^4 \bar{W}_k^{(n)}}{\partial \alpha^4} + \tilde{a}_7^{(3)} \frac{\partial^2 \bar{W}_k^{(n)}}{\partial \alpha^2} - \\ & - \tilde{a}_8^{(3)} \bar{W}_k^{(n)} - \tilde{a}_9^{(3)} \frac{\partial^2 \bar{V}_k^{(n)}}{\partial \alpha^2} - \tilde{a}_{10}^{(3)} \bar{V}_k^{(n)} + \tilde{a}_{11}^{(3)} \frac{\partial^4 \bar{W}_k^{(4)}}{\partial \alpha} - \tilde{a}_{12}^{(3)} \bar{U}_k^{(n)} + \tilde{a}_{13}^{(3)} \frac{\partial \bar{U}_k^{(n)}}{\partial \alpha^3} + \tilde{a}_{14}^{(3)} \frac{\partial \bar{V}_k^{(n)}}{\partial \alpha} + \tilde{Z}_k^{(n)} = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Введем обозначения $\bar{Y}_k^{(n)} = (\bar{W}_k^{(n)} \quad \bar{U}_k^{(n)} \quad \bar{V}_k^{(n)})^T$; $\bar{F}_k^{(n)} = (\bar{Z}_k^{(n)} \quad \bar{X}_k^{(n)} \quad \bar{Y}_k^{(n)})^T$; A_i – матрица третьего порядка.

Для решения краевых задач (7) с учетом начальных и граничных условий применяется метод конечных разностей второго порядка точности [5]. На основе использования центрально-разностных формул получена следующая система алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} & A_n \bar{Y}_{n,i-1}^{k+1} + B_n \bar{Y}_{n,i}^{k+1} + C_n \bar{Y}_{n,i+1}^{k+1} + \bar{A}_n \bar{Y}_{n,i-2}^k + \bar{B}_n \bar{Y}_{n,i-1}^k + \bar{C}_n \bar{Y}_{n,i}^k + \bar{D}_n \bar{Y}_{n,i+1}^k + \bar{E}_n \bar{Y}_{n,i+2}^k + A_n \bar{Y}_{n,i-1}^{k-2} + \\ & + B_n \bar{Y}_{n,i}^{k-1} + C_n \bar{Y}_{n,i+1}^{k-1} - \tau^2 \bar{F}_k^{(n)} = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

После аппроксимации начальное условие примет следующий вид:

$$\begin{aligned} & \left[B_1 \frac{1}{2\tau} (U_{n,i}^{k+1} - U_{n,i}^{k-1}) + B_2 \frac{1}{2\tau 2h} [(U_{n,i+1} - U_{n,i-1})^{k+1} - (U_{n,i+1} - U_{n,i-1})^{k-1}] + \right. \\ & \left. + B_3 \frac{1}{2h^2} [(U_{n,i+1} - 2U_{n,i} + U_{n,i-1})^{k+1} - (U_{n,i+1} - 2U_{n,i} + U_{n,i-1})^{k-1}] \right] t_0 h \delta U_{n,i}^k = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Считаем, что сферическая часть трубопровода заземлена при $\alpha = \alpha_0$ и при $\alpha = 1$

$$\begin{aligned} & \bar{W}_k^{(n)}(0, t) = 0; \quad \bar{U}_k^{(n)}(0, t) = 0; \quad \bar{V}_k^{(n)}(0, t) = 0; \quad \frac{\partial \bar{W}_k^{(n)}(0, t)}{\partial \alpha} = 0; \\ & \bar{W}_k^{(n)}(1, t) = 0; \quad \bar{U}_k^{(n)}(1, t) = 0; \quad \bar{V}_k^{(n)}(1, t) = 0; \quad \frac{\partial \bar{W}_k^{(n)}(1, t)}{\partial \alpha} = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

В векторном виде граничные условия выражаются следующим образом:

$$\bar{Y}_{n,0}^j = 0; \quad A' \bar{Y}_{n,-1}^j = A' \bar{Y}_{n,1}^j; \quad U_{n,N}^j = 0; \quad A' \bar{Y}_{n,N+1}^j = A' \bar{Y}_{n,N-1}^j. \quad (11)$$

Решение разностной краевой задачи (8)–(10) осуществляется комбинацией метода прогонки и метода упругих решений А. А. Ильюшина.

В качестве примера рассмотрена конструкция, состоящая из цилиндрических и сферических оболочек типа котла цистерны при исходном нагружении [6, 7].

Список литературы

- 1 Москвитин, В. В. Циклические нагрузки элементов конструкций / В. В. Москвитин. – М. : URSS. – 2019. – 344 с.
- 2 Власов, В. З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике / В. З. Власов. – М. : Гостехиздат, 1949. – 761 с.
- 3 Буриев, Т. Алгоритмизация расчета несущих элементов тонкостенных конструкций / Т. Буриев. – Ташкент : Фан, 1986. – 244 с.
- 4 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных элементов конструкции на упругом основании / Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая, Д. В. Леоненко. – М. : Физматлит. – 2006. – 379 с.
- 5 Годунов, С. К. Разностные схемы / С. К. Годунов, В. С. Рябенский. – М. : Наука, 1973. – 400 с.
- 6 Абдусаттаров, А. К решению разностных краевых задач составных оболочечных конструкций типа цистерны / А. Абдусаттаров, Н. Х. Сабилов // Проблемы механики. – 2018. – № 1. – С. 6–12.
- 7 Абдусаттаров, А. Расчетные модели магистральных трубопроводов при переменном-пространственном нагружении с учетом повреждаемости / А. Абдусаттаров, Н. Б. Рузиева // Доклады АН Руз. – 2022. – № 6. – С. 94–98.

УДК 539.4: 678.01

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ УПРУГО-ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ШИННЫХ КОРДОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

А. П. САЗАНКОВ, С. В. ШИЛЬКО, Т. В. ДРОБЫШ

*Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого
НАН Беларуси, г. Гомель*

А. В. ХОТЬКО

ОАО «Белишина», г. Бобруйск, Республика Беларусь

Автомобильная шина представляет собой сложное композитное изделие из физически нелинейных вязкоупругих материалов в виде матричного эластомера (резины) и армирующего наполнителя (полимерного текстильного или металлического корда). Повышение конкурентоспособности отечественных автомобильных шин основано на оптимизации состава названных материалов, технологии изготовления и конструкции шины. На современном уровне техники это достигается проведением проектировочных и поверочных расчетов, предполагающих характеристику вязкоупругих свойств не только матричного эластомера, но и кордного наполнителя [1, 2], поскольку гистерезис корда вносит существенный вклад в общий баланс потерь энергии при качении шины. Получение исходных данных и идентификация реологических моделей кордного материала позволяет прогнозировать диссипативные характеристики резинокордных композитов и ряд эксплуатационных показателей шин, включая сопротивление качению, на стадии проектирования [3]. В отличие от текстильных кордов на полимерной основе металлокорд не демонстрирует выраженных объемных вязкоупругих свойств. Тем не менее, представляя собой скрутку взаимодействующих с трением проволок, он также является диссипативным элементом.

Цель работы – входной контроль текстильных и металлокордов для автомобильных шин.

Для лабораторных исследований деформативности, прочности и диссипативности кордов, имитирующих условия эксплуатации автомобильных шин, целесообразны ускоренные комбинированные механические испытания в виде последовательности циклического нагружения и кратковременной релаксации (ранее использованные для диагностики шинных резин [4]) и финального статического нагружения до разрушения. Такие комбинированные испытания позволяют автоматизировать и рационализировать трудоемкую и длительную процедуру определения параметров корда по имеющемуся стандарту [5] благодаря уменьшению числа образцов и затрат времени без потери точности. Для их реализации могут быть использованы программно-аппаратные возможности современных машин для механических испытаний, в частности, программируемой машины Инстрон 5567, имеющейся в ИММС НАН Беларуси.

Были исследованы 14 марок текстильных (капроновых, амидных, хлопко-амидных, полиэфирных) кордов К1–К14 (рисунок 1, а) и 14 марок металлических кордов С1–С14 (рисунок 1, б). В соответствии с требованиями стандарта [5] разработана методика комбинированных испытаний на растяжение указанных материалов на машине Инстрон 5567 при помощи управляющего модуля Director программного обеспечения Мерлин. Испытания проводились при нормальных условиях:

температура воздуха 23 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 50 %, давление 750 мм рт. ст., амплитуда усилия при циклическом нагружении 10–50 Н.



Рисунок 1 – Структура текстильного (а) и металлического (б) кордов

Были получены значения разрывного усилия, относительного удлинения при разрыве, модуля упругости в заданном диапазоне растягивающих усилий, а также диаграммы деформирования при циклическом нагружении и релаксации, позволяющие определить реологические константы рассматриваемых материалов в рамках существующих вязкоупругих моделей. В частности, на рисунке 2 показана типичная нагрузочная диаграмма, полученная при комбинированном испытании хлопкоанидного пропитанного корда марки 21 КНТС-П, уток 22 текс.

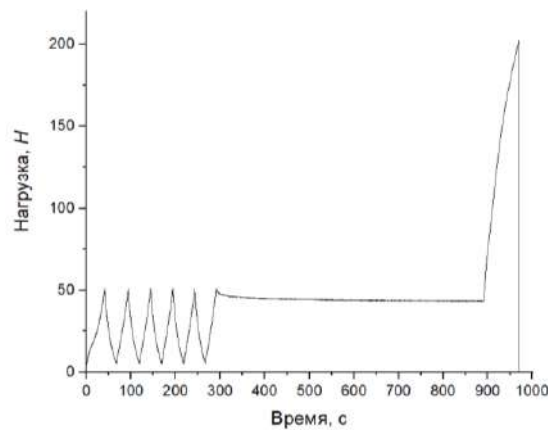


Рисунок 2 – Зависимость «усилие – время» при комплексном испытании «5 циклов растяжения – релаксация 10 минут – растяжение до разрыва» текстильного корда К12

Также представляет интерес сопоставление предельного удлинения при разрыве металлокорда разных марок (рисунок 3). Обычно результаты испытаний соответствуют данным производителя, но для марок С2 и С7 имеют место существенное различие указанных значений этого параметра.

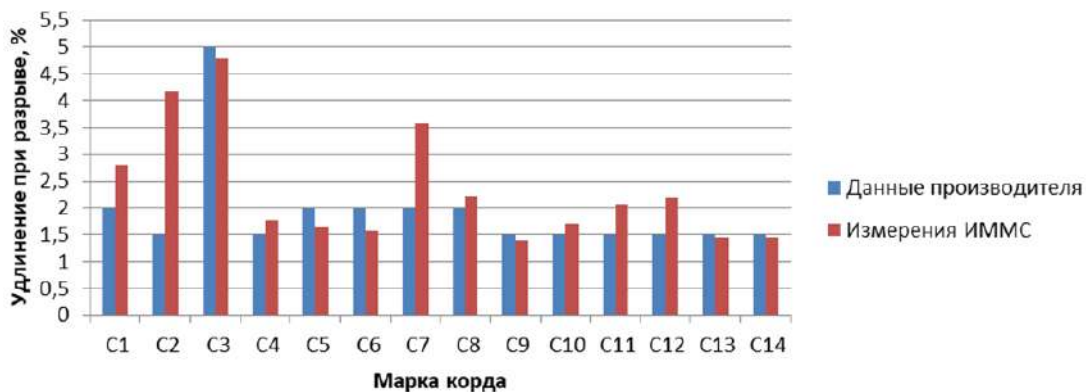


Рисунок 3 – Предельное удлинение при разрыве металлокорда разных марок

Установлено, что разрывное усилие текстильных кордов после циклического нагружения и последующей релаксации снижается вследствие деградации структуры и свойств. В ряде случаев снижение этого показателя существенно; максимальное снижение (15,7 %) установлено для корда К1. Достаточно стабильным значением (изменение < 1 %) разрывного усилия характеризуются корды К4 и К11 (0,4 % и –0,7 % соответственно). Таким образом, показана необходимость входного контроля механических характеристик металлокорда.

Список литературы

- 1 Шмурак, И. Л. О тенденциях в области шинного корда и его обработки / И. Л. Шмурак // Проблемы шин и резино-кордных композитов : сб. тр. XXII симпозиума. – М. : НИИШП, 2011. – Т. 2. – С. 205–211.
- 2 Ferreira da Cruz, A. D. Influence of Cord Design on Mechanical Properties of Tire Cords / A. D. Ferreira da Cruz: Master's Thesis. – FEUP, Departamento de Engenharia Química, 2014. – 81 p.
- 3 Performance Evaluation of Cord Material Models Applied to Structural Analysis of Tires / N. Korunović [et al.] // Composite Structures. – 2019. – Vol. 224. – DOI : 10.1016/j.compstruct.2019.111006
- 4 Экспериментальное определение упругих и вязкоупругих характеристик шинных резин / С. В. Шилько [и др.] // Теоретическая и прикладная механика : междунар. н/т сб. / Белор. нац. техн. ун-т ; редкол. : Ю. В. Василевич (пред. редкол., гл. ред.). – Минск : БНТУ, 2022. – Вып. 36. – С. 114–117.
- 5 ASTM D 885. Conditioned Fibers and Cords Test. Standard Test Methods for Tire Cords, Tire Cord Fabrics, and Industrial Filament Yarns Made from Manufactured Organic-Base Fibers. – US : ASTM Int., 2014. – 31 p.

УДК 539.31

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АНИЗОТРОПНОЙ ПЛАСТИНЫ ЧОУ НА УПРУГО-ИНЕРЦИОННОМ ОСНОВАНИИ

Д. О. СЕРДЮК, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

Московский авиационный институт (НИИ);

НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация

Объектом исследования является тонкая пластина с постоянной толщиной h и плотностью ρ . Пластина связана с двухпараметрическим основанием, характеризующимся коэффициентом жёсткости основания c и массовым коэффициентом m_f . Материал пластины упругий и анизотропный, с симметрией относительно срединной плоскости пластины – моноклинный тип симметрии упругой среды, для которой тензор упругих постоянных характеризуется тринадцатью независимыми упругими постоянными [1] $c_{11}, c_{12}, c_{13}, c_{16}, c_{22}, c_{23}, c_{26}, c_{33}, c_{36}, c_{44}, c_{45}, c_{55}, c_{66}$.

В начальный момент времени $t = 0$ на пластину воздействует нестационарное нормальное давление $p(x_1, x_2, t)$ с переменной по координатам и времени амплитудой. Движение пластины рассматривается в прямоугольной системе координат $Ox_1x_2x_3$, плоскость Ox_1x_2 совпадает со срединной плоскостью пластины.

В качестве математической модели пластины приняты гипотезы Чоу [2]. Уравнения движения пластины Чоу построены из концепций балочной теории Тимошенко и включают эффекты поперечного сдвига и инерции вращения. В работе [2] исследована нестационарная динамика многослойной ортотропной пластины Чоу. В работе [3] представлены результаты сопоставления экспериментальных данных и расчетов для анизотропной пластины Чоу в случае действия импульсной нагрузки.

Ранее были построены и исследованы фундаментальные решения для анизотропных пластин по гипотезам Кирхгофа и теории Тимошенко [4, 5]. В настоящей работе построены фундаментальные решения для гомогенной анизотропной пластины Чоу на упруго-инерционном основании. Постановка задачи включает в себя уравнения движения в перемещениях, начальные условия и условия ограниченности решения на бесконечности:

$$\rho h \frac{\partial^2}{\partial t^2} (G_b + G_s) = hK_2 (G_s) + \delta(x_1, x_2) \delta(t) - cG_b - m_f \frac{\partial^2}{\partial t^2} (G_b + G_s), \quad (1)$$
$$\rho I \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left(\frac{\partial^2 G_b}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 G_b}{\partial x_2^2} \right) = IK_1 (G_b) + hK_2 (G_s),$$

$$G_b|_{t=0} = \frac{\partial G_b}{\partial t}|_{t=0} = G_s|_{t=0} = \frac{\partial G_s}{\partial t}|_{t=0} = 0, \quad G_b|_{r \rightarrow \infty} = G_s|_{r \rightarrow \infty} = O(1), \quad r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}. \quad (2)$$

Дифференциальные операторы в (2) имеют следующий вид:

$$K_1 = c_{11} \frac{\partial^4}{\partial x_1^4} + c_{22} \frac{\partial^4}{\partial x_2^4} + 2(c_{12} + 2c_{66}) \frac{\partial^4}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} + 4c_{16} \frac{\partial^4}{\partial x_1^3 \partial x_2} + 4c_{26} \frac{\partial^4}{\partial x_1 \partial x_2^3}, K_2 = c_{55} \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + c_{44} \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}.$$

В (1), (2) $G_b = G_b(x_1, x_2, t)$ – фундаментальное решение для компоненты нормального перемещения от изгиба пластины; $G_s = G_s(x_1, x_2, t)$ – фундаментальное решение для компоненты нормального перемещения от сдвига пластины, $\delta(x_1, x_2)$ и $\delta(t)$ – дельта-функции Дирака; $I = h^3 / 12$ – погонный момент инерции. Из постановки задачи (1), (2) видно, что анизотропная пластина Чоу включает в свои соотношения 8 независимых компонент тензора упругих постоянных.

Для решения задачи (1), (2) использованы интегральное преобразование Фурье по пространственным координатам x_1, x_2 и интегральное преобразование Лапласа по времени t :

$$f^{FL}(q_1, q_2, s) = \int_0^\infty \int_{-\infty}^\infty \int_{-\infty}^\infty f(x_1, x_2, t) e^{i(q_1 x_1 + q_2 x_2) - st} dx_1 dx_2 dt.$$

Оригиналы по Лапласу построены с применением второй теоремы разложения для интегрального преобразования Лапласа. Оригиналы по Фурье построены с использованием связи ряда Фурье с интегралом обращения Фурье на переменном интервале. В результате этого построены новые фундаментальные решения для анизотропной пластины Чоу, связанной с упруго-инерционным основанием:

$$G_b(x_1, x_2, t) = \frac{1}{4c_*^2 t^2} \sum_{n=-N}^N \sum_{m=-M}^M G_b^F(\lambda_{1n}, \lambda_{2m}, t) e^{-i(\lambda_{1n} x_1 + \lambda_{2m} x_2)},$$

$$G_s(x_1, x_2, t) = \frac{1}{4c_*^2 t^2} \sum_{p=-P}^P \sum_{q=-Q}^Q G_s^F(\lambda_{1p}, \lambda_{2q}, t) e^{-i(\lambda_{1p} x_1 + \lambda_{2q} x_2)}. \quad (3)$$

В соотношениях (3):

$$G_b^F(q_1, q_2, t) = -\frac{R_1}{\rho h + m_f} (f_1(q_1, q_2) \sin(\alpha t) + f_2(q_1, q_2) \sin(\beta t)),$$

$$G_s^L(q_1, q_2, t) = \frac{1}{\rho h + m_f} (g_1(q_1, q_2) \sin(\alpha t) + g_2(q_1, q_2) \sin(\beta t)),$$

$$\lambda_{1n} = \frac{\pi n}{c_* t}, \lambda_{2m} = \frac{\pi m}{c_* t}, \lambda_{1p} = \frac{\pi p}{c_* t}, \lambda_{2q} = \frac{\pi q}{c_* t}, c_* = \sqrt{c_{66} / \rho},$$

$$f_1 = \frac{1}{\alpha^3 - \alpha \beta^2}, f_2 = \frac{1}{\beta^3 - \beta \alpha^2}, g_1 = \frac{\alpha^2 - R_2}{\alpha^3 - \alpha \beta^2}, g_2 = \frac{\beta^2 - R_2}{\beta^3 - \beta \alpha^2}, \alpha = \alpha(q_1, q_2) = \sqrt{\frac{R_3 - \sqrt{D}}{2}},$$

$$\beta = \beta(q_1, q_2) = \sqrt{\frac{R_3 + \sqrt{D}}{2}}, R_1 = \frac{12Q_1}{Q_2 \rho h^2}, R_2 = \frac{Q_3}{Q_2 \rho}, R_3 = R_1 + R_2 + \frac{Q_1 h}{\rho h + m_f}, R_4 = \frac{R_1 c + R_2 Q_1 h}{\rho h + m_f},$$

$$Q_1 = c_{55} q_1^2 + c_{44} q_2^2, Q_2 = q_1^2 + q_2^2, Q_3 = c_{11} q_1^4 + c_{22} q_2^4 + 2(c_{12} + 2c_{66}) q_1^2 q_2^2 + 4c_{16} q_1^3 q_2 + 4c_{26} q_1 q_2^3.$$

В качестве примера на рисунке 1 представлены фундаментальное решение для компоненты нормального перемещения от изгиба пластины $G_b(x_1, x_2, t)$ и фундаментальное решение для компоненты нормального перемещения от сдвига пластины $G_s(x_1, x_2, t)$ в момент времени $t = 8$ мс для пластины толщиной $h = 4,1$ мм, выполненной из углепластика [3] с плотностью $\rho = 1957$ кг/м³ и следующими упругими постоянными:

$$c_{11} = 23.51, c_{12} = 1.74, c_{16} = 0.88, c_{22} = 14.63, c_{26} = -3.54, c_{44} = 4.44, c_{55} = 4.22, c_{66} = 8.88.$$

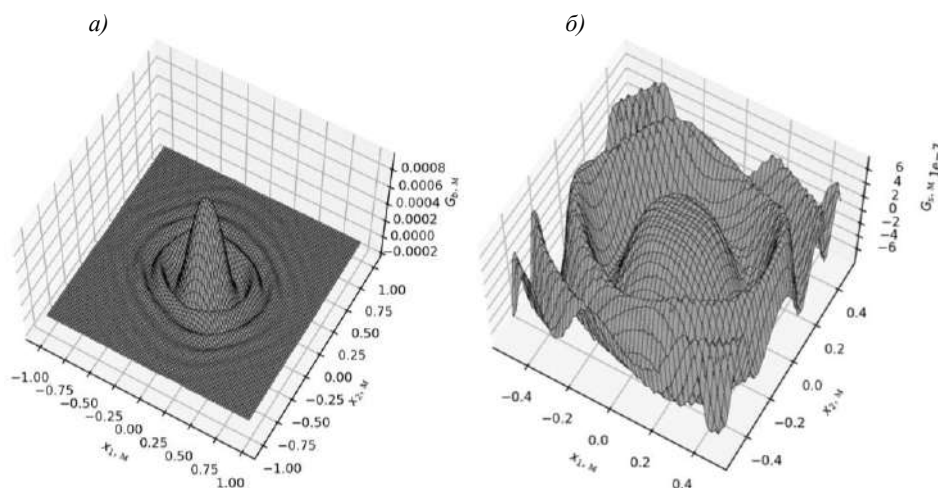


Рисунок 1 – Фундаментальные решения для пластины Чоу из углепластика на упруго-инерционном основании в момент времени 8 мс:

a – функция $G_b(x_1, x_2, t)$; b – функция $G_s(x_1, x_2, t)$

Представленные на рисунке 1 результаты демонстрируют асимметричный характер распространения возмущений, что согласуется с моделью симметрии упругой среды. Видно, что сдвиг пластины вносит существенно меньший вклад в нормальное перемещение по отношению к вкладу от изгиба пластины.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ проект №20-19-00217.

Список литературы

- 1 Тарлаковский, Д. В. Общие соотношения и вариационные принципы математической теории упругости : учеб. пособие / Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков. – М. : Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 112 с.
- 2 Chow, T. S. On the Propagation of Flexural Waves in an Orthotropic Laminated Plate and Its Response to an Impulsive Load / T. S. Chow // Journal of Composite Materials. – 1971. – Vol. 5, is. 3. – P. 306–319. – DOI : 10.1177/002199837100500302.
- 3 Fallstrom, K. E. Transient Bending Wave Propagation in Anisotropic Plates / K. E. Fallstrom, O. Lindblom // J. Appl. Mech. – 1998. – 65(4). – P. 930–938. – DOI : 10.1115/1.2791937.
- 4 Макаревский, Д. И. Волны в анизотропной пластине Тимошенко большой протяженности / Д. И. Макаревский, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 54–68. – DOI : 10.33113/mkmk.ras.2023.29.01.04
- 5 Сердюк, А. О. Фундаментальное решение для анизотропной пластины на инерционном основании / А. О. Сердюк, Д. О. Сердюк, Г. В. Федотенков // Проблемы прочности и пластичности. – 2022. – Т. 84, № 4. – С. 523–535. – DOI : 10.32326/1814-9146-2022-84-4-523-535.

УДК 539.422.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГРАДА НА ПЛАСТИНУ ИЗ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Т. А. СОКОЛОВА, М. И. МАРТИРОСОВ, А. В. ХОМЧЕНКО
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) широко применяются в различных отраслях промышленности. Из ПКМ, в частности, изготавливаются силовые элементы авиаконструкций.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом экспериментально и теоретически наряду с положительными свойствами ПКМ (малая плотность, высокая удельная прочность и жесткость, высокая износостойкость, сопротивление усталости, малый коэффициент температурного расширения, стойкость к химическим агрессивным средам, демпфирующая способность, высокая интегрированность и т. д.) подтверждены и некоторые их особенности отрицательного характера:

– повышенное (по сравнению с традиционными металлическими конструкционными материалами) рассеивание механических характеристик;

- значительное влияние на прочностные и упругие характеристики факторов окружающей среды (прежде всего влажности и температуры);
- повышенная чувствительность к технологическим и производственным отклонениям при изготовлении и сборочно-монтажных работах;
- появление повреждений (дефектов) при эксплуатации (например, под действием нагрузок ударного или импульсного характера);
- высокая чувствительность к концентраторам напряжений;
- многообразии форм разрушения;
- деградация механических характеристик со временем (старение);
- трудности соединения деталей из ПКМ между собой, а также с металлическими элементами.

В авиационной промышленности, где ПКМ используются в значительных объемах (несмотря на имеющиеся недостатки), прочность элементов конструкций должна быть обеспечена, в том числе, в случае воздействия дискретных источников. В результате воздействия дискретного источника на элемент конструкции из ПКМ в нём могут возникать повреждения, которые значительно снижают его прочностные и жёсткостные свойства.

Под повреждением понимается отклонение изделия от нормы, вызванное производством или эксплуатацией. Для доказательства прочности конструкций из ПКМ в авиации принято разделять повреждения на пять категорий в зависимости от требуемого уровня сохранения остаточной прочности, контролепригодности, интервала между осмотрами, условий появления повреждения и др.

Категория 1. Допустимые повреждения с вероятностью обнаружения не менее 90 % с уровнем доверия 95 % в процессе однократного выполнения любой формы эксплуатационного контроля.

Категория 2. Повреждения, которые можно обнаружить при плановых или целевых осмотрах (с вероятностью не менее 95 %), проводимых через установленные интервалы времени.

Категория 3. Повреждения, которые может надёжно обнаружить в пределах нескольких полётов технический персонал (с вероятностью не менее 95 %), не обладающий специальными навыками контроля конструкций из ПКМ.

Категория 4. Повреждения от дискретного источника при известном полётном событии, которое приводит к ограничению в пилотировании для завершения полёта.

Категория 5. Серьёзные повреждения, вызванные аномальными наземными или полётными явлениями, которые не входят в расчётные критерии или процедуры обоснования прочности конструкции.

В работе рассматривается прямоугольная пластина из ПКМ под действием ударной нагрузки [1]. Количество монослоёв пластины и формат укладки варьируются. Все рассматриваемые укладки симметричные, смешанные и сбалансированные с типовыми углами $\pm 45^\circ$, 0° , 90° . Материалы монослоя – препреги на основе углелент и углетканей (M21/34%/UD194/IMA, M21/40%/285T2/AS4C) производства фирмы Hexcel Composites (США). Такие материалы используются для изготовления деталей авиационных конструкций по автоклавной технологии. Физико-механические характеристики монослоев считаются заданными, получены экспериментально производителем материалов и соответствуют режиму испытаний RTD (Root Temperature Dry) – испытания при комнатной температуре 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 %).

Конечно-элементная модель (КЭМ) пластины выполнена послойно из конечных элементов типа «TSHELL», задача решается в явной постановке путём прямого интегрирования уравнений движения с использованием центрально-разностной схемы в программном комплексе LS-DYNA (Lawrence Livermore National Laboratory).

В качестве нагрузки рассматривается ударное воздействие града шарообразной формы [2–8]. Рассматриваются градины диаметра $D = 40 \dots 60$ мм. Скорость соударения варьируется в диапазоне $V = 40 \dots 200$ м/с. Угол соударения $\alpha = 30 \dots 90^\circ$ (α – угол между вектором скорости и поверхностью пластины). В работе рассматривается попадание как одиночного града, так и множественного в различные точки пластины, в том числе повторное попадание в одну точку. Град моделируется с помощью метода гидродинамики сглаженных частиц SPH (smoothed particle hydrodynamics). Взаимодействие пластины и града осуществляется с помощью контакта «NODES_TO_SURFACE» и решается методом штрафа. В качестве модели материала града рассматривается упругопластическая

модель «MAT_PLASTICITY_COMPRESSION_TENSION_EOS». Для описания поведения материала монослоёв пластины используется модель материала «LAMINATED_COMPOSITE_FABRIC».

В результате решения получены поля перемещений, напряжений и деформаций в слоях элементов пластины, изменение контактной силы в точках соударения, изменение скорости и кинетической энергии града для различных моментов времени. Определяются максимальные индексы разрушения и минимальные коэффициенты запаса прочности по следующим критериям разрушения для ПКМ: Tsai-Wu, Tsai-Hill, Hoffman, Norris, Norris-Mckinnon, Fischer, Puppo-Evensen, Hashin, Chang-Chang, Puck, LaRC (Langley Research Center) [9, 10].

Список литературы

- 1 **Соколова, Т. А.** Численное исследование деформирования элементов авиационных конструкций из полимерных композитов при динамических воздействиях / Т. А. Соколова, М. И. Мартиросов, А. В. Хомченко // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXIX Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. – М. : МАИ, 2023. – Т. 1. – С. 188–190.
- 2 **Liu, P. F.** Failure analysis of carbon fiber/epoxy composite cylindrical laminates using explicit finite element method / P. F. Liu, L. J. Xing, J. Y. Zheng // Composites. Part B. – 2014. – Vol. 56. – P. 54–61.
- 3 **Fasnella, E. L.** Test and Analysis Correlation of High Speed Impacts of Ice Cylinders / E. L. Fasnella, R. L. Boinot // 9th International LD-DYNA Users Conference.
- 4 **Schulson, E. M.** Brittle Failure of Ice/ E. M. Schulson // Engineering Fracture Mechanics, 2001. – No. 68. – P. 1839–1887.
- 5 **Gurthar, A.** Experimental and Numerical Investigation of Ice-Structure Interaction. / A. Gurthar // Doctoral Thesis, Norwegian University of Science and Technology. – No. 2009:26.
- 6 **Petrovic, J. J.** Review Mechanical properties of ice and snow/ Journal of materials science / J. J. Petrovic. – 2003. – No. 38. – P. 1–6.
- 7 **Kimand, H.** Modeling Hail Ice Impacts and Predicting Impact Damage Initiation in Composite Structures/ H. Kimand, K. T. Kedward // American Institute of Aeronautics and Astronautics Journal. – 2000. – No. 7. – P. 1278–1288.
- 8 **Monaghan, J. J.** Shock Simulation by the Particle Method of SPH / J. J. Monaghan, R. A. Gingold // Journal of Computational Physics. – 1983. – No. 52. – P. 74–381.
- 9 **Гриневич, Д. В.** Критерии разрушения полимерных композиционных материалов (обзор) / Д. В. Гриневич, Н. О. Яковлев, А. В. Славин // Труды ВИАМ. – № 7. – 2019. – С. 92–111.
- 10 Assessment of the strength of a composite package with internal defects according to various failures criteria under the influence of unsteady load / A. L. Medvedskiy [et al.] // Periodico Tche Quimica. – 2020. – Vol. 17, no. 35. – P. 1218–1230.

УДК 539.3

КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ В НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОТОКЕ

Э. И. СТАРОВОЙТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ, Г. В. ФЕДОТЕНКОВ

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация

Современные требования машиностроения к оценке прочностных характеристик композитных конструкций обуславливают необходимость создания расчетных моделей, учитывающих динамические нагружения. Этой проблеме посвящен ряд публикаций. В монографиях [1–5] предложены общие подходы к постановке и решению соответствующих начально-краевых задач. Колебания неоднородных пластин и оболочек исследовались в статьях [6–11]. Отдельные задачи квазистатического деформирования упругих и физически нелинейных трехслойных элементов конструкций, в том числе связанных с упругим основанием, при однократных и циклических нагрузках решены в работах [11–19].

Здесь для трехслойного пакета пластины приняты гипотезы ломаной линии. Для несущих слоев несимметричной по толщине трехслойной круговой пластины принимаются гипотезы Кирхгофа. В жестком наполнителе справедлива гипотеза Тимошенко о прямолинейности и несжимаемости деформированной нормали, которая поворачивается на некоторый дополнительный угол $\psi(r)$. Искомыми функциями считаются также прогиб $w(r)$ и радиальное перемещение срединной плоскости наполнителя $u(r)$. Учтена работа наполнителя в тангенциальном направлении. Постановка задачи и ее решение проводятся в цилиндрической системе координат. Срединная плоскость наполнителя принимается за координатную, ось z направлена перпендикулярно вверх, к первому слою.

Получена система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая поперечные колебания упругой круговой трехслойной пластины в температурном нестационарном потоке:

$$T_{r,r} + \frac{1}{r}(T_r - T_\varphi) - m_0 \ddot{u} = 0; \quad H_{r,r} + \frac{1}{r}(H_r - H_\varphi) - m_1 \ddot{\psi} = 0;$$

$$M_{r,rr} + \frac{1}{r}(2M_{r,r} - M_{\varphi,r}) - m_0 \ddot{w} + m_2 \ddot{w}_{,rr} - q_r = 0.$$

Граничные условия – шарнирное опирание контура пластины. Температура учитывается добавлением *температурного* момента M_t в граничные условия, что позволяет выписать для прогиба требования ($r = r_1$):

$$w = 0, \quad a_7 w_{,rr} + \frac{a_8}{r_0} w_{,r} = -M_t; \quad M_t = 3 \sum_{k=1}^3 \alpha_k K_k \int_{h_k} T z dz.$$

Полный прогиб представляется в виде суммы квазистатического прогиба w_s и динамической составляющей w_d :

$$w = w_s + w_d,$$

где квазистатический прогиб w_s удовлетворяет уравнению $L_3(w_{s,r}) = 0$:

$$w_s = r_0^2 M_t \left[1 - (r/r_0)^2 \right] / 2(a_7 + a_8).$$

Начальные условия неоднородные, в них появляется ненулевая скорость:

$$w_d = 0, \quad \dot{w}_d = -r_0^2 \dot{M}_t(0) \left[1 - (r/r_0)^2 \right] / 2(a_7 + a_8).$$

Динамическая составляющая w_d представляется в виде разложения в ряд по этой системе собственных ортонормированных функций $v_n(\beta_n r)$:

$$w_d = \sum_{n=0}^{\infty} v_n T_n(t), \quad v_n(\beta_n r) \equiv \frac{1}{d_n} \left[J_0(\beta_n) - \frac{J_0(\beta_n r_1)}{I_0(\beta_n r_1)} I_0(\beta_n r) \right].$$

Проведен численный параметрический анализ зависимости собственных чисел и частот колебаний от температуры, материалов и толщин слоев.

Полученные решения позволяют исследовать колебания трехслойных круговых пластин при осесимметричных динамических нагрузках. Численные результаты показали существенное влияние механических характеристик материалов слоев и температуры на перемещения в пластине.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T22УЗБ-015).

Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М.: Изд-во МАИ, 2016. – 184 с.
- 3 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск.: БГУ, 2021. – 535 с.
- 4 Zhuravkov, M. A. Mechanics of Solid Deformable Body / M. A. Zhuravkov, Lyu Yongtao, E. I. Starovoitov. – Singapore: Springer, 2022. – 317 p.
- 5 Абдусаттаров, А. Деформирование и повреждаемость упругопластических элементов конструкций при циклических нагружениях / А. Абдусаттаров, Э. И. Старовойтов, Н. Б. Рузиева. – Ташкент: IDEAL PRESS, 2023. – 381 с.
- 6 Fedotenkov, G. V. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, no 4. – P. 439–447.
- 7 Вестяк, В. А. Распространение нестационарных объемных возмущений в упругой полуплоскости / В. А. Вестяк, А. С. Садков, Д. В. Тарлаковский // Изв. РАН. МТТ. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 130–140.
- 8 Леоненко, Д. В. Колебания круговых трехслойных пластин на упругом основании Пастернака / Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2014. – № 1. – С. 59–63.
- 9 Леоненко, Д. В. Исследование спектра частот трехслойной цилиндрической оболочки с упругим наполнителем / Д. В. Леоненко, Э. И. Старовойтов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 162–169.

10 **Vakhneev, S.** Damping of circular composite viscoelastic plate vibration under neutron irradiation / S. Vakhneev, E. Starovoitov // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – 18(4). – P. 699–704.

11 **Pronina, P. F.** Study of the radiation situation in Moscow by investigating elastoplastic bodies in a neutron flux taking into account thermal effects / P. F. Pronina, O. V. Tushavina, E. I. Starovoitov // Periódico Tchê Química. – 2020. – Vol. 17, no. 35. – P. 753–764.

12 **Захарчук, Ю. В.** Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – Вып. 10. – С. 55–66.

13 **Захарчук, Ю. В.** Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – Вып. 11. – С. 80–87.

14 **Леоненко, Д. В.** Напряженно-деформированное состояние физически нелинейной трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем / Д. В. Леоненко, А. С. Зеленая // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 2 (43). – С. 77–82.

15 **Козел, А. Г.** Деформирование круговой трехслойной пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – № 32. – С. 235–240.

16 **Козел, А. Г.** Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.

17 **Нестерович, А. В.** Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13. – С. 116–121.

18 **Нестерович, А. В.** Неосесимметричное нагружение трехслойной круговой пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Теоретическая и прикладная механика. – 2020. – № 35. – С. 246–252.

19 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no 4. – P. 1023–1029.

УДК 539.374

ТЕРМОСИЛОВОЕ НАГРУЖЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ ПЛАСТИН ПОГОННЫМИ СИЛАМИ

Э. И. СТАРОВОЙТОВ, А. В. ЯРОВАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. АБДУСАТТАРОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Монографии [1–5] посвящены разработке моделей деформирования трехслойных элементов конструкций при квазистатических и динамических нагрузках. Колебания и нестационарное нагружение неоднородных пластин и оболочек, в том числе связанных с упругим основанием, исследовались в публикациях [6–8]. Статьи [9–10] посвящены исследованию влияния нейтронного облучения на демпфирование колебаний и деформирование вязкоупругих тел. Математическая модель изгиба круговых трехслойных пластин со сжимаемым наполнителем построена в работах [11–13]. В публикациях [14, 15] анализируются напряженно-деформированное состояние упругопластической трехслойной пластины, взаимодействующей с основанием Пастернака. Деформирование круговой трехслойной пластины в своей плоскости под действием неосесимметричных нагрузок рассмотрено в [16, 17]. Статья [18] посвящена исследованию деформирования композитной балки в температурном поле. Здесь исследовано деформирование в температурном поле несимметричных по толщине упругопластических трехслойных пластин с жестким наполнителем.

Кинематические допущения основаны на гипотезе «ломаной» нормали. Деформации малые. Перпендикулярно внешнему слою пластины действует распределенная по окружности силовая нагрузка погонная $q(r)$ и тепловой поток плотностью q_t :

$$q = Q_0 \delta(a - r).$$

Через $w(r)$ обозначен прогиб, $\psi(r)$ – дополнительный угол поворота нормали в наполнителе. На торце предполагаем наличие жесткой диафрагмы. Температурное поле в стержне считаем известным [1]. В слоях пластины используются физические уравнения состояния теории малых упругопластических деформаций Ильюшина:

$$s_{ij}^{(k)} = 2G_k(T_k) f^{(k)}(\epsilon_u^{(k)}, T_k) \vartheta_{ij}^{(k)},$$

$$\sigma^{(k)} = 3K_k(T_k)(\varepsilon^{(k)} - \alpha_k T_k) \quad (k=1, 2; \quad i, j = x, y, z),$$

где $\omega_k(\varepsilon_u^{(k)})$ – функции физической нелинейности материалов слоев.

Уравнения равновесия рассматриваемой пластины получены вариационным методом Лагранжа с учетом работы касательных напряжений в заполнителе. В случае погонной нагрузки соответствующая система дифференциальных уравнений в итерациях принимают вид:

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u^{(n)} + a_2 \psi^{(n)} - a_3 w_{,r}^{(n)}) &= p_\omega^{(n-1)}, \\ L_2(a_2 u^{(n)} + a_4 \psi^{(n)} - a_5 w_{,r}^{(n)}) - 2cG_3 \psi^{(n)} &= h_\omega^{(n-1)}, \\ L_3(a_3 u^{(n)} + a_5 \psi^{(n)} - a_6 w_{,r}^{(n)}) &= -Q_0 \delta(a-r) + q_\omega^{(n-1)}. \end{aligned}$$

где n – номер приближения; a_i – коэффициенты, определяемые через модули упругости материалов и толщины слоев при температуре T ; L_2, L_3 – дифференциальные операторы [1].

Величины $p_\omega^{(n-1)}, h_\omega^{(n-1)}, q_\omega^{(n-1)}$ в правых частях уравнений служат поправками на нелинейность материалов слоев. Их называют дополнительными «внешними» нагрузками. На первом шаге приближения ($n = 1$) их принимают равными нулю, а в дальнейшем вычисляют по результатам предыдущего приближения. Ее решение при погонной поперечной силе получено методом упругих решений, например прогиб,

$$\begin{aligned} \psi^{(n)} &= C_2^{(n)} I_1(\beta r) + C_3 K_1(\beta r) + \psi_r^{(n)}, \\ w^{(n)} &= \frac{1}{b_3} \left[b_2 \left(\frac{C_2^{(n)}}{\beta} I_0(\beta r) + \int \psi_r^{(n)} dr \right) + \int \left(\frac{a_3}{a_1} L_2^{-1}(p_\omega^{(n-1)}) + L_3^{-1}(q - q_\omega^{(n-1)}) \right) dr + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{4} C_1 r^2 (\ln r - 1) + \frac{C_5^{(n)} r^2}{4} \right] + C_6 \ln r + C_4^{(n)}, \\ u &= \frac{a_3}{a_1} w_{,r} - \frac{a_2}{a_1} \psi + \frac{C_7 r}{2} + \frac{C_8}{r}, \end{aligned}$$

где $I_1(\beta r), K_1(\beta r)$ – функции Бесселя (модифицированная) и Макдональда; C_1, C_2, \dots, C_8 – константы интегрирования; L_2^{-1}, L_3^{-1} – интегральные операторы.

Явная зависимость перемещений от температуры при шарнирном опирании контура пластины определяется через константу интегрирования.

Полученные решения позволяют исследовать НДС трехслойных круговых пластин при осесимметричных погонных нагрузках. Численные результаты показали существенное влияние физической нелинейности материалов слоев и температуры на перемещения в пластине.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T22УЗБ-015).

Список литературы

- 1 Горшков, А. Г. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : Изд-во МАИ, 2016. – 184 с.
- 3 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск. : БГУ, 2021. – 535 с.
- 4 Zhuravkov, M. A. Mechanics of Solid Deformable Body / M. A. Zhuravkov, Lyu Yongtao, E. I. Starovoitov. – Singapore : Springer, 2022. – 317 p.
- 5 Абдусаттаров, А. Деформирование и повреждаемость упругопластических элементов конструкций при циклических нагружениях / А. Абдусаттаров, Э. И. Старовойтов, Н. Б. Рузиева. – Ташкент : IDEAL PRESS, 2023. – 381 с.
- 6 Fedotenkov, G. V. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotenkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, no 4. – P. 439–447.
- 7 Вестяк, В. А. Распространение нестационарных объемных возмущений в упругой полуплоскости / В. А. Вестяк, А. С. Садков, Д. В. Тарлаковский // Изв. РАН. МТТ. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 130–140.
- 8 Леоненко, Д. В. Колебания круговых трехслойных пластин на упругом основании Пастернака / Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2014. – № 1. – С. 59–63.

9 **Vakhneev, S.** Damping of circular composite viscoelastic plate vibration under neutron irradiation / Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – 18(4). – P. 699–704.

10 **Pronina, P. F.** Study of the radiation situation in Moscow by investigating elastoplastic bodies in a neutron flux taking into account thermal effects / P. F. Pronina, O. V. Tushavina, E. I. Starovoitov // Periódico Tchê Química. – 2020. – Vol. 17, no. 35. – P. 753–764.

11 **Захарчук, Ю. В.** Перемещения в круговой трехслойной пластине со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2017. – № 10. – С. 55–66.

12 **Захарчук, Ю. В.** Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – № 11. – С. 80–87.

13 **Леоненко, Д. В.** Напряженно-деформированное состояние физически нелинейной трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем / Д. В. Леоненко, А. С. Зеленая // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 2 (43). – С. 77–82.

14 **Козел, А. Г.** Деформирование круговой трехслойной пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2017. – № 32. – С. 235–240.

15 **Козел, А. Г.** Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.

16 **Нестерович, А. В.** Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации. – 2020. – № 13. – С. 116–121.

17 **Нестерович, А. В.** Неосесимметричное нагружение трехслойной круговой пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Теоретическая и прикладная механика. – 2020. – № 35. – С. 246–252.

18 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no 4. – P. 1023–1029.

УДК 625.8

ИЗГИБ ШАРНИРНО ОПЕРТОЙ МОМЕНТНОЙ УПРУГОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВУХ УПРОЩАЮЩИХ ГИПОТЕЗ ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСТАЦИОНАРНОЙ НАГРУЗКИ

Д. В. ТАРЛАКОВСКИЙ

*Московский авиационный институт (НИУ),
МГУ им. М. В. Ломоносова, Российская Федерация*

ДО НГОК ДАТ

Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

Рассматривается нестационарный изгиб изотропных пластин в прямоугольной декартовой системе координат Ox_1x_2 . Процедура получения общих уравнений движения для этого случая рассмотрена в [1]. Там же приведены уравнения при использовании гипотезы об отсутствии обжатия. Для дальнейшего упрощения дополнительно применяется гипотеза Кирхгофа – Лява [2, 3]. При этом уравнения движения и физические соотношения имеют вид

$$\ddot{w} = -r^2 \Delta \Delta w + 4\alpha \left(\Delta w + \frac{\partial \omega_1}{\partial x_2} - \frac{\partial \omega_2}{\partial x_1} \right) + p, \ddot{\omega}_1 = \gamma_2^{-2} \Delta \omega_1 + c_{02} \frac{\partial \theta_\omega}{\partial x_1} - 4\alpha \nu \left(\omega_1 - \frac{\partial w}{\partial x_2} \right) + \tilde{m}_{M1}, \quad (1)$$

$$\ddot{\omega}_2 = \gamma_2^{-2} \Delta \omega_2 + c_{02} \frac{\partial \theta_\omega}{\partial x_2} - 4\alpha \nu \left(\omega_2 + \frac{\partial w}{\partial x_1} \right) + \tilde{m}_{M2}, \theta_\omega = \frac{\partial \omega_1}{\partial x_1} + \frac{\partial \omega_2}{\partial x_2};$$

$$M_{11} = - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \kappa \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right), M_{22} = - \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} + \kappa \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} \right), M_{12} = M_{21} = -2\gamma_1^{-2} \frac{\partial^2 w}{\partial x_1 \partial x_2},$$

$$T_{13} = -T_{31} = 2\alpha \left(\frac{\partial w}{\partial x_1} + \omega_2 \right), T_{23} = -T_{32} = 2\alpha \left(\frac{\partial w}{\partial x_2} - \omega_1 \right), R_{11} = \gamma_0^{-2} \gamma_2^2 \frac{\partial \omega_1}{\partial x_1} + \eta_2 \frac{\partial \omega_2}{\partial x_2}, \quad (2)$$

$$R_{22} = \gamma_0^{-2} \gamma_2^2 \frac{\partial \omega_2}{\partial x_2} + \eta_2 \frac{\partial \omega_1}{\partial x_1}, R_{12} = \frac{\partial \omega_2}{\partial x_1} + \eta \frac{\partial \omega_1}{\partial x_2}, R_{21} = \frac{\partial \omega_1}{\partial x_2} + \eta \frac{\partial \omega_2}{\partial x_1}, N_\omega = \eta_2 \theta_\omega.$$

Здесь использованы следующие безразмерные величины (при одинаковом начертании величин они обозначены штрихом, который в (1), (2) и последующем изложении опущен):

$$\begin{aligned}
x'_i &= \frac{x_i}{L}, \tau = \frac{ct}{L}, w' = \frac{w}{L}, r' = \frac{r}{L}, p' = \frac{pL}{h(\lambda + 2\mu)}, r^2 = I/h, I = h^3/12, \tilde{m}'_{Mi} = \frac{\tilde{m}_{Mi}L^2}{h}, T'_{kl} = \frac{T_{kl}}{h(\lambda + 2\mu)}, \\
M'_{kl} &= \frac{M_{kl}L}{I(\lambda + 2\mu)}, R'_{kl} = \frac{R_{kl}L}{h(\gamma + \varepsilon)}, N'_{\omega} = \frac{N_{\omega}L}{h(\gamma + \varepsilon)}, \gamma_0^2 = \frac{c_1^2}{c_4^2}, \gamma_1^2 = \frac{c_1^2}{c_2^2}, \gamma_2^2 = \frac{c_1^2}{c_3^2}, c_1 = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}, c_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \\
c_3 &= \sqrt{\frac{\gamma + \varepsilon}{J}}, c_4 = \sqrt{\frac{\beta + 2\gamma}{J}}, \alpha' = \frac{\alpha}{\lambda + 2\mu}, \eta = \frac{\gamma - \varepsilon}{\gamma + \varepsilon}, \eta_1 = \frac{\gamma}{\gamma + \varepsilon}, \eta_2 = \frac{\beta}{\gamma + \varepsilon}, \nu = \frac{\rho L^2}{J}, \kappa = \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} = 1 - \frac{2}{\gamma_1^2}.
\end{aligned}$$

Здесь w нормальное перемещение; ω_i – координаты вектора угла вращения за счет моментных свойств среды; t – время; ρ и J – плотность и массовая мера инерции при вращении материала пластины; λ, μ – упругие постоянные Ламе; $\alpha, \beta, \gamma, \varepsilon$ – дополнительные физические параметры среды при наличии моментных эффектов; p – нормальное давление; \tilde{m}_{Mi} – координаты внешнего поверхностного момента; L – характерный размер; h – толщина оболочки; T_{i3}, T_{3i} и M_{ij} – внутренние силовые и моментные характеристики, инициированные тензором напряжений, а R_{ij}, N_{ω} – аналогичные величины, соответствующие тензору моментных напряжений.

Полагаем, что пластина прямоугольная: $0 \leq x_1 \leq a, 0 \leq x_2 \leq b$. На ее границах имеют место условия обобщенного шарнирного опирания:

$$w|_{x_1=0,a} = w|_{x_2=0,b} = 0, M_{11}|_{x_1=0,a} = 0, M_{22}|_{x_2=0,b} = 0, R_{12}|_{x_1=0,a} = 0, R_{21}|_{x_2=0,b} = 0. \quad (3)$$

Начальные условия нулевые. Тезисно решение такой задачи изложено в [4]. Кинематические параметры и внешние нагрузки представляются в виде рядов

$$\begin{aligned}
w &= \sum_{m,n=1}^{\infty} w_{mn}(\tau) \sin a_m x_1 \sin b_n x_2, a_m = \frac{\pi m}{a}, b_n = \frac{\pi n}{b}, p = \sum_{m,n=1}^{\infty} p_{mn}(\tau) \sin a_m x_1 \sin b_n x_2, \\
\omega_1 &= \sum_{m,n=1}^{\infty} \omega_{1mn}(\tau) \sin a_m x_1 \cos b_n x_2, \omega_2 = \sum_{m,n=1}^{\infty} \omega_{2mn}(\tau) \cos a_m x_1 \sin b_n x_2, \\
\tilde{m}_{M1} &= \sum_{m,n=1}^{\infty} \tilde{m}_{M1mn}(\tau) \sin a_m x_1 \cos b_n x_2, \tilde{m}_{M2} = \sum_{m,n=1}^{\infty} \tilde{m}_{M2mn}(\tau) \cos a_m x_1 \sin b_n x_2.
\end{aligned} \quad (4)$$

При этом граничные условия (3) выполняются.

Подставляя ряды (4) в уравнения (1), получаем систему линейных обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\mathbf{A}_{mn} \ddot{\mathbf{X}}_{mn} = -\mathbf{B}_{mn}, \mathbf{A}_{mn} = (a_{mnij})_{3 \times 3}, \mathbf{X}_{mn} = (w_{mn}, \omega_{1mn}, \omega_{2mn})^T, \mathbf{B}_{mn} = (p_{mn}, \tilde{m}_{M1mn}, \tilde{m}_{M2mn})^T,$$

где

$$\begin{aligned}
a_{mn11} &= (a_m^2 + b_n^2) [r^2 (a_m^2 + b_n^2) + 4\alpha], a_{mn12} = 4\alpha b_n, a_{mn13} = -4\alpha a_m, \\
a_{mn31} &= 4\alpha \nu a_m, a_{mn33} = \gamma_2^{-2} a_m^2 + \gamma_0^{-2} b_n^2 + 4\alpha \nu, \\
a_{mn21} &= -4\alpha \nu b_n, a_{mn22} = \gamma_0^{-2} a_m^2 + \gamma_2^{-2} b_n^2 + 4\alpha \nu, a_{mn23} = a_{mn32} = c_{02} a_m b_n.
\end{aligned}$$

Решение соответствующей задачи Коши с нулевыми начальными условиями проводится численно либо с помощью преобразования Лапласа.

Ряды (4) заменяются частичными суммами с верхним пределом суммирования, который определяется следующим неравенством:

$$\|f_{N+1,N+1}(x_1, x_2, \tau)\| = \max_{0 \leq x_1 \leq a, 0 \leq x_2 \leq b, \tau \in [0, T]} |f_{N+1,N+1}(x_1, x_2, \tau)| < \varepsilon,$$

где ε – заданная точность, а величина T определяет рассматриваемый диапазон изменения времени.

Рассмотрены примеры расчетов при наличии сосредоточенной в точке (x_{10}, x_{20}) , где $0 < x_{10} < a, 0 < x_{20} < b$, нагрузки следующего вида: $p = \delta(x_1 - x_{10}, x_2 - x_{20})H(\tau), \tilde{m}_{M1} = \tilde{m}_{M2} = 0$, где

$\delta(x_1, x_2)$ и $H(\tau)$ – дельта-функция Дирака и функция Хевисайда [6, 7]. Материал пластины – композит из алюминиевой дробы в эпоксидной матрице [5].

Результаты расчетов здесь не приводятся в силу ограниченности места.

Список литературы

- 1 **Тарлаковский, Д. В.** Начально-краевые задачи для моментных упругих пластин / Д. В. Тарлаковский, Куок Чиен Май // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д.: в 2 ч., Гомель, 24–25 ноябр. 2022 г. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Ч. 2. – С. 262–263.
- 2 **Михайлова, Е. Ю.** Обобщенная линейная модель динамики тонких упругих оболочек / Е. Ю. Михайлова, Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков // Ученые записки Казанского университета. Сер. Физико-математические науки. – 2018. – Т. 160. – Кн. 3. – С. 561–577.
- 3 **Михайлова, Е. Ю.** Общая теория упругих оболочек : учеб. пособие / Е. Ю. Михайлова, Д. В. Тарлаковский, Г. В. Федотенков. – М. : Изд-во МАИ, 2018ю – 112 с.
- 4 **До, Нгок Дат.** Нестационарный изгиб шарнирно опертой моментной упругой прямоугольной пластины – простейшая модель / Нгок Дат До, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXIX Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова. – Т. 1. – М. : ООО «ТРИП», 2023. – С. 102.
- 5 **Ерофеев, В. И.** Волновые процессы в твердых телах с микроструктурой / В. И. Ерофеев. – М. : Изд-во МГУ, 1999. – 328 с.

УДК 539.3:624.131

ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛАБОСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ПОДТОПЛЕНИИ

Е. Ю. ТРАЦЕВСКАЯ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Республика Беларусь

В процессе эксплуатации инженерных сооружений происходят изменения состояния их естественных оснований, что обуславливает изменения физико-механических свойств грунтов, в том числе и динамических. В результате могут происходить неравномерные деформации зданий и сооружений. Одним из основных видов техногенных воздействий на геологическую среду являются вибродинамические нагрузки, возникающие при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений. Такие нагрузки могут приводить к изменению физико-механических свойств грунтов оснований и тем самым влиять на состояние инженерных объектов.

При эксплуатации инженерных сооружений могут происходить нарушения водного и теплового балансов, химическое и электромагнитное загрязнения и изменения напряженно-деформированного состояния грунтов активной зоны. Эти изменения в свою очередь могут оказать влияние на динамические свойства грунтов.

Ранее проводились теоретические исследования физико-механических свойств дисперсных грунтов [1–7]. Экспериментальное определение характеристик устойчивости и пластичности различного вида грунтов отражено в публикациях [8–11].

Испытания грунтов проводились в лабораторных условиях. Были определены ускорения, возникающие в грунте при определенном ускорении возмущающей силы; вертикальные деформации грунтов необратимого характера при компрессионных испытаниях в статическом и динамическом режимах нагружения образцов. При виброкомпрессионном уплотнении грунта использовали металлическую обойму диаметром 152 мм и высотой 410 мм, жестко закрепленную на вибростоле вибрационного электродинамического стенда.

Статическое зондирование является одним из наиболее эффективных, перспективных и динамично развивающихся полевых экспресс-методов изучения состава, строения, состояния и механических свойств дисперсных грунтов. Этот метод применяют для количественной оценки характеристик физико-механических свойств грунтов (плотности, модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления грунтов и др.). К основным характеристикам относятся удельные сопротивления грунта под наконечником зонда (q_c , МПа) и на участке боковой поверхности зонда (f_s , кПа), показатель трения (R_f , %).

Амплитудно-частотный режим испытаний был выбран на основании обобщения опубликованных в литературе [1] и полученных при исследованиях данных. Амплитуда виброперемещений A_0 задавалась постоянной $0,3 \cdot 10^{-3}$ м (максимальные амплитуды, характерные для железнодорожного транспорта). Частота гармонических колебаний φ изменялась от 15 до 105 Гц (наиболее часто встречаемые значения для техногенных нагрузок) с интервалом, равным 10 Гц. Каждый эксперимент проводился в течение одного часа, а виброускорения, возникающие в грунте, обратимые и необратимые деформации измерялись в течение первых пяти минут, через 30 минут и в конце эксперимента. Образцы испытывали без статического пригружения.

Слабосвязным неводонасыщенным грунтам свойственны смешанные структуры. В них кулоновское трение между частицами меньше, чем в чистых песках, а коагуляционная сетка слабая и прерывистая. Ввиду неоднородности структурных связей, даже при небольших напряжениях в пределах упругих деформаций появляются необратимые деформации, т. е. предел упругости принимается условно [1]. В связи с низкой гидрофильностью таких грунтов их динамическая реакция зависит даже от небольших изменений влажности.

По действию вибродинамической нагрузки грунт из состояния равновесия переходит в неустойчивое состояние. Распределение нормальных напряжений меняется в течение цикла. На стадии разгрузки происходит ослабление и разрушение связей между структурными элементами, возрастает их подвижность. На стадии нагружения увеличиваются количество и площадь межчастичных контактов и происходит уплотнение грунта. В результате уменьшение сил сцепления при растяжении компенсируется увеличением числа контактов при сжатии настолько, что деформируемость уменьшается, т. е. процесс уплотнения имеет затухающий характер. При этом изменение значений модулей общей и упругой деформации носит затухающий характер, модули общей деформации приближаются к значениям модулей упругости, а жесткость α и соответственно собственная частота образцов грунта ω увеличиваются. Например, для супеси легкой ($W = 0,135$) при изменении коэффициента пористости от 0,83 до 0,59 при одном и том же ускорении динамического воздействия амплитуды перемещений уменьшились от $2,00 \cdot 10^{-3}$ м до $0,44 \cdot 10^{-3}$ м.

При приложении вибродинамической нагрузки грунт уплотняется, процесс уплотнения имеет затухающий характер. При этом изменение значений модулей общей и упругой деформаций носит также затухающий характер, модули общей деформации приближаются к значениям модулей упругости, а жесткость и соответственно собственная частота образцов грунта увеличивается. При увеличении влажности от максимальной гигроскопической влажности до влажности нижнего предела пластичности увеличивается сжимаемость грунта; жесткость, частоты собственных колебаний образцов, логарифмические декременты и коэффициенты нарастания амплитуды вне резонансной зоны уменьшаются. Явление резонанса с увеличением влажности проявляется более четко.

Следует отметить, что полученные механические характеристики грунтов использовались при расчетах композитных элементов конструкций, связанных с упругим основанием [12–15].

Список литературы

- 1 Трофимова, В. Т. Грунтоведение / В. Т. Трофимова. – М. : Изд-во Московского университета, 2005. – 1023 с.
- 2 Трацевская, Е. Ю. Особенности тектоники территории г. Гомеля в связи с оценкой устойчивости геологической среды / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин, И. А. Красовская // Литосфера. – 2003. – № 1 (18). – С. 78–85.
- 3 Трацевская, Е. Ю. Закономерности развития суффозионно-просадочных явлений на территории Белоруссии / Е. Ю. Трацевская, А. Н. Галкин // Инженерная геология массивов лессовых пород : труды Междунар. науч. конф. / под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева. – М., 2004. – С. 108–109.
- 4 Трацевская, Е. Ю. Особенности формирования техногенного подтопления дисперсных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 106–112.
- 5 Трацевская, Е. Ю. Современное динамическое состояние геологической среды г. Гомеля и его влияние на инженерно-геологические условия / Е. Ю. Трацевская, О. К. Абрамович // Литосфера. – 2008. – № 2 (29). – С. 129–137.
- 6 Трацевская, Е. Ю. Геологическая опасность развития подтопления грунтов и оценка экономических рисков при ее реализации / Е. Ю. Трацевская // Природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 102–109.
- 7 Трацевская, Е. Ю. Влияние развития техногенного подтопления в дисперсных грунтах на надежность системы «основание-фундамент-здание» / Е. Ю. Трацевская // Экология урбанизированных территорий. – 2011. – № 2. – С. 71–76.
- 8 Трацевская, Е. Ю. Динамическая неустойчивость квазитиксотропных моренных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2017. – № 1 (46). – С. 107–111.

9 Трацевская, Е. Ю. Характеристики пластичности супесчаных неводонасыщенных грунтов юго-востока Беларуси / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2018. – № 1 (48). – С. 12–17.

10 Трацевская, Е. Ю. Демпфирующие свойства слабосвязных трехфазных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2019. – № 2(51). – С. 115–121.

11 Трацевская, Е. Ю. Экспериментальное исследование параметров автотранспортного вибродинамического воздействия на массивы грунтов / Е. Ю. Трацевская // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2020. – № 1 (40). – С. 58–61.

12 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.

13 Zhuravkov, M. A. Mechanics of Solid Deformable Body / M. A. Zhuravkov, Lyu Yongtao, E. I. Starovoitov. – Singapore : Springer, 2022. – 317 p.

14 Абдусаттаров, А. Деформирование и повреждаемость упругопластических элементов конструкций при циклических нагрузениях / А. Абдусаттаров, Э. И. Старовойтов, Н. Б. Рузиева. – Ташкент : IDEAL PRESS, 2023. – 381 с.

15 Vakhneev, S. Damping of circular composite viscoelastic plate vibration under neutron irradiation / S. Vakhneev, E. Starovoitov // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – 18(4). – P. 699–704.

16 Pronina, P. F. Study of the radiation situation in Moscow by investigating elastoplastic bodies in a neutron flux taking into account thermal effects / P. F. Pronina, O. V. Tushavina, E. I. Starovoitov // Periódico Tchê Química. – 2020. – Vol. 17, no. 35. – P. 753–764.

УДК 536.24

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

О. В. ТУШАВИНА

Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация

Рассматриваются перспективные способы тепловой защиты летательных аппаратов путем использования новых композиционных материалов (КМ) с помощью комбинирования как существующих, так и разрабатываемых материалов. Наиболее перспективными являются КМ на основе углеродных нитей (наполнителей КМ), пропитанных углеродными смолами или парами пиролитического графита. К таким ТЗМ относятся углерод-углеродные КМ и углерод-керамические КМ. Однако эти материалы быстро окисляются уже при температуре 700 К, хотя сублимирует углерод при температурах 3000–3500 К. Поэтому для защиты от окисления и эрозии должны быть разработаны пленочные композиции, состоящие из карбидов переходной (IV) группы материалов таблицы Д. И. Менделеева – карбидов кремния, бора, циркония, гафния и т. п. Если они в своем составе содержат кремний, то при его оплавлении жидкое стекло «залечивает» поры, образуемые при окислении основного ТЗМ, состоящего из углерод-углеродных или углерод-керамических КМ. Здесь рассматривается тепловая защита с использованием заградительной пленки. Другим направлением разработки тепловой защиты для высокоскоростных ЛА является проектирование тепловой защиты на основе анизотропных материалов с теплофизическими характеристиками (ТФХ), позволяющими отводить тепловые потоки и температуры от наиболее теплонапряженных лобовых частей фюзеляжей и несущих поверхностей в хвостовые части конструкции, а также использование материала с сильной зависимостью теплопроводности от температуры, что позволяет «запирать» таковые потоки и температуры на определенной глубине конструкции, хотя к границе может подводиться бесконечно большое количество теплоты.

В работе предложен и обоснован новый эффективный способ тепловой защиты носовых частей высокоскоростных ЛА путем использования теплозащитных анизотропных материалов с высокой степенью продольной анизотропии (отношение продольного коэффициента теплопроводности к поперечному), позволяющей «канализировать» тепловые потоки и температуры. Такой отвод существенно снижает температуру лобовых затуплений высокоскоростных ЛА, с одной стороны, и существенно повышает температуры хвостовых частей конусов (клиньев) – с другой, что влечет значительное уменьшение тепловых потоков к поверхности носовых частей высокоскоростных ЛА за счет уменьшения перепада температур от газа к телу. Обоснование такого способа тепловой защиты осуществляется на основе разработки комплексной математической модели сопряженного теплообмена между вязким газодинамическим потоком и анизотропным телом. Кроме этого, повышение температуры поверхности хвостовых частей конуса (клинка) уменьшает плотность газа и увеличивает его динамическую плотность газа и увеличивает его динамическую вязкость, что ведет к уменьшению местных чисел Рейнольдса, к ламинаризации течения и к уменьшению тепловых потоков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (Грант РНФ № 23-19-00684), выданного Московскому авиационному институту.

**РЕШЕНИЕ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ РОЛИКОВОЙ ОПОРЫ,
СОДЕРЖАЩЕЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ СЛОЙ ИЗ НЕСЖИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА***Д. А. ЧЕРНОУС**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель**Е. В. КОДНЯНКО**Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным производством,
Республика Беларусь*

Опора качения является одним из базовых элементов механизмов и машин. В настоящее время в конструкциях данных опор часто используются детали с покрытиями или поверхностными слоями из полимерных материалов [1]. Подобные покрытия позволяют обеспечить требуемое значение коэффициента трения при минимизации износа детали. Повышение эффективности использования полимерных покрытий в конструкциях опор качения требует разработки расчетной методики, позволяющей прогнозировать значения функциональных параметров соответствующих контактных пар. Решению контактных задач для тел с покрытиями посвящено множество научных публикаций. Точное решение данной задачи для покрытия произвольной толщины основано на использовании интегрального преобразования Фурье и последующем решении системы интегральных уравнений. Сложность математического аппарата затрудняет непосредственное использование точного решения в практических инженерных расчетах контактных пар. В связи с этим при анализе контактного взаимодействия деталей машин для тонких полимерных покрытий используют различные асимптотические приближения и упрощенные модели. Наиболее простой и при этом наиболее распространенной является модель Винклера основания. Однако большинство полимеров, используемых для антифрикционных покрытий, по своим упругим характеристикам близки к несжимаемым (коэффициент Пуассона ν больше 0,45). Для покрытия, жестко связанного с поверхностью детали и образованного несжимаемым материалом, модель Винклера основания оказывается неприменима. В этом случае значение коэффициента нормальной жесткости (коэффициента постели) стремится к бесконечности. Ранее [2] авторами была предложена методика решения контактной задачи для жесткого цилиндра, имеющего тонкий деформируемый обод. Данная методика основана на асимптотическом приближении второго порядка по малому параметру, равному отношению толщины покрытия к полуширине области контакта. Но непосредственное использование этой методики для несжимаемого материала обода также невозможно. При $\nu = 0,5$ некоторые коэффициенты в определяющих дифференциальных уравнениях равны нулю, что приводит к изменению порядка данных уравнений. Следовательно, возникает необходимость в существенном преобразовании ранее известной математической модели в случае несжимаемости деформируемого обода. В рамках существующих расчетных методик решения контактных задач для несжимаемого слоя не учитывается действие сдвигового контактного напряжения.

В связи с вышесказанным целью настоящего исследования является разработка основанной на асимптотическом приближении второго порядка методики решения контактной задачи для жесткого тела качения с упругим несжимаемым ободом при учете наличия в области контакта зон сцепления и проскальзывания.

Предложена модификация ранее используемой асимптотической методики решения контактных задач. Данная модификация направлена на получение решения в случае несжимаемого материала обода. При этом в готовом виде используются составленные в рамках исходной методики определяющие дифференциальные уравнения для контактного давления и сдвигового контактного напряжения. Для несжимаемого материала некоторые коэффициенты в этих уравнениях равны нулю, что обуславливает необходимость изменения хода решения и удовлетворяемых граничных условий. В частности, для несжимаемого материала обода не удастся удовлетворить условие неразрывности производной от сдвигового контактного напряжения по продольной координате на границе раздела зон сцепления и проскальзывания. При этом приходится дополнительно вводить условие равенства нулю производной от контактного давления на границе области контакта.

Для зоны сцепления принимаются заданными смещения точек поверхности обода. Контактное давление и сдвиговое контактное давление определяются как решение системы двух дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. В зоне проскальзывания задано вертикальное смещение точек. Для сдвигового контактного напряжения выполняется закон трения Кулона. Контактное давление определяется как решение дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. При известном контактном давлении определяются горизонтальные смещения точек в зоне проскальзывания. Вне области контакта смещения не определяются. Расчетная методика позволяет не только решить контактную задачу, но и описать напряженно-деформированное состояние деформируемого обода вблизи области контакта.

В качестве примера использования разработанной методики рассмотрено прижатие стального ролика с тонкой полиуретановой обкладкой к стальной горизонтальной шероховатой поверхности. Обкладка жестко связана с поверхностью ролика и находится в условиях плоской деформации. Материал обкладки рассматривается как несжимаемый линейно упругий. Ролик и опорная поверхность принимаются недеформируемыми. Геометрические размеры деталей и характеристики материалов в расчетном примере соответствуют роликовой опоре скипа, перемещающегося по проводникам скипо-клетевого ствола № 2 1РУ ОАО «Беларуськалий». Построены расчетные диаграммы «сила – смещение» для различных значений коэффициента трения. При фиксированном значении силы получены эпюры контактного давления и сдвигового контактного напряжения, установлено распределение интенсивности тензора напряжений в ободке. Полученные расчетные оценки сопоставлены с результатами использования конечно-элементной модели рассматриваемой контактной пары. Данная численная модель реализована в программном продукте ANSYS. Для случая пренебрежения трением в области контакта проведено сопоставление с результатами, полученными на основе точного решения задачи теории упругости для полосы произвольной толщины.

Показано, что расчетные оценки параметров контактного взаимодействия, полученные на основе разработанной методики, хорошо согласуются с результатами использования метода конечных элементов и точного решения краевой задачи теории упругости. В рассмотренном примере при фиксированном значении вертикальной нагрузки на составной цилиндр и изменении коэффициента трения от нуля до 0,3 относительное отклонение полученных значений вертикального смещения центра цилиндра от соответствующих оценок, полученных в рамках конечно-элементной модели, уменьшилось от 12 до 10 %. Для максимального контактного давления данное отклонение изменилось с 5 до 11 %, а для максимального значения интенсивности тензора напряжений в деформируемом ободке – с 6 до 9 %.

Кроме того, установлено, что при действии на составной цилиндр вертикальной (прижимающей) силы максимум интенсивности тензора напряжений в несжимаемом ободке локализуется на «внутренней» поверхности (поверхности сцепления обода с жестким цилиндром) на некотором расстоянии от вертикальной оси, проходящей через центр области контакта. Это наблюдение подтверждается результатами конечно-элементного моделирования. Подобное расположение максимума интенсивности тензора напряжений характерно только для материала обода, для которого коэффициент Пуассона принимает значения более 0,4. В противном случае максимум интенсивности локализуется на оси симметрии (линии действия вертикальной силы) на некотором расстоянии от области контакта.

Преимущество разработанной методики перед альтернативными заключается в возможности использования относительно простых аналитических соотношений. В отличие от аналогичных существующих аналитических решений модифицированная методика позволяет учесть наличие в области контакта зон сцепления и проскальзывания.

Список литературы

1 **Барышникова, А. М.** Development of production technology for polymer coated wire based on the study of the stress state scheme in the progress of drawing / А. М. Барышникова, М. Р. Барышников, Л. В. Носов // The theory and progress engineering of metallurgical production. – 2020. – No. 3(34). – P. 21–25.

2 **Черноус, Д. А.** Асимптотический подход к решению контактной задачи для тела качения с тонким деформируемым ободом / Д. А. Черноус, Е. В. Коднянко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2023. – № 1 (62). – С. 79–87.

УРАВНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ СЭНДВИЧ-ПЛАСТИНЫ С ЛИНЕЙНО ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ НЕСУЩИМИ СЛОЯМИ

А. В. ЧЕРНЯК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При работе трехслойных конструкций, содержащих жесткие и прочные внешние несущие слои и более мягкий срединный наполнитель, конструкция обладает хорошими прочностными и жесткостными свойствами при минимуме весовых характеристик. Поэтому очевидна потребность в разработке эффективных методов расчета напряженно-деформированного состояния подобного рода конструкций.

Деформирование и колебания трехслойных элементов конструкций уже было исследовано в работах многих авторов. Так, в монографиях [1–5] рассматриваются подходы к построению математических моделей трехслойных конструкций со слоями постоянной толщины. Динамическое деформирование трехслойных пластин рассматривалось в работах [6–12]. Деформирование трехслойных стержней, пластин и оболочек при квазистатических нагрузках в работах [12–17]. Трехслойные пластины с переменными несущими слоями рассматривались в работах [18, 19].

Приведем вывод уравнений равновесия для трехслойной сэндвич-пластины с линейно изменяющимися толщинами несущих слоев:

$$h_1(r) = h_0 \left(1 - \frac{r}{2r_0} \right), \quad h_2(r) = h_0 \left(1 - \frac{r}{2r_0} \right).$$

Задача решается в цилиндрической системе координат r, φ, z . Предполагается, что для внешних слоев справедливы гипотезы Кирхгофа, для толстого жесткого наполнителя принимается гипотеза Тимошенко – деформированная нормаль остается прямолинейной, не изменяет своей длины и поворачивается на некоторый дополнительный угол. Перпендикулярно внешнему слою действует распределенная нагрузка $q = q(r)$. На контуре пластинки предполагается наличие жесткой диафрагмы, препятствующей относительному сдвигу слоев.

Система уравнений равновесия в усилиях получена вариационным методом Лагранжа и имеет вид

$$\begin{cases} H_{rr} + \frac{1}{r}(H_r - H_\varphi) - Q = 0 \\ M_{rrr} + \frac{1}{r}(2M_{rr} - M_{\varphi r}) = -q. \end{cases}$$

Подставив выражения внутренних усилий через перемещения в эти уравнения равновесия, получим систему линейных дифференциальных уравнений в перемещениях для определения искомых функций $\psi(r), w(r)$:

$$\begin{aligned} & a_4^+ \psi_{,rr} + \left[\frac{a_4^+}{r} - \frac{c^2 K_0^+ h_0}{r_0} \right] \psi_{,r} - \left[\frac{a_4^+}{r} + \frac{c^2 K_0^- h_0}{r_0} \right] \frac{\psi}{r} - a_5^+ w_{,rrr} - \left[\frac{a_5^+}{r} + \frac{ch_0^2 K_0^+ r}{2r_0^2} - \frac{(ch_0^2 + c^2 h_0) K_0^+}{r_0} \right] w_{,rr} + \\ & + \left[\frac{a_5^+}{r} - \frac{ch_0^2 K_0^- r}{2r_0^2} + \frac{(ch_0^2 + c^2 h_0) K_0^-}{r_0} \right] \frac{w_{,r}}{r} - 2cG_3 \psi = 0, \\ & a_5^+ \psi_{,rrr} + \left[\frac{2a_5^+}{r} + \frac{ch_0^2 K_0^+ r}{r_0^2} - \frac{(2ch_0^2 + 2c^2 h_0) K_0^+}{r_0} \right] \psi_{,rr} - \\ & - \left[\frac{a_5^+}{r^2} - \frac{ch_0^2}{2r_0^2} (3K_0^+ + K_0^-) + \left(\frac{2ch_0^2 + 2c^2 h_0}{r_0 r} \right) \left(K_0^+ + \frac{K_0^-}{2} \right) \right] \psi_{,r} + \\ & + \left[\frac{a_5^+}{r^2} - \frac{ch_0^2}{2r_0^2} (3K_0^+ - K_0^-) + \frac{3(2ch_0^2 + 2c^2 h_0) K_0^+}{2r_0 r} \right] \frac{\psi}{r} - a_6^+ w_{,rrr} - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \left[\frac{2a_6^+}{r} - \frac{2h_0^3 K_0^+ r^2}{r_0^3} + \frac{(h_0^3 + ch_0^2) K_0^+ r}{r_0^2} - \frac{(h_0^3 + 2ch_0^2 + c^2 h_0) K_0^+}{r_0} \right] w_{,rrr} + \\
& + \left[\frac{a_6^+}{r} + \frac{h_0^3 r}{r_0^3} \left(\frac{5}{2} K_0^+ + K_0^- \right) - \left(\frac{h_0^3 + ch_0^2}{r_0^2} \right) (2K_0^+ + K_0^-) + \left(\frac{h_0^3 + 2ch_0^2 + c^2 h_0}{r_0 r} \right) (K_0^+ + K_0^-) \right] w_{,rr} - \\
& - \left[\frac{a_6^+}{r^2} + \frac{h_0^3 r}{r_0^3} \left(3K_0^+ - \frac{K_0^-}{2} \right) - \left(\frac{h_0^3 + ch_0^2}{r_0^2} \right) (K_0^+ - K_0^-) + \frac{(h_0^3 + 2ch_0^2 + c^2 h_0) K_0^+}{r_0 r} \right] \frac{w_{,r}}{r} = -q.
\end{aligned}$$

Краевая задача замыкается добавлением к полученным уравнениям граничных условий на контуре пластины.

Список литературы

- 1 **Горшков, А. Г.** Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, А. В. Яровая. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
- 2 **Старовойтов, Э. И.** Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко, Л. Н. Рабинский. – М. : Изд-во МАИ, 2016. – 184 с.
- 3 **Журавков, М. А.** Математические модели механики твердого тела / М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 4 **Zhuravkov, M. A.** Mechanics of Solid Deformable Body / M. A. Zhuravkov, Lyu Yongtao, E. I. Starovoitov. – Singapore : Springer, 2022. – 317 p.
- 5 **Абдусаттаров, А.** Деформирование и повреждаемость упругопластических элементов конструкций при циклических нагрузениях / А. Абдусаттаров, Э. И. Старовойтов, Н. Б. Рузиева. – Ташкент : IDEAL PRESS, 2023. – 381 с.
- 6 **Fedotkov, G. V.** Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam / G. V. Fedotkov, D. V. Tarlakovsky, Y. A. Vahterova // Lobachevskii journal of mathematics. – 2019. – Vol. 40, no 4. – P. 439–447.
- 7 **Леоненко, Д. В.** Колебания круговых трехслойных пластин на упругом основании Пастернака / Д. В. Леоненко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2014. – № 1. – С. 59–63.
- 8 **Vakhneev, S.** Damping of circular composite viscoelastic plate vibration under neutron irradiation / S. Vakhneev, E. Starovoitov // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – 18(4). – P. 699–704.
- 9 **Pronina, P. F.** Study of the radiation situation in Moscow by investigating elastoplastic bodies in a neutron flux taking into account thermal effects / P. F. Pronina, O. V. Tushavina, E. I. Starovoitov // Periódico Tchê Química. – 2020. – Vol. 17, no. 35. – P. 753–764.
- 10 **Трацевская, Е. Ю.** Демпфирующие свойства слабосвязных трехфазных грунтов / Е. Ю. Трацевская // Литосфера. – 2019. – № 2(51). – С. 115–121.
- 11 **Маркова, М. В.** Собственные колебания круговой трёхслойной ступенчатой пластины / М. В. Маркова // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – № 14 (14). – С. 147–158.
- 12 **Захарчук, Ю. В.** Уравнения равновесия упругопластической круговой пластины со сжимаемым наполнителем / Ю. В. Захарчук // Механика. Исследования и инновации. – 2018. – № 11. – С. 80–87.
- 13 **Леоненко, Д. В.** Напряженно-деформированное состояние физически нелинейной трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем / Д. В. Леоненко, А. С. Зеленая // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 2 (43). – С. 77–82.
- 14 **Козел, А. Г.** Решение задачи об изгибе упругопластической круговой пластины на основании Пастернака / А. Г. Козел // Теоретическая и прикладная механика. – 2019. – № 34. – С. 165–171.
- 15 **Нестерович, А. В.** Неосесимметричное нагружение трехслойной круговой пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Теоретическая и прикладная механика. – 2020. – № 35. – С. 246–252.
- 16 Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field / É. I. Starovoitov [et al.] // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, no 4. – P. 1023–1029.
- 17 **Черняк, А. В.** Изгиб сэндвич-пластины с внешними слоями, линейно изменяющимися по толщине / А. В. Черняк // Механика. Исследования и инновации. – 2022. – Вып. 15. – С. 235–240.
- 18 **Черняк, А. В.** Уравнения равновесия трехслойной круговой пластины с переменными толщинами несущих слоев / А. В. Черняк // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. В 2 ч., Гомель, 24–25 ноября 2022 г. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Ч. 2. – С. 269–271.

9 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВОСПИТАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

УДК 378.1

О ПРОБЛЕМАХ ПОИСКА ОПТИМУМА МОТИВАЦИИ В АКАДЕМИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Поиск оптимума мотивации в академической среде – задача достаточно сложная и многогранная. Объединяя множество людей разного возраста, принадлежащих к широкому перечню социальных групп, академическая среда, в свою очередь, является элементом большой суперсистемы (национальной экономики) и должна подчиняться ее целям функционирования. В конечном итоге университетам нашей страны необходимо выйти на самоокупаемость за счет и экспорта научно-исследовательских, и образовательных услуг. Ядро этого продолжительного процесса – это коллектив высокомотивированных научно-педагогических кадров, но в нем должны принимать обязательное участие и студенты. Наиболее талантливые из них потом связывают свою будущую профессиональную деятельность с образованием или наукой в своей *alma mater*.

В основе большинства систем мотивации лежит мотивация на результат, т. е. создание системы ключевых показателей с возможностью объективной оценки вклада каждого сотрудника в общие итоги работы за отчетный период. Подобный подход не является совершенным или самым эффективным, но он подходит для реализации в системах, включающих большое количество элементов и показателей эффективности. В академической среде мотивация на результат может быть реализована на четырех уровнях:

- кафедральном;
- университетском;
- республиканском (национальном);
- международном.

На кафедральном уровне мотивация на результат выражается в реализации модульно-рейтинговых систем при преподавании дисциплин, проведении олимпиад и конкурсов, ранжировании преподавателей по итогам календарного или учебного года.

Модульно-рейтинговые системы сегодня распространены широко. Оценить эффективность различных подходов к конструированию этих систем достаточно трудно, так как единственным показателем могло бы стать только сравнение уровня знаний студентов, работавших по критериям разных модульно-рейтинговых систем, независимой комиссией. Однако можно разработать такие системы, которые не только будут преследовать сугубо образовательные цели, но и будут встроены в более крупные рейтинговые системы, действующие в пределах университета. Например, при изучении студентами специальности «Автомобильные дороги» таких дисциплин кафедры «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов», как «Дорожное дело», «Основы технологии строительных материалов», «Строительство автомобильных дорог» (в 6-м семестре), «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» (в 6-м семестре) и «Инновационные технологии дорожного строительства», действуют модульно-рейтинговые системы, сконструированные по одному принципу. Они учитывают три крупные составляющие:

- результаты тестовых работ, выполненных по каждой теме в течение семестра;
- количество научных публикаций по тематике дисциплины;
- результаты участия в олимпиадах и конкурсах по специальности.

Две последние группы показателей также учитываются уже более крупной системой – системой рейтинговой оценки деятельности кафедры и преподавателя учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», обеспечивая гармонизацию и преемственность.

Проведение олимпиад и конкурсов в пределах одной специальности на одной кафедре достаточно неэффективно, если речь идет об обычном тестировании на определение уровня знаний. Наибольшую пользу при проведении олимпиад с малым числом участников принесет реализация заданий творческого характера.

Также в пределах кафедры можно реализовать рейтинговую систему среди преподавателей. Если в пределах университета рейтинговая система для оценки труда преподавателей и кафедр не функционирует, то сам заведующий кафедрой может установить перечень ключевых показателей и следить за уровнем и своевременностью их выполнения.

В Белорусском государственном университете транспорта действует уже обозначенная выше единая для всех кафедр рейтинговая система.

Мероприятия университетского уровня включают составление рейтингов кафедр, преподавателей и студентов, а также проведение конкурсов и олимпиад. Наибольшую сложность при составлении рейтинговых систем на этом уровне представляет подбор единых критериев, учет и проверка результатов работы. Рейтинговые системы нормально и эффективно функционируют в пределах вуза при соблюдении двух основополагающих принципов:

- четкой формулировки критерия, не предполагающей множественности трактовок и понятной всем участникам процесса;
- доступности и прозрачности результатов, позволяющих каждому участнику процесса сравнить свои достижения или достижения своей кафедры с остальными.

Мероприятия на республиканском и международном уровнях также будут включать составление различных рейтингов университетов и проведение олимпиад и конкурсов. Следует отметить серьезную проблему международных академических рейтингов – узкий и субъективный перечень критериев, ангажированность. Наиболее объективными можно считать только национальные рейтинговые системы в образовании (если они существуют) или региональные при общности подходов к организации и функционированию систем образования в соседних странах.

Международные олимпиады и конкурсы среди студентов имеют серьезный потенциал. На постсоветском пространстве олимпиадное движение в высшем образовании находится на начальном этапе развития. Например, аналоги конкурса профессионального мастерства WorldSkills объединяют в основном рабочие специальности. Для большинства специальностей высшего образования, в особенности технических и «редких» (например, железнодорожные специальности), такие мероприятия просто отсутствуют. Инициаторами и организаторами могут стать крупные заказчики кадров. С этой точки зрения интересен опыт Управляющей компании холдинга «Белавтодор», которая организовала и провела несколько международных олимпиад среди студентов, получающих образование по специальности «Автомобильные дороги», реализуемой в университетах Беларуси, и схожих с ней по содержанию, реализуемых в сопредельных странах.

В основном мотивация на результат опирается на материальный аспект, что удобно для больших корпораций, где одного неэффективного работника можно быстро заменить другим. В образовании подготовка научно-педагогических кадров на замену занимает гораздо большее время и проводится точно. Потому необходимо постоянно учитывать социальный (публичное признание заслуг и достижений) и психологический (побуждение личности к действию) аспект мотивации. Например, результаты функционирования системы рейтинговой оценки деятельности кафедры и преподавателя БелГУТа позволяют отметить один негативный момент – утрату интереса к системе и ее показателям как со стороны кафедр, так и преподавателей кафедр, длительное время занимавших места в конце рейтингов. Здесь важна роль руководителей на разных уровнях, ввиду того что именно они реализуют социальный и психологический аспект процесса. Важно отмечать не только высокие результаты, но и прогресс менее успешных кафедр и преподавателей по отношению к предыдущему отчетному периоду.

Вместе с тем материальный аспект может быть реализован в разных формах. Обычно это выражается в материальном стимулировании преподавателей и студентов или увеличении объема дотаций университета. Но на конкретном этапе развития университета его потребности могут быть другими. Например, при наметившемся крене в сторону профессий, связанных со сферой информационных технологий высок риск недобора на многие традиционные технические специальности транспортного, машиностроительного, приборостроительного профиля. Испытывают сложности с набором и вузы аграрного профиля. В таких условиях «заморозка» контрольных цифр

приема для некоторых университетов оказалась бы предпочтительнее, чем увеличение объема дотаций. Поэтому в условиях Республики Беларусь можно было бы разработать свою внутреннюю рейтинговую систему вузов с заранее известным перечнем «бонусов» за достижение высоких показателей по различным направлениям. Выбор конкретного «бонуса» осуществлялся бы университетом в зависимости от его потребностей.

Важно не допустить избыточного уровня мотивации. Он приводит к стрессам, волнению и раздражению. Конечным итогом продолжительных негативных последствий высокого уровня мотивации может стать эмоциональное выгорание личности.

УДК 37.048.45

ПРОФОРИЕНТАЦИЯ КАК СИСТЕМНАЯ ОБЩЕНАЦИОНАЛЬНАЯ ЗАДАЧА И ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В век информационных технологий стереотипы распространяются достаточно быстро и легко укореняются в массовом сознании. На определенном этапе развития общества они не оказывают влияния на реальные сферы национальной экономики. Однако дисбаланс в некоторых областях может приводить к негативным последствиям, вызванным влиянием стереотипов. Для системы образования таким дисбалансом стали последствия «демографической ямы» начала 2000-х (значительно сократилось количество абитуриентов по сравнению с показателями 10–15-летней давности). Университетам приходится выполнять большой объем работы, связанной с профориентационной работой – создание буклетов и видеороликов о специальностях, посещение школ и колледжей, развитие и наполнение групп в социальных сетях и др. Основной задачей является прежде всего выполнение плана приема. В некоторых случаях в данную работу включаются и заказчики кадров. Но с точки зрения интересов национальной экономики профориентация (в техническом вузе) должна ставить своей целью не просто набор на вакантные места, а подбор абитуриентов, способных к техническому творчеству и обладающих креативным мышлением. Так как все отрасли национальной экономики должны участвовать в формировании бюджета государства на равных, а не требовать в некоторых случаях значительных дотаций. Решение проблемы частично заключается в преодолении стереотипов, которые прочно связаны с отдельными отраслями. Например, чаще всего в информационном пространстве негативная оценка деятельности сопровождается результатами труда дорожников, машиностроителей, приборостроителей и аграриев. Исключительно положительный образ формируется вокруг сферы информационных технологий. До сих пор востребованы специальности экономического профиля. Сегодняшний выпускник школы ориентируется прежде всего на информационный образ специальности, в то время как государству важно устойчивое развитие каждой отрасли национальной экономики.

Невыполнение плана приема по конкретной специальности влечет за собой еще один негативный момент – нивелирует результаты многолетней работы выпускающей кафедры, так как за этим последует либо сокращение плана приема, либо прекращение приема на данную специальность. Объем учебной нагрузки постепенно будет уменьшаться, что повлечет сокращение штата. Утратят актуальность перспективные планы развития кафедры и факультета, разработки учебных изданий. Прекратят свое существование научные школы. Очень чувствительны к таким изменениям узкоспециализированные кафедры профильных университетов. При последующем восстановлении контрольных цифр приема придется практически заново создавать кафедру и вкладывать средства в обучение преподавателей в аспирантуре и докторантуре.

Преодоление стереотипов массового сознания – процесс ресурсозатратный. Все используемые для этого ресурсы можно разделить на две большие группы: технические и интеллектуальные. Под техническими подразумевается совокупность профессионального оборудования и программного обеспечения, а под интеллектуальными – необходимость привлечения большого числа узких специалистов как для работы с оборудованием и программным обеспечением, так и для реализации творческой составляющей и продвижения продукта в социальных сетях (дизайнер, психолог, SMM-специалист и мн. др.). Университеты нашей страны ресурсами для создания собственного мощного медиацен-

тра не обладают. ПрофорIENTATIONная работа каждого конкретного университета имеет в основном региональный характер и ориентирована на учащихся 10–11-х классов. Исключение составляют профильные классы. Например, транспортные классы попадают в сферу влияния БелГУТа гораздо раньше. Школы также сталкиваются с трудностями при организации профорIENTATIONных мероприятий на своей территории по запросам университетов и колледжей, особенно если в городе находится несколько десятков учреждений образования. Поэтому необходимо централизованно подходить к производству контента для профорIENTATION и его распространению.

Успех работы в медиaprостранстве зависит от многих факторов, среди которых можно выделить охват целевой аудитории и продолжительность воздействия. Например, можно отметить большой объем работы Белтелерадиокомпания, направленной на популяризацию работы в агропромышленном комплексе. Однако школьники получают основной объем информации из социальных сетей и мессенджеров, а не благодаря телевидению. Сместить вектор внимания этой возрастной группы в сторону телевидения невозможно. Следует наполнять информационное пространство, используемое потенциальными абитуриентами, интересным конкурентоспособным контентом, преследующим цели популяризации каждой профессии, а не ограниченной группы профессий.

Одним из способов решения вышеозвученных проблем может стать создание национального интернет-портала «Моя профессия» при совместной работе Белтелерадиокомпания и ее филиалов, учреждений образования и заказчиков кадров, который будет содержать, кроме всего прочего (общие сведения о профессии или группе родственных профессий, перечень учреждений образования, перечень вступительных испытаний, перечень заказчиков кадров, доступность целевой подготовки и пр.), следующий видеоконтент:

- интервью или беседы с руководителями и специалистами разных возрастных групп об их профессиональной деятельности и перспективах развития отрасли;

- информацию о крупных проектах, реализованных за последние десятилетия на территории Беларуси и за ее пределами, и их влиянии на развитие смежных отраслей и национальной экономики, конкретных районов и населенных пунктов и т. д.;

- информацию о реализуемых сегодня инновационных, межотраслевых и международных проектах, интересных технических и технологических аспектах, сроках реализации, ожидаемой эффективности;

- информацию о перспективных научных разработках в выбранной сфере профессиональной деятельности, наличии и направлениях работы отраслевых научно-исследовательских институтов или лабораторий при университетах;

- сведения о конкурсах профессионального мастерства, доступных грантах;

- сведения о социальных гарантиях работнику отрасли и др.

Белтелерадиокомпания располагает необходимыми техническими и интеллектуальными ресурсами для создания современного медиаконтента. Университеты, в свою очередь, могут выступить координаторами процесса, предлагая кандидатуры руководителей и специалистов для интервьюирования, рекомендуя производственные площадки, промышленные и иные объекты, содействуя созданию ретроспективного обзора достижений отрасли и др.

Изучение информации интернет-портала «Моя профессия» может быть реализовано в течение нескольких лет учебы в школе в рамках трудового обучения, изучения экономической географии Республики Беларусь, обществоведения и других учебных дисциплин, в рамках мероприятий шестого школьного дня. Целесообразно при изучении одной или нескольких родственных специальностей в помощь учителю приглашать представителей заказчиков кадров или соответствующих учреждений образования, проводить производственные экскурсии. Таким образом можно обеспечить практически полный охват потенциальных абитуриентов в разных уголках нашей страны. При работе с 10-м и 11-м классами университеты смогут сконцентрировать свое внимание на демонстрации достоинств и отличительных качеств именно своего учреждения образования (содержание образовательных программ, материально-техническое обеспечение, варианты организации досуга, социальные гарантии), а не на рекламе своих специальностей.

Одним из самых важных требований к интернет-порталу «Моя профессия» должна стать доступность материала и простота навигации для разных возрастных групп. Современный национальный классификатор специальностей может вводить в заблуждение абитуриентов объемными, сложными или короткими расплывчатыми названиями специальностей, а университеты – названиями профилей специальностей. Абитуриент не всегда может соотнести профессию и соответствующую ей специальность.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КУРАТОРСКИЙ ЧАС КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕРЕСА СТУДЕНТОВ К ТЕМЕ ВСТРЕЧИ

М. В. БЕСПАЛОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Воспитательная работа со студентами является неотъемлемой частью образовательного процесса в любом учебном заведении. Функции деятельности куратора: информационная, организационная, коммуникационная, контролирующая (административная), творческая. Содержание деятельности куратора определяется этими функциями и охватывает широкий круг вопросов. Одной из форм внеучебной работы куратора с группой является проведение кураторских часов. Темы кураторских часов могут варьироваться в рамках основных направлений воспитательной работы: профессионально-трудового и гражданско-патриотического воспитания, правовых, семейных и духовно-нравственных аспектов. Эти встречи дают возможность расширить круг знаний студентов о событиях, которые происходят в городе, в стране и за рубежом, способствуют формированию определенного отношения к окружающему миру и выработке системы материальных и духовных ценностей, формируют у студентов навыки публичных выступлений, умелого ведения диалога и высказывания, отстаивания своего мнения.

Форма проведения кураторских часов может быть разной. Задача куратора – найти такой способ организации внеучебной деятельности, который бы вызывал мотивацию, формировал познавательный интерес и обеспечивал высокий уровень активности на кураторских часах. Одной из эффективных форм внеурочной работы является проведение викторин. В качестве примера интеллектуального кураторского часа приведем образец викторины, организованной автором статьи в преддверии Дня единения народов Беларуси и России в апреле 2023 г. [1]. Для этого кураторского часа была разработана и создана мультимедийная презентация. Использование мультимедийных презентаций при проведении интеллектуальных мероприятий обеспечивает наглядность, которая способствует комплексному восприятию вопроса. Кроме текстовых вопросов в презентации содержались вопросы с видеорядом (видеоряд способствует еще большему развитию слуха и зрения учащихся). Как известно, уровень развития органов чувств влияет на работоспособность, восприимчивость к получаемой информации, протекание мыслительных процессов, память и мн. др. [2]. При использовании активных методов обучения меняется роль обучающегося, студент, который ранее просто воспринимал информацию, становится активным участником образовательного процесса. Эта новая роль и свойственные ей характеристики позволяют на деле формировать активную личность, обладающую всеми необходимыми навыками и качествами современного успешного человека и специалиста.

В мероприятии участвовали три факультета: строительный факультет представляли студенты группы СА-21, военно-транспортный – ВСА-21, факультет «Промышленное и гражданское строительство» – ПС-12 (кураторская группа). Цель мероприятия – воспитать чувство уважения к братскому народу, расширить представление о дружественном государстве, традициях народа, о единстве взглядов на современную историю. Во время интеллектуального квиза участники отвечали на 15 вопросов. За правильный ответ команда получала один балл, таким образом, команда, набравшая наибольшее количество баллов, побеждала в викторине. Основными задачами викторины являлись: знакомство с историей развития отношений России и Беларуси; напоминание о памятных датах Республики Беларусь, связанных с Днем единения народов Беларуси и России, культурных ценностях и традициях наших народов.

Использование викторины как одной из форм именно коллективной работы очень актуально, ведь задача заключается в том, чтобы предложить коллективу такую совместную деятельность учения, которая была бы лично значимой, сплачивала команду и имела общественную ценность.

Студенты и курсанты показали не только глубокие знания об истории праздника, но и получили новую актуальную информацию об образовательных, культурных и спортивных достижениях союзного государства. По итогам игры победила дружба, что очень символично в рамках праздника, олицетворяющего дружбу народов Беларуси и России.

В ходе викторины в аудитории наблюдалась дружественная и веселая атмосфера. Динамика, творческий процесс и деятельность положительно сказались на познавательном интересе. Можно сделать вывод, что такой тип интеллектуального общения сплачивает коллектив, налаживает дружеские отношения между студентами и, конечно, повышает интерес к теме кураторского часа.

Список литературы

1 Интеллектуальный квиз ко Дню единения народов Беларуси и России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.bsut.by/novosti-kafedr/12278-intellektualnyj-kviz-ko-dnyu-edineniya-narodov-belarusi-i-rossii?highlight=>. – Дата доступа : 16.09.2023.

2 Петрова, Ю. А. Интеллектуальная игра как способ развития базовых компетенций учащихся / Ю. А. Петрова // Аспекты и тенденции педагогической науки : материалы I Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, декабрь 2016 г. – СПб. : Свое издательство, 2016. – С. 141–144.

УДК 656.2

ПРОЕКТНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЮ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ

Е. В. БОРОДИНА, С. Н. КОЛ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Цифровая трансформация железнодорожной отрасли, стремительно растущие объемы информации и необходимость работать в режиме многозадачности и комплексного подхода требуют от работников компаний совершенно новых навыков и профессиональных компетенций. Это ставит перед транспортными вузами принципиально новые задачи и требует поиска прогрессивных подходов к обучению студентов и подготовке высококвалифицированных специалистов, способных адаптироваться к любым условиям и изменениям внешней среды и решать любые возникающие проблемы как в профессии, так и в других сферах своей деятельности.

Современный портрет по-настоящему успешного выпускника состоит из набора профессиональных и поведенческих компетенций. В современных реалиях работодатели все больше внимания уделяют soft skills – «мягким», или «гибким», умениям, которые не связаны с профессиональными навыками, но чрезвычайно полезны для работы с людьми и решения жизненных задач. Также под термином soft skills понимается умение находить общий язык с коллегами, начальником, клиентами, проявлять гибкость, приспосабливаться к любым обстоятельствам.

Развить узкопрофессиональные умения, так называемые hard skills – «жесткие» навыки, сейчас быстрее и дешевле, чем сформировать гибкие компетенции. Hard skills – это набор профессиональных навыков и умений, связанных с технической стороной деятельности выпускника, их можно изучить и проверить, применить конкретно в профессиональной деятельности. И эффективность современного специалиста и бакалавра определяют именно hard skills.

«Гибкие» навыки (soft skills) формируют дисциплины общеобразовательного, научно-естественного, управленческого блоков. Стремительные глобальные изменения в сфере технологий и производства диктуют новые требования к будущим выпускникам и к их подготовке. Поэтому за формирование – future skills (навыков «будущего») для высокотехнологичных автоматизированных процессов, цифровых технологий на железнодорожном транспорте отвечает цифровой блок дисциплин учебного плана специалистов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Портрет студента специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» специализации «Магистральный транспорт»

«Жесткие» навыки (hard skills) формирует блок профессиональных технических дисциплин, представленных по курсам на рисунке 2.



Рисунок 2 – Блок профессиональных технических дисциплин учебного плана специалитета «Эксплуатация железных дорог»

Эксплуатационная работа и управление перевозочным процессом на транспорте становятся столь сложными, что без работы в команде уже невозможно выполнять большинство задач. Поэтому современные образовательные программы должны гармонично сочетать набор жестких и мягких компетенций.

С 2021 года в Российском университете транспорта (РУТ (МИИТ)) во все учебные планы специалитета и бакалавриата включена новая дисциплина – «Проектная деятельность». Подобная образовательная модель направлена на получение практического опыта по специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» и профилям подготовки бакалавриата 23.03.01 «Технология транспортных процессов». Студенты получают новые компетенции, работая над проектами, которые решают задачи реального сектора экономики, компании или государственной организации. Они также приобретают важные навыки командной работы и деловой коммуникации. Изучают пользователя и индустрию через проектирование и апробирование принципиально нового решения, которое позволяет получить навыки эффективного взаимодействия с коллегами и партнерами, почувствовать ценность проектного подхода.

Проектная деятельность позволит студенту проявить себя индивидуально или в группе, попробовать свои силы, приложить свои знания, принести пользу команде, найти способ решения поставленной задачи, оценить практическую значимость проекта и применить его в своей дальнейшей работе. Умение придумать и реализовать проект – необходимый навык будущих управленцев и организаторов перевозочного процесса. Он будет полезен не только в процессе обучения, но и в повседневной жизни. Проектная деятельность учит мыслить креативно, анализировать, находить выход из любой ситуации.

Любой проект начинается с определения проблемы. Поэтому для выбора темы проекта студентам предлагается внимательно изучить, какие проблемы в первую очередь интересуют его лично и являются также проблемой других людей. Когда тема выбрана, необходимо определить цели и задачи проекта. На этом этапе студенты задают себе вопрос – зачем я это делаю. Формулировка целей должна быть действенной.

Когда цель поставлена, студенты определяют, что нужно сделать, чтобы эту цель достичь. Это и будут задачи проекта. Для правильной постановки целей студентам предлагается использовать СМАРТ-метод. Это эффективная техника постановки целей широко используется в бизнесе и очень полезна в обучении. На этом этапе хорошо видно все ошибки в определении целей. Цель должна быть конкретной, измеримой, достижимой, актуальной и определенной по времени. Когда цель поставлена, необходимо определить задачи будущего проекта. В этом хорошо помогает метод анализа

корневых причин проблемы при помощи построения дерева текущей реальности. Это эффективный инструмент анализа контекста проекта. Помогает понять, почему появилась проблема, увидеть ситуацию системно. Для этого студенты записывают главный вопрос – проблему, которую хотят решить. И отвечают на вопросы, почему это происходит. Далее они устанавливают причинно-следственные связи – причины причин. Записывают их до тех пор, пока могут найти причины. Когда ответов больше не находится, выявляют, в чем точно уверены, а в чем – нет. То, в чем не уверены, будут гипотезами проекта. Далее определяются зоны адаптации – это то, на что никак повлиять невозможно, зоны влияния – то, на что косвенно можно повлиять, и зоны контроля – это то, что можно изменить.

В конце каждого семестра команда студентов презентует готовые проекты с выделением полезных эффектов, коллективного самоанализа и оценивания результатов. Студенты имеют возможность использовать элементы проектов при выполнении дипломных и выпускных квалификационных работ.

Полученные исследовательские навыки, теоретические и практические знания при выполнении студенческих проектов позволят будущим выпускникам достичь успехов в построении профессиональной карьеры на рабочих местах, внедрять и развивать инновационные и цифровые технологии в управлении и организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте.

Таким образом, внедрение дисциплины «Проектная деятельность» в образовательный процесс заключается в трансформации мышления обучающихся, совершенствовании их профессиональных компетенций, необходимых для эффективного выполнения будущей профессиональной деятельности, приобретении новых знаний в области развития эффективного взаимодействия процессов, управленческого опыта, повышения личной активности, развития стратегического мышления и способностей к инновациям.

Список литературы

1 **Клычева, Н. А.** Роль образования в трансформации мышления персонала / Н. А. Клычева, Е. С. Прокофьева, С. С. Андриянов // Стратегические ориентиры развития высшей школы : сб. науч. тр. участников Национальной науч.-практ. конф., Москва, 15 ноября 2019 года. – М. : Компания КноРус, 2019. – С. 39–43. – EDN RDLYBA.

2 **Бородина, Е. В.** Подготовка специалистов по управлению движением поездов с использованием современных тренажерных и программных комплексов / Е. В. Бородина, В. К. Сергиенко // Тенденции развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом : материалы Междунар. юбилейной науч.-техн. конф., посвящ. 95-летию кафедр «Железнодорожные станции и транспортные узлы», «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте», Москва, 20–21 ноября 2019 года. – М. : Российский университет транспорта, 2020. – С. 155–165. – EDN OUSROC.

3 **Прокофьева, Е. С.** Подготовка специалистов с использованием современных методов обучения / Е. С. Прокофьева, П. А. Егоров, Е. В. Бородина // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 7. – С. 22–25. – EDN GZJCKB.

4 **Бородина, Е. В.** Повышение качества подготовки студентов / Е. В. Бородина, Р. А. Ефимов, В. К. Сергиенко // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 9. – С. 23–25. – EDN UIJCCB.

5 Новое слово в развитии системы формирования практико-ориентированных компетенций / С. П. Вакуленко [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 9. – С. 14–19. – EDN AEIEBS.

УДК 681.322

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ АТТЕСТАЦИОННО-ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

В. В. БУРЧЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Повышение безопасности движения невозможно без качественной подготовки специалистов, обслуживающих, эксплуатирующих и ремонтирующих технические средства диагностики. Для повышения профессионального уровня сотрудников, а также для проверки их соответствия выполняемым функциям, внедряются цифровые тестовые аттестационно-экзаменационные и обучающие программы. Метод компьютерного аттестационного тестирования применяется как один из способов контроля усвоения знаний по дисциплине, обладающий рядом важных преимуществ перед тра-

традиционными методами контроля знаний. Инструментом для измерения по шкале достижений является правильно сконструированный тест, который соответствует не только предмету обучения, но и его задачам и служит развитию системного подхода к изучению учебной дисциплины

Тестирование выполняет три основные, взаимосвязанные функции: экзаменационную, обучающую и аттестационную.

Научно-техническая литература по теории тестов дает возможность использовать принципы оценки и подсчета данных по разным параметрам, разрабатывать программную часть. В основе принципов, использованных при создании компьютерной программы обучения, применялась методика, описанная в трудах по тестам В. С. Аванесова, С. А. Клигера, Дж. Гласса и Дж. Стенли. Разработка качественного тестового инструментария является длительным, трудоемким и дорогостоящим процессом.

Для обучения и квалификационной аттестации выбрана цифровая компьютерная программа MyTestXPro, состоящая из комплекса программ для создания и проведения компьютерного тестирования, сбора и анализа их результатов.

С помощью программы MyTestXPro возможна организация и проведение тестирования, экзаменов как с целью выявить уровень знаний по любым учебным дисциплинам, так и с обучающими целями. Для студентов программа позволяет провести объективный экзамен в короткие сроки, а для линейных предприятий и организаций железной дороги важно проведение ежегодной аттестации технического персонала.

MyTestXPro – это система программ (программа тестирования учащихся, редактор тестов и журнал результатов) для создания и проведения компьютерного тестирования, сбора и анализа результатов, выставления оценки по указанной в тесте шкале.

Программа MyTestXPro работает с девятью типами заданий: одиночный выбор, множественный выбор, установление порядка следования, установление соответствия, указание истинности или ложности утверждений, ручной ввод числа, ручной ввод текста, выбор места на изображении, перестановка букв.

Программа состоит из трех модулей: Модуль тестирования (MyTestXPro Student), Редактор тестов (MyTestXPro Editor) и Журнал тестирования (MyTestXPro Server). Для создания тестов имеется удобный редактор тестов с дружественным интерфейсом.

При правильном отборе контрольного материала содержание теста может быть использовано не только для контроля, но и для обучения. В таких случаях можно говорить о значительном обучающем потенциале тестовых заданий, использование которого является одним из эффективных направлений практической реализации принципа единства и взаимосвязи обучения и контроля.

Суть обучения заключается в демонстрации пользователю вопросов и правильных ответов на них. Перед началом тестирования пользователю предлагается пройти оформление. При этом появляются окна, в которые заносится анкета с указанием фамилии, имени, должности и табельного номера тестируемого.

По результатам тестирования данные, собранные в процессе ответов тестируемого на вопросы (количество всех вопросов, количество ответов – правильных и неправильных, время тестирования и др.), то есть конечные результаты, будут отображены на экране компьютера и помещены в базу данных.

Для интенсификации процесса обучения и повышения эффективности аттестации студентов университета и технического персонала железной дороги разработано несколько вариантов компьютерных аттестационно-экзаменационных и обучающих программ. Программы созданы в форме интеллектуальных тестов на базе вопросов, отражающих наиболее важные принципы функционирования изучаемых устройств. Для тестирования специалистов службы сигнализации и связи рассмотрены технические и технологические характеристики аппаратуры Комплексов многофункциональных технических средств КТСМ-02 и КТСМ-03 (146 вопросов). Общие организационно-технологические характеристики автоматизированной системы контроля подвижного состава АСК ПС (125 вопросов) использованы для тестирования технического персонала вагонных депо, в том числе операторов АРМ ПТО. Перечни неисправностей деталей и узлов ходовой части грузовых вагонов (60 вопросов) ориентированы на обучение и аттестацию работников службы перевозок, в том числе начальников и де-

журных по станциям. Программы охватывают теорию работы систем, технологию обслуживания, инструкции и нормативы содержания эксплуатируемых устройств.

Основу аттестационно-обучающей программы составляют две базы данных и обработчик. Первая база данных содержит в себе вопросы тестов, их темы, ответы и дополнительную информацию о каждом вопросе. Во второй базе данных хранятся сведения о тестируемых: имя, количество набранных баллов и некоторые другие данные.

На основании результатов тестирования по 13 темам построена диаграмма усвоения вопросов тестовой программы в начале обучения (рисунок 1).

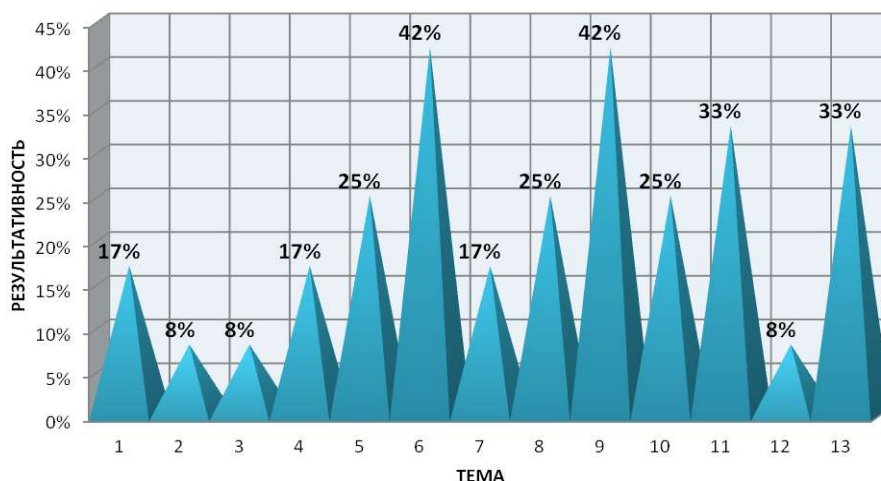


Рисунок 1 – Результаты тестирования по 13 темам

После этапа занятий по обучающей программе было проведено экзаменационное тестирование. Диаграмма усвоения вопросов тестовой программы после обучения представлена ниже (рисунок 2).

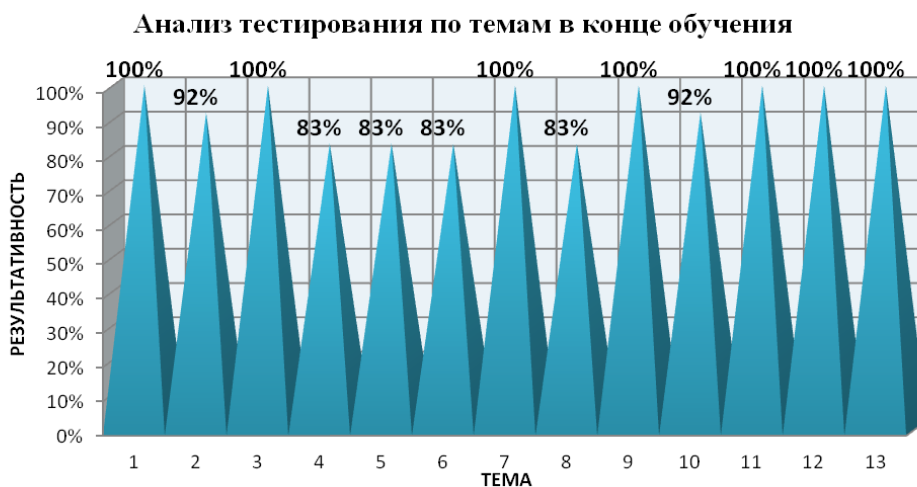


Рисунок 2 – Результаты экзаменационного тестирования

На основе анализа диаграмм сделан вывод, что после обучения уровень усвоения технических характеристик устройств значительно повысился по сравнению с началом обучения. Если в начале процесса обучения результативность усвоения материала не превышала 42 %, то уже в конце обучения результативность экзаменационного тестирования составила от 83 до 100 %. Это свидетельствует об эффективности использования данной методики обучения.

Разработанный программный продукт прошел успешную апробацию в Институте повышения квалификации при БелГУТе и рекомендован специалистами Дорожной лаборатории автоматизации и телемеханики для тиражирования и использования в дистанциях сигнализации и связи, а также в вагонных депо и службе перевозок Белорусской железной дороги.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ КОНЦЕПЦИИ ПЕДАГОГИКИ УДИВЛЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

М. Г. ГЕГЕДЕШ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема подготовки специалистов транспортного комплекса, способных критически мыслить, работать в команде, быстро обучаться новым технологиям, предлагать креативные идеи и обладающих развитыми коммуникативными навыками, – является в настоящее время очень актуальной и обсуждаемой. Как показывают мировые тенденции, люди, умеющие выполнять рутинный ручной и рутинный мыслительный труд, стали менее востребованы в современном мире. Нужны специалисты с хорошей базой, которые владеют навыками коммуникации, командной работы и критического мышления.

В дошкольных, школьных и иных образовательных учреждениях обучающиеся взаимодействуют с обучающим в основном в соответствии с моделью: обучающий показал или объяснил, обучающийся воспроизвел по аналогии» – что оказывает отрицательное влияние на развитие у будущих студентов и специалистов умения думать, формирующего поле для творчества и основы для развития критического мышления.

Концепция педагогики удивления, предложенная Степичевым П. А. [1], разработана для решения подобных проблем при обучении английскому языку в школе, однако некоторые положения этой концепции можно применить и при подготовке студентов. Таким образом, цель представленной работы заключается в анализе возможности применения основ педагогики удивления в учебном процессе транспортного вуза и предложения по ее внедрению с учетом особенностей преподаваемых дисциплин.

Суть педагогики удивления заключается в таком формате проведения учебных занятий, при котором формируется заинтересованность и мотивированность студента за счет удивления, которое является признаком небезразличного отношения к информации. Например, просмотр сочной, яркой картинки с каким-либо блюдом у человека вызывает аппетит. Концепция педагогики удивления подразумевает, что процесс познания тоже должен вызывать аппетит, тягу и стремление к изучению нового.

Педагогика удивления – это педагогика отношений, а не требований, так как преподаватель создает поле отношений для дальнейшей совместной познавательной деятельности. В основе педагогики удивления лежит принцип учета интересов, жизненной ситуации, особенностей и уровня развития, а также активности и свободы творчества. Педагогика удивления продолжает гуманистическое течение, где главной является личность как объект воспитания и обучения.

Базовые элементы педагогики удивления включают:

1 Удивление фактом, вызывающее желание узнать больше о данной информации и дальнейшая мотивация к самостоятельному поиску интересных фактов по изучаемому вопросу/предмету.

2 Удивление методом. Это то, как педагог преподносит информацию, владение инструментариумом. Неординарная презентация даже элементарной информации может вызвать удивление. Например, занятие в виде игры или компьютерные эксперименты. Способствует появлению обратной связи от обучающихся.

3 Удивление образовательной средой, в которой происходит обучение студента. Оформление кабинета, стендов, использование макетов, инновационных технологий и т. д.

4 Удивление собственным потенциалом учащегося – это самый сильный инструмент, позволяющий влиять на внутреннюю мотивацию.

Удивление фактом обычно происходит в начале занятия с использованием вопросов «Знаете ли Вы...?», «Верите ли Вы, что...?».

Пример 1. Дисциплина «Общий курс транспорта». Знаете ли Вы, что такое Калифорнийский зефир, Кардинал, Старлайт, Sunset Limited, Техасский Орёл и Серебряная звезда? Это названия фирменных ночных поездов в США. Желательно их продемонстрировать после ответа.

Пример 2. Дисциплина «Иностранный язык». Верите ли Вы, что английский язык не является государственным в США? Да, это так, просто потому, что там, в принципе, нет документа, утверждающего государственный язык. Верите ли Вы, что в штате Калифорния в США говорят более чем на 200 языках? Более чем на 255 языках.

Пример 3. Дисциплина «Архитектура». Знаете ли Вы, где находится демонстрируемый трехэтажный дом с общей площадью 23 м²? В столице Южной Кореи Сеуле. Под каким названием он известен? Махmini. Какие материалы использованы для строительства? Бетон и пластик.

Пример 4. Дисциплина «Физика». Знаете ли Вы, сколько лет было Альберту Эйнштейну, когда он напечатал свои пять основных работ? 26 лет.

Для реализации принципа удивления можно использовать бонусные мотивационные карточки, которые студент вытаскивает из стопки. Карточка выдается за успехи в изучении дисциплины. Владелец карточки, например, может наделяться правом получить дополнительный балл, попросить не ставить тройку другу, воспользоваться на экзамене конспектом в течение 5 минут и т. п.

Примеры реализации удивления образовательной средой приведены ниже.

Пример 1. Дисциплина «Теоретическая механика». Как представить работу механизма, если нет наглядных макетов? С помощью компьютерного моделирования, например, в инженерном программном комплексе MSC ADAMS, Universal Mechanism, ANSYS.

Пример 2. Дисциплина «Инженерная графика». Как разобраться с видами? Как научиться ориентироваться в 3D-пространстве? Создать модель в компьютерной программе, распечатать на 3D-принтере.

Пример 3. Дисциплина «Механика материалов и конструкций». Предложение рассчитать нагрузки (можно в упрощенном виде), испытываемые интересным реальным объектом, например, подводным отелем Мурака (Мальдивы).

В рамках преподавания любой дисциплины можно реализовать принцип удивления студентов их собственным потенциалом. Например, на занятиях по механике реализуется такой вариант: первые 2–3 самостоятельные работы даются «по возможностям»; то есть, студентам послабее – более простые варианты, а более сильным – посложнее. В результате это дает возможность студентам с более слабой школьной подготовкой поверить в свои силы, а студентам с более сильной базой – убедиться в том, что они не зря старались в школе. Также такой подход способствует сглаживанию неравномерностей общего уровня владения предметом у студентов.

Второй подход для усиления собственного потенциала студентов подразумевает организацию командной работы (не групповой работы). Рекомендуется использовать подход Timed Round Robin [2], который заключается в разбиении студентов на группы из 4 человек. В каждой из них есть участник под номером 1, 2, 3, 4. После объяснения новой темы участники, каждый по очереди в своей группе, за ограниченное время (например, 1 минуту) должны рассказать суть пройденного материала. Сначала первый, потом второй и т. д. Затем преподаватель опрашивает фронтально кого-либо из группы.

Таким образом, четыре ключевые навыка будущего успешного специалиста транспортного комплекса смогут прорабатываться на занятиях. Коммуникативные навыки, критическое мышление и командная работа могут быть проработаны с помощью подхода Timed Round Robin. Креативное мышление – с помощью подхода Same but different [3]. Он подразумевает отметание поверхностных ответов, поиск нестандартных вариантов.

Подходы, предлагаемые педагогией удивления, позволяют получить уверенного в себе и своих силах специалиста, обладающего к тому же и способностью к аналитическому мышлению, к творчеству, без проблем работающего как индивидуально, так и в команде.

Список литературы

1 **Степичев, П. А.** Педагогика удивления: новая парадигма образования в XXI веке / П. А. Степичев // *Paradigmata poznání*. – 2015. – № 4. – С. 35–38.

2 **Gea, H. Y. F.** Improving students' speaking skill by using round robin brainstorming technique to the eleventh mia grade students of sma deli murni bandar baru / H. Y. F. Gea, J. J. Pangaribuan, N. Sembiring // *KAIROS*. – 2019. – vol. 3, no. 1.

3 **Weiss, S.** Coda: Creativity in psychological research versus in linguistics—Same but different? / S. Weiss, O. Wilhelm // *Cognitive Semiotics*. – 2020. – Vol. 1, no. 1. – P. 20202029.

**ТРАДИЦИИ КАФЕДРЫ ТЕОРИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ
ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
НА ПРЕДМЕТНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОСНОВЕ**

М. В. ГОРОХОВА, Н. Г. ЗЯБКО

*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород,
Российская Федерация,*

В современных условиях, вследствие быстрого развития промышленности, транспорта, особое внимание в образовании уделяется воспитанию новых научных и инженерно-технических кадров. То есть в университете студент должен получить не только необходимый багаж профессиональных знаний, но и любовь и уважение к выбранной профессии, он должен научиться взаимодействию в творческом коллективе.

В задачи воспитания студентов на профессиональной основе входят в первую очередь развитие у них личностного интереса к выбранной профессии, а также формирование первоначальных представлений об основах профессиональной работы, создание профессионально-мотивационной установки на будущую деятельность. Преподаватель, который находится рядом со студентом, должен помочь ему ответить на следующие вопросы:

- 1 Чего он хочет в своей профессии?
- 2 Что он должен предпринять в своей профессиональной деятельности, чтобы добиться успеха?
- 3 Что он может (должен) сделать, чтобы реализовать собственные личностные качества и интересы?

То есть воспитание молодежи в стенах университета должно не просто формировать их личность, но и подготавливать ее к активной профессиональной деятельности.

Традиционно вопросам воспитательной работы на профессиональной основе кафедра уделяет особое внимание. Значимость такой работе придает тот факт, что со студентами инженерных специальностей преподаватели кафедры работают с первого курса и до самого выпуска.

Одной из приоритетных задач, которые сегодня стоят перед высшим образованием в России, является подготовка новых молодых научных кадров. Выявлению уже на первых курсах наиболее талантливой и способной молодежи из числа студентов помогают предметные олимпиады. Причем проведение предметных олимпиад разного уровня и участие в них студентов университета рассматривается руководством вуза как один из обязательных элементов учебного процесса. Это не случайно, так как именно через участие в олимпиадах можно не только выявить интересы студентов, раскрыть способности, но и привлечь к дальнейшим занятиям наукой, развить профессиональные навыки.

Принимать участие в олимпиадах по инженерным дисциплинам студенты могут уже с первого курса. Первой такой олимпиадой для студентов является олимпиада по начертательной геометрии и инженерной графике, а на втором курсе обязательно проходит олимпиада по сопротивлению материалов. Перед каждой из таких олимпиад преподаватели кафедры организуют специальные семинарские занятия, где рассматриваются решения нестандартных задач, проходит детальный разбор олимпиадных заданий прошедших лет. В процессе таких семинаров у студентов развивается умение логически мыслить, находить разные пути решения поставленных задач, выбирать наиболее простой и рациональный алгоритм решения. А по результатам университетских олимпиад кафедра формирует из студентов команду для участия в областных и зональных олимпиадах. Со студентами, которые включены в команду, преподаватели кафедры проводят еще дополнительные семинарские занятия.

Многолетний опыт по подготовке студентов к олимпиадам, а также опыт по организации и проведению олимпиад по инженерным дисциплинам показал, что практически все студенты из числа участников олимпиад в дальнейшем прекрасно успевают по всем дисциплинам, становятся отличниками учебы, успешно занимаются научно-исследовательской работой. А уже на третьем-четвертом курсах эти студенты, как правило, становятся участниками студенческих научно-технических конференций. Под руководством преподавателей кафедры студенты выполняют не только научные исследования в аудиториях университета, но и выезжают на испытания, участвуют в экспериментальных исследованиях на объектах речного, морского флота. Работая рядом со своим преподавателем-

наставником, студент становится частью дружного и творческого коллектива кафедры, может реально увидеть результаты своих исследований, оценить их значимость.

Наиболее активные студенты, начиная со второго курса, привлекаются к работе в студенческом конструкторском бюро. В конструкторском бюро они имеют возможность под руководством опытных преподавателей, конструкторов участвовать в разработке реальных проектов в сфере судостроения и машиностроения. Это способствует развитию у студентов интереса к инженерной профессии, студенты по-новому начинают смотреть на работу конструктора. Следует отметить, что студенческое конструкторское бюро было создано в университете по инициативе выпускников и аспирантов кафедры теории конструирования инженерных сооружений, которые составили костяк коллектива, стали его руководителями.

Эффективная работа инженера или конструктора сегодня невозможна без использования специальных прикладных программ, поэтому еще одним важным направлением работы со студентами на кафедре является активное внедрение в учебный процесс современных прикладных программных комплексов. К освоению таких программ и их использованию в учебном процессе, а также для выполнения научных исследований, численных экспериментов активно привлекаются студенты и аспиранты. На кафедре создана целая научная школа по выполнению научных исследований в сфере прочности и надежности судостроительных конструкций и объектов морского и речного транспорта, элементов магистральных трубопроводов. основоположниками данных научных направлений являлись выдающиеся профессора кафедры – М. И. Волский и И. Н. Сиверцев. Эти два выдающихся ученых внесли огромный вклад в развитие отечественной науки и техники – являлись авторами уникальных методик и технологий. Имя Михаила Ивановича Волского (1900–1983 гг.) – инженера и биолога, доктора технических наук, доктора биологических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники – сегодня носит лаборатория прочности кафедры. Имя Ивана Николаевича Сиверцева (1900–1985 гг.) – доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники, основателя железобетонного судостроения в нашей стране – присвоено кабинету компьютерного моделирования. Каждому из этих уникальных личностей, их исследованиям и работам, а также созданным ими научным школам, посвящены стенды, выставки в аудиториях и коридорах университета. Проходя мимо таких стендов, студенты узнают факты из работы и жизни своих знаменитых земляков, проникаются уважением к истории своего университета. Но самым важным здесь является то, что знакомство с биографией этих ученых способствует формированию у молодежи ценностных ориентаций и установок уважения к людям науки и людям труда, научным школам.

Воспитание студентов на предметно-профессиональной основе – это сложный и непрерывный процесс, процесс становления личности инженера, конструктора или ученого. В этом процессе в стенах университета студент получает реальную осведомленность о выбранной специальности, у него активно формируется личностная модель движения к профессиональным вершинам, к профессиональному мастерству.

Список литературы

- 1 Ушинский, К. Д. Педагогические сочинения : в 6 т. Т. 5 / сост. С. Ф. Егоров. – М. : Педагогика, 1990. – 528 с.
- 2 Новиков, А. М. Педагогика: словарь системы основных понятий / А. М. Новиков ; Рос. акад. образования, Ин-т теории и истории педагогики. – 2-е изд., стер. – М. : ЭГВЕС, 2013. – 267 с.
- 3 Петушкова, О. Г. Средовой подход к профессиональному воспитанию студентов университета / О. Г. Петушкова // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 4-1. – С. 104–107.

УДК 378.016

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ ВУЗЕ

Е. Н. ДИВИН

*Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I (Ярославский филиал), Российская Федерация*

Успешное развитие компании ОАО «РЖД» как крупнейшей в мире транспортной компании невозможно без своевременного и качественного пополнения ее высококвалифицированным персоналом.

Наряду с руководителями и специалистами, работающими в ОАО «РЖД», важным звеном является подготовка кадров с целью создания перспективного потенциала на замену вакантных мест различных уровней управления. От уровня и качества подготовки специалистов всех структурных подразделений компании зависит устойчивая работа железных дорог и безопасность движения поездов.

Управление компании напрямую связано с использованием новых информационных технологий, по этой причине в вузе уделяется особое внимание изучению цифровых технологий на современном этапе.

На современном этапе обработка информации осуществляется посредством информационных технологий в информационных системах.

В компании ОАО «РЖД» информационных систем свыше 33.

Информационно-образовательная среда в настоящее время – это человеко-компьютерная система, предназначенная для сбора и обработки информации, а также поддержки принятия решений с использованием компьютерной информационной технологии.

Информационно-образовательная среда является средой, составляющими элементами которой являются компьютеры, компьютерные сети, программное обеспечение, информационные массивы и базы данных, персонал, средства связи и телекоммуникации.

Основная цель информационно-образовательной системы – реализация информационной технологии (организация хранения, обработки, передачи информации и т. п.).

Информационно-образовательная среда в настоящее время представлена следующими направлениями функционирования и технологий работы вуза (рисунок 1).

Одно из направлений функционирования образовательной системы – это цифровизация образования и дистанционное онлайн-образование.

По смыслу и методике использования это разные понятия.

В цифровизации образования более широкий круг задач, стоящий перед преподавательским составом.

Она предполагает использование различных программ, приложений и других цифровых ресурсов для электронного обучения как удалённо, так и непосредственно в вузе.

Цифровизация касается не только учебного процесса, но и решения ряда организационных мероприятий:

- работы преподавателя с электронными дневниками в школе и электронными журналами в других учебных заведениях;
- диалога с обучаемыми посредством электронных сообщений;
- проверки выполненных работ в базе данных вузов.

Использование цифровых средств в образовании – мировой феномен. О масштабах явления свидетельствует хотя бы размер рынка образовательных цифровых технологий (этот рынок называется **EdTech**) – к 2025 году, по оценке Всемирного экономического форума, он достигнет 342 млрд долларов США. Только на одной платформе Coursera в прошлом году училось онлайн 100 миллионов слушателей.

Цифровизация образования в России, по оценке специалистов Института образования Высшей школы экономики, прошла несколько стадий:

- первая волна цифровизации (в середине восьмидесятых – начале девяностых годов) была направлена на развитие компьютерной грамотности и включала в себя появление в вузах первых компьютерных классов;
- второй этап (с середины нулевых годов) посвящен внедрению в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий, цифровые устройства стали использоваться не только на занятиях по информатике;
- третий этап – с 2018 года можно говорить о цифровой трансформации применения цифровых технологий в образовательном процессе обучения.



Рисунок 1 – Информационно-образовательная среда

В ходе цифровой трансформации образования обновляется и методика преподавания.

Цифровизация обучения не означает, что электронные инструменты заменят собой всю образовательную среду и тем более преподавателей. Результаты исследований показывают, что, когда обучение организовано офлайн и частично онлайн, усвоение учебного материала возрастает.

Результаты эффективности применения цифровых технологий в образовании подтверждаются по следующим основным направлениям:

- цифровизация в образовании упрощает организационные задачи управления учебным процессом и сам процесс обучения;
- онлайн даёт доступ к гораздо более широкому спектру образовательного контента, чем обычный формат;
- обучение в цифровой среде позволяет собирать данные и анализировать их, чтобы потом улучшить образовательный процесс.

В условиях тотальной цифровизации всех сфер человеческой жизни и образования в том числе от преподавателя требуется владение современными цифровыми инструментами и методикой преподавания онлайн.

Можно сделать вывод, что цифровизация – это не замена традиционному формату образования, в котором есть преподаватель и обучаемый. Данная методика обучения – это альтернатива традиционному формату обучения и помощь преподавательскому составу в виде новых удобных инструментов с целью активизации учебного процесса на всех уровнях.

Список литературы

- 1 Бройдо, В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учеб. для вузов / В. Л. Бройдо. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2004. – 703 с.
- 2 Каймин, В. А. Информатика : учеб. / В. А. Каймин. – 5-е изд. М. : МНФРА-М, 2009. – 285 с.
- 3 Об утверждении типового положения об образовательном учреждении дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов : постановление от 26 июня 1995 г. № 610 // Наука, образование и право [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://elementy.ru/Library9/p610.htm>. – Дата доступа : 11.03.2017.
- 4 Дивин, Е. Н. Основные направления внедрения дистанционных образовательных технологий при подготовке специалистов компании ОАО «РЖД» / Е. Н. Дивин // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2020. – № 1. – С. 151–155. – EDN IRSIDT.

УДК 378.147

ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ДИАГНОСТИКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

О. А. ДОВГУЛЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сфера образования является одной из важнейших составляющих деятельности белорусского общества, обеспечивающих его сохранение, развитие и процветание. Профессиональное образование в Республике Беларусь должно идти рука об руку с системой научных исследований, что дает науке большой толчок в развитии за счет эффективного подключения к научным исследованиям специалистов из сферы образования и более качественной базовой подготовки будущих ученых.

В традиционном образовании крайне неразвиты технологические элементы, так как оно опирается в основном на печатные материалы и на обучение «глаза в глаза» (непосредственный контакт лицом к лицу преподавателя и студента). Новая образовательная система же должна ориентироваться на реализацию высокого потенциала компьютерных технологий, на обучение на расстоянии, дистанционное обучение.

Развитие общества определяется его накопленными знаниями и их использованием в различных сферах деятельности. С ростом числа людей, вовлеченных в образовательный процесс, значительно возрастает объем информации, которым они обладают и используют. Этот объем информации становится частью образовательного процесса. А полученные в процессе обучения знания должны быть систематически подвержены мониторингу и проанализированы.

Преподаватели высших учебных заведений понимают, что необходимо автоматизировать процессы накопления и закрепления знаний, умений и навыков студентов, чтобы адаптировать учеб-

ный материал к современным требованиям. Разрабатываются и электронные учебные издания, и учебно-методические комплексы, и электронные учебно-методические комплексы, и т. п. Они испытываются и применяются на практике. Любой учебный процесс требует проведения своевременного мониторинга качества обучения, который, в свою очередь, является одним из показателей интенсивной работы как преподавателя, так и студента. Поэтому оценка знаний – один из важнейших вопросов не только высшего образования, но и педагогики в целом.

Учебно-методические комплексы преподаваемых дисциплин обязательной своей составляющей включают учебные комплексы контроля знаний, которые дают возможность проводить регулярный контроль, подразумевающий экзамены, зачеты, устные опросы, письменные контрольные, лабораторные и практические работы, курсовые работы и проекты, а также контроль самостоятельной работы студента. Оценки, которые студенты получают в высшем учебном заведении, предоставляют удобную возможность для ранжирования и сбора статистической информации. Однако этот вид контрольно-оценочной деятельности наряду с его преимуществами имеет некоторые недостатки. Главным из них является отсутствие объективного и беспристрастного количественного критерия для оценки учебной деятельности. Субъективный характер оценки проявляется также в том, что проводит контроль и проверку, указывает на недостатки в работе, высказывает свое суждение чаще всего только преподаватель, а значит, соотношение оценок в коллективе может смещаться в зависимости от психологического комфорта отношений преподавателя и обучаемых. Поэтому решение проблемы непредвзятой и достоверной оценки знаний студентов является одной из ключевых задач современной образовательной системы. Тестирование является перспективным и эффективным способом получить объективную и релевантную оценку знаний студентов, сформировать профессиональные компетенции в период обучения в высшем учебном заведении.

Педагогический тест – это одна из активных форм контроля, представляющих собой систему параллельных заданий возрастающей трудности, специфической формы, которая позволяет качественно и эффективно измерить уровень и структуру подготовленности студента. Педагогический контроль, а следовательно, и тестирование, может быть вводным, текущим, тематическим, периодическим, итоговым, заключительным (выпускным), отсроченным.

Более технологичной формой тестирования является компьютерное тестирование, которое полностью реализуется при проведении контрольных работ, контроля над самостоятельной работой студентов, частично может быть реализовано при проведении зачетов и экзаменов (здесь возможна и более приемлема комбинированная форма – сочетание компьютерного тестирования и традиционного собеседования).

Современный уровень технологического развития и компьютеризации в учебном процессе позволяют довести тестовый контроль до автоматизации, при этом обеспечивается некая стандартизация диагностики качества знаний, а также формирования профессиональных компетенций в период обучения в высшем учебном заведении.

Под использованием компьютерного тестирования в учебном процессе как основы формирования компетенций у будущих специалистов транспортной отрасли следует понимать целенаправленную деятельность преподавателя и студента. Преподаватель разрабатывает тесты для оценки полученных в процессе учебы знаний, проводит тестирования, обрабатывает и представляет полученные в ходе тестирования результаты с использованием компьютерных информационных технологий. В свою очередь студент стремится получить максимальный результат в процессе обучения в высшем учебном заведении.

Компьютерное тестирование повышает объективность проведения проверки усвоенных знаний и умений, а также сформированных компетенций. Измерение можно считать объективным, если удастся максимально ограничить, а лучше и вовсе исключить, а если нет такой возможности, то хотя бы контролировать субъективные воздействия со стороны тестирующего преподавателя на результат измерений. Компьютер дает возможность сделать это благодаря стандартной процедуре тестирования. Появляется возможность анализа результатов тестирования. Кроме контроля знаний, анализ результатов позволяет проводить коррекционную работу. Эта работа предполагает широкие возможности для взаимодействия студента и преподавателя. Благодаря своевременной быстрой оценке своих действий студент может их скорректировать или воспользоваться помощью (как преподавательской, так и учебно-методической). Преподаватель же по результатам компьютерного тестирования может провести анализ ответов, выявить причины неправильных, а как результат – предложить способ устранения выявленного недостатка знаний студентов.

В процессе обучения компьютерные тесты являются средством самоконтроля студентов. Имея возможность проверить уровень своих знаний (по теме, разделу или модулю), студент вполне способен сделать соответствующие выводы об их полноте. Студент чувствует свою ответственность, четко представляет результат своей работы и знает, что может воспользоваться помощью, которая может быть предоставлена учебной программой, учебно-методическим комплексом, или обратиться к преподавателю для получения дополнительных разъяснений или консультации.

Современные компьютерные тесты позволяют контролировать время выполнения заданий теста, время на обдумывание ответа, время ввода ответа, время получения правильных ответов, количество неверных ответов, количество отказов отвечать и количество обращений к имеющейся подсказке и т. п. При использовании тестирования на бумажных носителях или в форме устного контроля нет возможности провести параллельный психологический анализ поведения студентов во время контроля знаний. Компьютерное же тестирование предоставляет такую возможность и позволяет осуществлять это одновременно с основными задачами тестирования.

Таким образом, тестирование как основа диагностики знаний студентов:

- способствует улучшению объективности процессов и результатов оценки учебных достижений студентов;
- создает необходимые предпосылки и условия для улучшения содержания и структуры образовательного процесса;
- повышает уровень квалификации преподавателей, непосредственно разрабатывающих и применяющих тестовые материалы.

Список литературы

- 1 **Дмитриев, Е. И.** Методы и инструменты управления качеством в учреждении образования : учеб.-метод. пособие / Е. И. Дмитриев, В. И. Шупляк. – Минск : РИВШ, 2014. – 336 с.
- 2 **Балькина, Е. Н.** Компьютерное педагогическое тестирование: теория и практика : учеб.-метод. пособие / Е. Н. Балькина, Д. Н. Бузун. – 5-е изд. – Минск : РИВШ, 2018. – 104 с.
- 3 **Аванесов, В. С.** Item Response Theory. Основные понятия и положения. Статья первая / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – 2007. – № 2. – С. 3–28.
- 4 **Аванесов, В. С.** Истоки и основные понятия математической теории педагогических измерений (Item Response Theory). Статья вторая / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – 2007. – № 3. – С. 3–36.

УДК 678/65

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ

*Р. Ю. ДОЛОМАНЮК, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, Я. В. ШУТОВ, П. А. КАЦУБО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Точнее всего человек запомнит материал, если увидит, услышит и также «потрогает», когда непосредственно сам что-то воспроизведет (нарисует, запишет и т. п.), использует в практике. По этой причине немаловажно давать обучаемым возможность лично совершать некоторые действия, принадлежащие к используемому материалу. Бесценную поддержку в этом оказывают современные средства обучения.

Понятие «средство обучения» является одной из категорий дидактики. В педагогическом процессе средства обучения просматриваются как ресурс развития умений и получения знаний. В широком значении дидактические средства – это все элементы учебной среды, которые педагог сознательно использует для целенаправленного учебно-воспитательного процесса, для более плодотворного взаимодействия с курсантами, слушателями и студентами.

На сегодняшний момент конкретно установленное определение *средства обучения* отсутствует. Например, Т. С. Назарова и Е. С. Полат средствами обучения называют «материальные объекты, носители учебной информации и предметы естественной природы, а также искусственно созданные человеком и используемые педагогами и учащимися в учебно-воспитательном процессе в качестве инструмента их деятельности» [1].

С. Д. Смирнов под средствами обучения понимает «разнообразнейшие материалы и орудия учебного процесса, благодаря использованию которых более успешно и за рационально сокращенное время достигаются поставленные цели обучения» [2].

П. И. Пидкасистый под средством обучения понимает «материальный или идеальный объект, который «помещен» между учителем и учащимся и использован для усвоения знаний, формирования опыта познавательной и практической деятельности». Согласно суждениям исследователя, ресурсы обучения оказывают значительное влияние на качество интеллектуального и познавательного развития учащихся в профессиональном становлении [3].

М. А. Антонин полагает, что главное средство обучения – это учебник, в котором материально фиксируются подлежащий усвоению конкретный учебный материал, способы и последовательность организации основных элементов учебного процесса [4].

Н. Ф. Талызина считает, что к средствам обучения относятся не только учебники, но и деятельность учащегося и преподавателя [5].

В. А. Сластенин вводит понятие «дидактические средства», но, по его мнению, «прежде всего понимаются учебные и наглядные пособия, демонстрационные устройства, технические средства и др. Однако нужно иметь в виду, что «средства обучения» имеют и более широкий смысл. В этом случае это все то, что способствует достижению целей образования, т. е. вся совокупность методов, форм, содержания, а также специальных средств обучения» [6].

Франсуа-Мари Жерар и Ксавье Рожье детально останавливаются на методической концепции и в целом не говорят о средствах обучения. Обучение, по мнению данных ученых, происходит в учебных ситуациях с использованием документов, сопровождающих учебный процесс. Этими документами могут быть «текст, рисунок, фотография, схема. Носителем, на котором он представлен, не обязательно должна являться бумага. Это может быть диапозитив, экран компьютера или телевизора» [7].

Установим, что средства обучения – это комплекс предметов и произведений духовной и материальной культуры, привлекаемых для педагогической работы (наглядные пособия, историческая, художественная и научно-популярная литература, произведения изобразительного и музыкального искусства, технические приспособления, учебное и учебно-производственное оборудование, средства массовой коммуникации и др.).

Средства обучения в образовательном процессе выполняют роль сенсомоторных стимулов, воздействующих на органы чувств учащихся и облегчающих им непосредственное или косвенное познание мира [8].

Современные средства обучения выполняют следующие функции [9]:

- 1) информационную – являются источником информации;
- 2) дидактическую – в доступном виде способствуют передаче учебной информации, формированию умений и навыков;
- 3) мотивационную – способствуют активизации учебно-познавательной деятельности учащихся;
- 4) контрольную – позволяют оптимизировать педагогическую диагностику.

Более обычным и соответствующим современному формированию образовательного процесса, считается классификация средств обучения по видам, показанная в Википедии [10]:

- печатные (учебные издания);
- электронные образовательные ресурсы (мультимедийные учебники, сетевые образовательные ресурсы и т. п.);
- аудиовизуальные (учебные видеофильмы, кинофильмы и т. п.);
- наглядные плоскостные (плакаты, карты, магнитные доски);
- демонстрационные (гербарии, муляжи, макеты, стенды, модели);
- учебные приборы (компас, колба и т. д.);
- тренажеры и спортивное оборудование.

В научно-педагогической литературе существует развернутая классификация по направлениям:

- 1) целевая направленность;
- 2) чувственная модальность;
- 3) классификация по источнику информации;
- 4) дидактическая целесообразность;
- 5) возможности заменять действия учителя и автоматизировать действия ученика;
- 6) содержание, характер изображаемого и форма представления.

Внедрение информационных технологий в жизнедеятельность сообщества представляет растущую значимость в модернизации образования.

Список литературы

- 1 Назарова, Т. С. Средства обучения: технология создания и использования / Т. С. Назарова, Е. С. Полат. – М., 1998. – С. 111–123.
- 2 Смирнов, С. Д. Технологии в образовании / С. Д. Смирнов // Высшее образование в России. – 1999. – № 1. – С. 109–112.
- 3 Педагогика : учеб. пособие / под ред. П. И. Пидкасистого. – М. : Российское педагогическое агенство, 1996. – 602 с.
- 4 Антони, М. А. Интерактивные методы обучения как потенциал личностного развития студентов / М. А. Антони // Психология обучения. – 2010. – № 12. – С. 53–63.
- 5 Тальзина, Н. Ф. Педагогическая психология : учеб. для студ. сред. пед. учеб. заведений. – 3-е изд., стер. / Н. Ф. Тальзина. – М. : Академия, 2015. – 288 с.
- 6 Сластенин, В. А. Педагогика : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов. – М. : Академия, 2014. – 576 с.
- 7 Гуслова, М. Н. Инновационные педагогические технологии : учеб. пособие для СПО / М. Н. Гуслова. – 3-е изд., испр. – М. : Академия, 2015. – 286 с.
- 8 Педагогика : учеб пособие для студ. пед. вузов и пед. колледжей / под ред. П. И. Пидкасистого. – М. : Пед. об-во России, 1998. – 640 с.
- 9 Организация, формы и методы проведения учебных занятий и самостоятельной работы: требования, условия, механизмы : учеб.-метод. пособие / под ред. Н. А. Волгина, Ю. Г. Одегова. – М. : Изд-во Рос. экон. акад., 2014. – 88 с.
- 10 Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://ru.wikipedia.org/wiki/Средства_обучения. – Дата доступа : 25.10.2014.

УДК 378.026.9

ФОРМИРОВАНИЕ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В. Е. ЕВДОКИМОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современном мире научно-технический прогресс все больше воспринимается как средство достижения такого уровня производства, который в наибольшей мере отвечает удовлетворению постоянно повышающихся потребностей человека, развитию духовного богатства личности. Главными характеристиками выпускника любого образовательного учреждения являются его компетентность и мобильность. В этой связи акценты при изучении учебных дисциплин переносятся на сам процесс познания, эффективность которого полностью зависит от познавательной активности самого студента. Успешность достижения этой цели зависит не только от того, что усваивается, но и от того, как усваивается: индивидуально или коллективно, в авторитарных или гуманистических условиях, с опорой на внимание, восприятие, память, мышление, воображение, речь или на весь личностный потенциал человека, с помощью репродуктивных или активных методов обучения.

Особое внимание в учебном процессе уделяется мышлению. Мышление – опосредованное и обобщенное отражение существенных, закономерных взаимосвязей действительности. Это обобщенная ориентация в конкретных ситуациях действительности. Используемые методы активного обучения направлены на развитие именно творческого мышления. Творческое мышление характеризуется высокой степенью новизны получаемого на его основе продукта, его оригинальностью. Это мышление появляется тогда, когда человек, попытавшись решить задачу на основе ее формально-логического анализа с прямым использованием ему известных способов, убеждается в бесплодности таких попыток и у него возникает потребность в новых знаниях, которые позволяют решить проблему [1].

Определяющее значение в творческом процессе имеет сознательная деятельность человека, его целеустремленность. Творческий процесс – не стихийный или бессознательный акт. Он зависит от способностей, характера и творческого темперамента человека, его идейной направленности, культуры, опыта и уровня знаний. Творческое мышление – это процесс, и, как всякий процесс, оно подчинено определенным законам. Пусть последние очень сложны, но, опираясь на них, мы можем предвидеть, как будет развиваться творческое мышление в зависимости от тех или иных условий.

На начальных этапах творческое мышление обычно характеризуется как некоторый процесс, приводящий к решению новых для человека проблем и задач, – в отличие от мышления репродуктивного, проявляющегося в решении стандартных, однотипных задач, когда способы их решения известны и отработаны.

Воспроизводящая и творческая познавательная деятельность студентов складывается и протекает в общей системе процесса обучения, обладающего своей, присущей ему логикой. Тот или иной вид познавательной деятельности возникает не изолированно от предшествующей и последующей работы, а в органическом единстве с ней. Необходимо изучить зависимость видов, форм и методов воспроизводящей и творческой познавательной деятельности студентов по организации процесса обучения и его логики и одновременно показать, какое влияние оказывает тот или иной вид познавательной деятельности студентов на общую структуру и логику учебного процесса. Подготовка первоклассных специалистов, творчески мыслящих личностей, умеющих работать с информацией, анализировать ее, принимать эффективные решения с использованием новейших информационных технологий в условиях рыночной экономики – задача современного педагогического процесса [2].

При выборе тех или иных методов обучения необходимо, прежде всего, стремиться к продуктивному результату. При этом от студента требуется не только понять, запомнить и воспроизвести полученные знания, но и уметь ими оперировать, применять их в практической деятельности, развивать, ведь степень продуктивности обучения во многом зависит от уровня активности учебно-познавательной деятельности учащегося.

Если необходимо не только понять и запомнить, но и практически овладеть знаниями, то естественно, что познавательная деятельность студента не может сводиться только к слушанию, восприятию и фиксации учебного материала. Вновь полученные знания он пробует тут же мысленно применить, прикладывая к собственной практике и формируя, таким образом, новый образ профессиональной деятельности.

В работе по развитию творческого мышления преподаватель развивает следующие принципы:

– *Проблемность*. Путем последовательно усложняющихся задач или вопросов создать в мышлении студента такую проблемную ситуацию, для выхода из которой ему не хватает имеющихся знаний, и он вынужден сам активно формировать новые знания с помощью преподавателя и с участием других слушателей, основываясь на своем или чужом опыте.

– *Обеспечение адекватности учебно-познавательной деятельности характеру практических задач*. Суть данного принципа заключается в том, чтобы организация учебно-познавательной деятельности по своему характеру максимально приближалась к реальной деятельности.

– *Взаимообучение*. Для успешного самообразования необходимы не только теоретическая база, но и умение анализировать и обобщать изучаемые явления, факты, информацию; умение творчески подходить к использованию этих знаний; способность делать выводы из своих и чужих ошибок; уметь актуализировать и развивать свои знания и умения.

– *Индивидуализация*. Для любого познавательного процесса важным является принцип индивидуализации – это организация учебно-познавательной деятельности с учетом индивидуальных особенностей и возможностей.

– *Самообучение*. Не менее важным является механизм самоконтроля и саморегулирования, т. е. реализация принципа самообучения. Данный принцип позволяет индивидуализировать учебно-познавательную деятельность каждого на основе его личного активного стремления к пополнению и совершенствованию собственных знаний и умений.

– *Мотивация*. Активность как самостоятельной, так и коллективной деятельности возможна лишь при наличии стимулов. Поэтому в числе принципов активизации особое место отводится мотивации учебно-познавательной деятельности.

В целом же развитие личности студента идет в ряде направлений:

– укрепляются идейная убежденность, профессиональная направленность, развиваются необходимые способности;

– совершенствуются психические процессы, состояния, опыт;

– повышаются чувство долга, ответственность за успех профессиональной деятельности;

– растут притязания личности студента в области своей будущей профессии;

– на основе интенсивной передачи социального и профессионального опыта растут общая зрелость и устойчивость личности студента.

Сегодня можно выделить, по крайней мере, три основные задачи, решаемые в процессе подготовки студентов. Во-первых, это социально-личностное развитие, то есть формирование ценностных установок, качеств, личностных ресурсов, выявление потребностей и мотивов, которые так или иначе определяют решение многих проблем жизнедеятельности. Во-вторых, это поведенческий и

ценностно-смысловой аспекты профессиональной карьеры человека, детерминирующие способы заработка и расходования денег. В-третьих, это гражданское становление человека.

Главной проблемой образования и воспитания была и остаётся проблема формирования активной творческой личности студента, а в будущем – специалиста. Задача педагога – создать благоприятные условия для активного участия каждого студента в организации самообразования, для глубокого и полного раскрытия его личности, открыть пути для творческого поиска.

Список литературы

- 1 **Пионова, Р. С.** Педагогика высшей школы : учеб. пособие / Р. С. Пионова. – Минск : Высш. шк., 2005. – 303 с.
- 2 **Смирнов, С. Д.** Педагогика и психология высшего образования: От деятельности к личности : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С. Д. Смирнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2005. – 400 с.

УДК 378.1

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И РИСКИ В РАЗВИТИИ ВЫСШЕГО ТРАНСПОРТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н. Н. КАЗАКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одним из базовых принципов устойчивого развития экономики любого экономического региона является принцип обеспечения опережающего развития инфраструктурных подсистем, к которым относится и транспорт. На протяжении многих лет это обеспечивало реализацию концепции, заключающейся в том, что транспортное образование и наука развивались с более высоким индексом роста относительно иных отраслей экономики, направлений науки и видов образования. Именно эта концепция в 1953 году определила целесообразность открытия в западной части СССР института, на базе которого будет организована подготовка инженеров-транспортников, – БИИЖТа.

Все 70 лет своего существования и развития БИИЖТ – БелГУТ, являясь флагманом транспортного образования и науки, успешно реализовывал свои функции, возложенные на учреждение исторической миссией, охарактеризованной выше. На каждом этапе своего развития университет успешно справлялся с вызовами времени, которых было немало. Главной тенденцией успешного решения университетом возникающих проблем, независимо от их уровня, является общность и интеграция решаемых задач системы образования, науки и производства в лице заказчиков кадров, а также пользователей научных продуктов.

Отлаженная годами система взаимодействия БИИЖТа – БелГУТа с предприятиями – заказчиками кадров и организациями реального сектора экономики успешно функционировала, обеспечивая главный результат – качество выпускника с высшим техническим образованием.

С этой целью в университете, как и в других учреждениях высшего образования, постоянно развивались технологии обучения и преподавания. Но с учетом специфики транспортного университета, выраженной в максимизации уровня практической ориентации подготовки специалиста, особое место в образовательной инфраструктуре БИИЖТа – БелГУТа всегда занимала уникальная и мощная лабораторная база, посредством которой система подготовки выпускника превращалась в эргатическую.

На развитие любой эргатической системы, помимо технологических аспектов, управление которыми хоть и затратно, но осуществляется традиционными способами, значительное влияние оказывают факторы социальные, а с учетом специфики основного субъекта образовательной деятельности – социально-психологические. На рубеже семи десятков лет существования университета именно эти аспекты в своей совокупности сформировали самые весомые риски развития высшего транспортного образования.

На протяжении целого ряда лет формировалась тенденция, ориентирующая выпускника учреждения общего среднего образования на подготовку к централизованному тестированию. На такую подготовку, имеющую яркую формализованную направленность на получение абитуриентом максимального количества баллов, были ориентированы не только субъекты приемной кампании (выпускники школ, родители, репетиторы и пр.), но и учреждения образования. Помимо положительных аспектов, такая тенденция сформировала несколько важных рисков для системы высшего транспортного образования.

Во-первых, абитуриент, принимая решение о сфере профессиональной деятельности, стал в меньшей степени ориентироваться на свою профориентацию и заинтересованность в работе на транспорте в течение всей карьеры, но в большей степени – на количестве баллов своих четырех сертификатов.

Во-вторых, ориентирование учреждений общего среднего образования на максимизацию баллов тестируемых, с подведением некоторых итогов по региональному принципу, привело к созданию предпосылок управления этим процессом в рамках конкретных учреждений. С течением времени такая модель принятия решений привела к весомому снижению количества выпускников школ, выбирающих в качестве предмета сдачи по ЦТ физику.

Аддитивная модель охарактеризованных рисков привела к снижению количества абитуриентов, потенциально претендующих на освоение программ высшего транспортного образования.

Еще один пул рисков сформировался через самый значимый сегмент системы высшего транспортного образования – через его практикоориентированность.

Предприятия – заказчики кадров, лишь опосредованно сталкиваясь с серьезными изменениями в системе образования нашей страны (сокращение сроков подготовки специалиста с высшим образованием, разделение на ступени и пр.), взаимодействуя с учреждениями высшего образования, ориентировались на традиционных моделях работы, которые постепенно теряли актуальность.

Распределение на рабочие места, не требующие инженерной квалификации, ранее рассматривалось предприятиями и выпускниками университета как этап карьерного вектора. Однако в связи с сокращением сроков обучения и развивающейся системы квалификационного разделения труда, а следовательно, профессий, видов и сфер деятельности, выпускники стали рассматривать этот этап как фактор, сдерживающий карьеру. Отдельного упоминания требует и подход к профориентационной и агитационной работе представителей организаций – заказчиков кадров с примерами, которые были актуальны ранее, но недопустимы с нынешним поколением выпускников школ.

Весомой проблемой купирования рисков, охарактеризованных выше, становится разделение ответственности и эффектов, как отрицательных, так и положительных, по различным подсистемам экономики.

Снижение количества выпускников школ, качественно изучающих физику, снижение интереса к инженерным профессиям, рост численности абитуриентов, поступающих в зарубежные университеты, в том числе Российской Федерации, – сфера ответственности системы общего среднего образования, повлиять на которую белорусские университеты могут очень опосредованно. Снижение качества практического обучения, условия работы выпускников после распределения, недостатки системы наставничества и кадровых векторов развития выпускника в течение всей карьеры – сфера ответственности предприятий – заказчиков кадров, на которую повлиять еще сложнее.

Следует также учесть, что перечисленные аспекты, формирующие риски развития высшего транспортного образования, не самые сложные. Гораздо сложнее оказывать влияние на сложившиеся тенденции регионального уровня, начиная от демографических, заканчивая многочисленными локальными стереотипами, укоренившимися в сознании молодежи. Ведь вышеописанные тенденции характерны сегодня для всего инженерного образования нашей страны.

Важно отметить, что масштабность указанной выше проблемы характеризует не только сложность купирования рисков или создания системы мер, минимизирующих их в среднесрочной и долгосрочной перспективах, но и способ их решения. Этот способ базируется на интеграции воздействий в границах нашей страны, а с учетом глобальности отдельных системных тенденций сферы образования в мире – в границах объединений стран.

21 сентября 2023 года на совещании у Главы государства по вопросам совершенствования образовательной сферы было поднято много вопросов, крайне актуальных для системы образования в целом: от дошкольного до высшего. Отдельное направление, имеющее значимость для темы публикации, было обозначено Премьер-министром нашей страны: об отборе абитуриентов, которых нужно вычленивать после школ среди лучших выпускников. Им было дословно отмечено: «А мы туда отбираем лучших или нет? У нас идет хронический перекос: лучшие абитуриенты идут не туда, куда нужно экономике» [1].

Факт того, что с совещания, прошедшего 21 сентября 2023 года, через аппараты Премьер-министра, вице-преьера, курирующего образование, а позже и через профильные министерства прошли поручения по выработке системных мер, направленных на практическую ориентацию высшего образования нашей страны, создает весомые предпосылки для минимизации рисков развития высшего транспортного образования в будущем, а также для формирования действенных мер по взаимодействию университетов с участниками образовательного процесса молодежи: от семьи и школы до заказчика кадров и профильного министерства.

Список литературы

1 «У нас идет хронический перекося». Правительство назвало ключевую задачу в системе высшего образования [Электронный ресурс] // БелТА. – Режим доступа : <https://www.belta.by/society/view/u-nas-idet-hronicheskiy-perekos-pravitelstvo-nazvalo-kljuchevuju-zadachu-v-sisteme-vysshego-589495-2023>. – Дата доступа : 21.09.2023.

УДК 382.8

ПРЕПОДАВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН. ПЛЮСЫ И МИНУСЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е. Г. КАЛАШНИК, Г. Т. ПОДГОРНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Комплексная информатизация проектных и конструкторских работ является основной тенденцией развития в современной промышленности и строительстве. Внедрение автоматизированных систем проектирования уменьшает сроки работ, повышает их качество и в целом повышает производительность труда проектировщиков и конструкторов. Постоянное совершенствование САПР систем позволяет выполнять в автоматическом режиме все большее количество инженерных задач. Переход к электронному документообороту при проектных работах позволяет резко снизить затраты времени на выполнение рутинных, однообразных работ, связанных с созданием и корректировкой документации. Поэтому одной из важнейших задач геометрической и графической подготовки студентов является освоение современных средств компьютерной графики.

Основной целью традиционной инженерной графической подготовки всегда являлось развитие пространственного мышления. Эта задача решалась на базе методов начертательной геометрии. Современные 3D-технологии позволяют строить объемные модели сложнейших механизмов, зданий, сооружений. Возникает резонный вопрос: а надо ли в высших учебных заведениях обучать студентов «ручному» проектированию? Ответ на этот вопрос не может быть односложным.

Оснащение вузов самой современной компьютерной техникой, оборудование аудиторий новейшими техническими системами обучения, безусловно, является важной составляющей организации учебного процесса. Однако все это не обеспечивает автоматически высокого уровня подготовки студентов. Порой даже самые прекрасные видеопрезентации на современных электронных досках воспринимаются студентами как ролики из TikTok. Информация воспринимается ими просто как набор картинок, никак не связанных с необходимостью их осмысливать. Это можно сравнить с обучением плаванию путем просмотра уроков плавания на экране. Чтобы научиться плавать, надо самому погрузиться в воду.

Точно так же, как нельзя ребенка научить считать, дав ему в руки калькулятор, нельзя научить инженера «видеть чертеж», не обучив его основам и методам начертательной геометрии.

В идеале развитием пространственного мышления необходимо заниматься в средней школе так же, как в школе обучением читать, считать и писать. В действительности же разница между тем, что есть и должно быть, огромна. Многие студенты на первом курсе имеют очень низкий уровень пространственного воображения. Зачастую они не знают, чем призма отличается от пирамиды, а цилиндр от конуса. Поэтому на начальном этапе обучения в вузе приходится ликвидировать пробелы среднего образования.

Также серьезной проблемой первокурсников является очень слабая графическая подготовка. Они не могут провести параллельную или перпендикулярную линию. Соответственно, на лекции не могут правильно перечертить с доски ни условие, ни решение задачи. И применение компьютерных технологий не только не облегчает задачу обучения, но даже наоборот ухудшает ситуацию. Когда преподаватель мелом на доске линию за линией рукой вычерчивает чертеж – это воспринимается как работа, которую можно и нужно повторить. Если этот же процесс показывается на экране – он воспринимается как кино.

Именно поэтому на начальной стадии обучения графическим дисциплинам в вузе необходимо заниматься «ручным» черчением. Наряду с этим необходимо использовать модели различных геометрических тел, чтобы у студента выработывалась связь между пространственным объектом и его

изображением на чертеже. Также студентам необходимо выполнять обратную задачу – построение объекта по его плоскому изображению. Для этого можно применять проволоку или пластичные материалы. И только после того, как сформируется связь между объектом и чертежом, демонстрация 3D-моделей на компьютере начинает приносить пользу.

Безусловно, применение программ 3-мерного моделирования значительно ускоряет развитие у студентов пространственного мышления, однако обойтись без карандаша и линейки невозможно.

Следующим этапом графической подготовки студента является освоение инженерной графики – дисциплины, на которой изучаются правила построения и оформления чертежей. Как правило, это происходит на втором курсе. Здесь важно не только иметь графическую подготовку, а также знать ГОСТы, нормы и правила оформления инженерной документации. Это теоретические знания, которые студент учится применять. И вот на этой стадии применение компьютерных технологий незаменимо.

При освоении компьютерной графики возникает вопрос, каким программным обеспечением надо пользоваться. Существует огромное количество графических редакторов. Самыми распространёнными являются AutoCad и КОМПАС. Также есть системы автоматизированного проектирования (САПР). Если графические редакторы могут применяться для любых инженерных работ, то САПР ориентированы на конкретную специализацию инженерной деятельности. Кроме чертежных работ они позволяют производить расчеты, собирать конструкции из готовых элементов, т. е. автоматизируют процесс проектирования. Наибольшее распространение для проектирования машин и механизмов получили программы Inventor, SolidWorks, NanoCAD. Для проектирования зданий и сооружений существует своя категория программ, использующих ВМ технологии (информационное моделирование строительных объектов). Наиболее распространёнными среди них являются Revit, ArchiCAD, Civil 3D, Tekla.

Освоение инженерной компьютерной графики, как правило, начинается с графических редакторов. В БелГУТе на кафедре «Графика» за основу принята программа AutoCad. При ее изучении студент осваивает основные принципы и команды для работы с графической информацией. После нее студенты механических специальностей работают с программой Inventor, а для студентов строительных специальностей используется программа Revit. После изучения этих программ студент при необходимости достаточно быстро может освоить любую другую программу автоматизированного проектирования, так как принципы работы различных САПР идентичны.

На рисунке 1 показаны примеры из работ, выполненных студентами механического факультета и факультета промышленного и гражданского строительства.

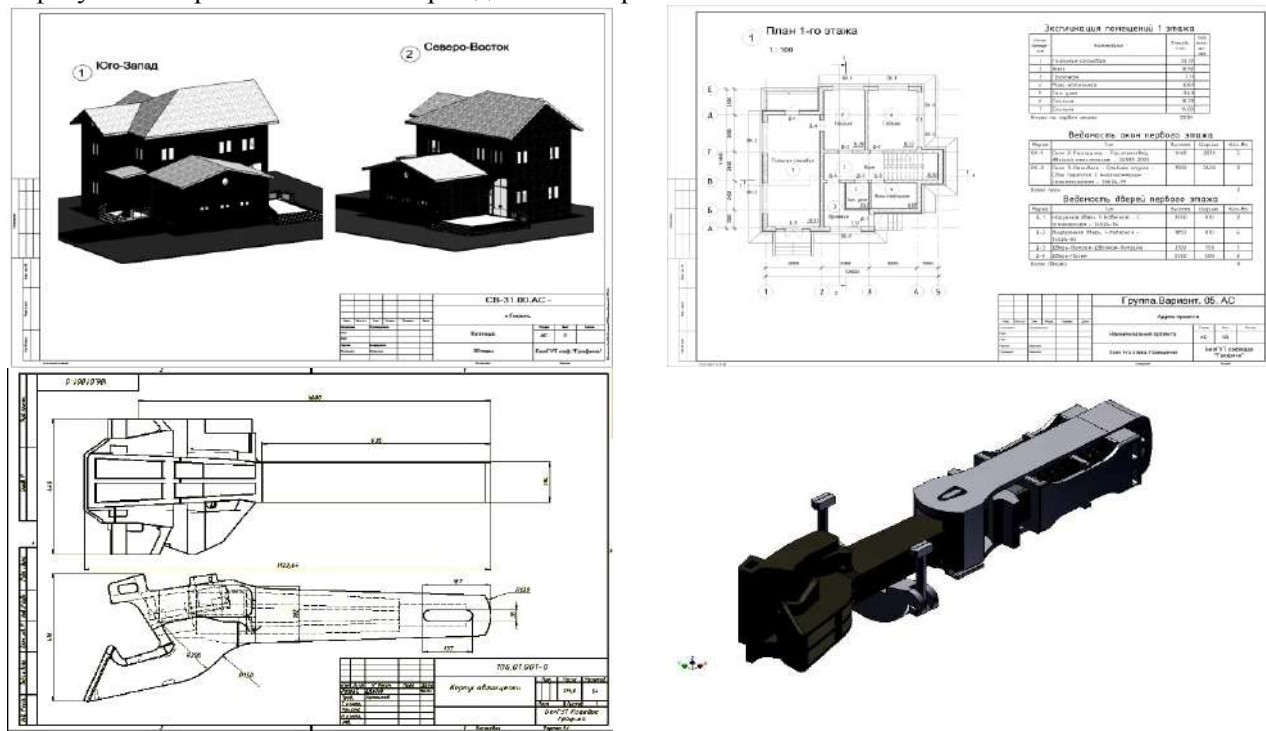


Рисунок 1 – Примеры работ

Так, многолетний опыт преподавания дисциплин «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика» показал, что только сочетание традиционного преподавания (с мелом у доски) и современного, с использованием компьютерных технологий, развивает у студентов пространственно-образное мышление и умение самостоятельно творчески и продуктивно работать.

УДК 519.6

ОЦЕНКА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕСТОВ ПО СПЕЦИАЛЬНЫМ ДИСЦИПЛИНАМ

С. В. КИСЕЛЕВА, В. Г. ШЕВЧУК, Ф. Е. САТЫРЕВ, И. Г. ШЕВЧУК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время существует ряд современных методов оценки качества подготовки студентов, которые базируются на применении компьютерных тестов для контроля и самоконтроля знаний.

Компьютерный тест – это система фасетных заданий определенного содержания и специфической формы, позволяющая качественно оценить уровень знаний и представлений студента по конкретной дисциплине [1].

Тестовые задания могут иметь различные формы, которые сводятся, как правило, к четырем основным: закрытой, открытой, на соответствие, на установление правильной последовательности [2].

Для анализа тестов используют методы математической статистики. При этом анализируется ряд критериев, которые характеризуют индивидуальные задания теста и показатели, предназначенные для оценки теста в целом.

Анализ заданий математическими методами позволяет получить информацию об их скрытых дефектах, которые не удастся выявить с помощью экспертных методов. Сведения о характеристиках заданий, получаемые с помощью математического анализа, позволяют создавать тесты с желаемыми статистическими свойствами [3].

Одной из важнейших характеристик теста является трудность задания p , которая рассчитывается как отношение числа испытуемых, правильно выполнивших задание, к общему числу испытуемых. Этот показатель меняется в пределах от 0 до 1.

С учетом величины p можно создавать тесты с желаемым уровнем трудности. Задания с нулевой или стопроцентной сложностью должны быть исключены из тестового набора (такие задания не дифференцируют студентов по уровню подготовки) [4].

Комплексной характеристикой теста, отражающей обоснованность, значимость его результатов, адекватность теста целям оценки или самооценки знаний является валидность (validity) теста. Эта характеристика показывает, насколько эффективно тестовое задание различает студента, овладевший и не овладевший учебным материалом.

В расчетах надежности теста применяют формулу Кьюдера – Ричардсона

$$Kr_{20} = \frac{m}{m-1} \left(1 - \frac{\sum p_j q_j}{S_x^2} \right), \quad (1)$$

где m – число заданий теста; p_j – сложность j -го задания; $q_j = 1 - p_j$; S_x – стандартное отклонение суммарных рейтингов испытуемых студентов.

Допустимый диапазон изменения коэффициента надежности колеблется от 0,7 и выше.

Значимость тестового задания отражает связь ответов на j -е задание теста и индивидуальных рейтингов студентов.

Если принять во внимание тот факт, что результат ответа на j -е задание является дихотомической переменной [1], то можно получить следующее выражение

$$K_{bj} = \frac{B_{cpj} - B_{cp}}{S_x^2} - \sqrt{\frac{p_j}{q_j}}, \quad (2)$$

где $B_{срj}$ – среднее значение рейтингов тех испытуемых, которые ответили на j -е задание правильно; $B_{ср}$ – среднее значение рейтингов всей выборки испытуемых; p_j – сложность j -го задания; $q_j = 1 - p_j$; S_x – стандартное отклонение суммарных рейтингов.

Значения K_{bj} изменяются в пределах от $-1,00$ до $+1,00$. Приемлемыми считаются задания, у которых значимость не меньше, чем $0,3$.

По вышеперечисленным параметрам автором были произведены расчеты тестов с последующей их корректировкой по дисциплинам «Транспортная связь» и «Системы железнодорожной связи».

Список литературы

1 **Майоров, А. Н.** Теория и практика создания тестов для системы образования. (Как выбирать, создавать и использовать тесты для целей образования) / А. Н. Майоров. – М., 2000 – 352 с.

2 **Балькина, Е. Н.** Текстология для системы высшего образования: вопросы методического обеспечения и подготовки кадров / Е. Н. Балькина // Новые информационные технологии : материалы V Междунар. науч. конф. В 2 т. – Минск : БГЭУ, 2002. – Т. 1. – С. 270–277.

3 **Карпенко, Д. С.** Автоматизированная система мониторинга эффективности усвоения знаний и качества тестовых заданий / Д. С. Карпенко, О. М. Карпенко, Е. Н. Шлихунова // Инновации в образовании. – 2001. – № 2. – С. 69–85.

4 **Шевчук, В. Г.** Тестовые компьютерные контроль и самоконтроль знаний студентов как факторы повышения мотивации к изучению дисциплин специализации / В. Г. Шевчук, А. В. Кодун // Инновационный опыт идеологической и воспитательной работы в вузе : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2009.

УДК 378.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ PADLET-ДОСКИ В САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ УПРАВЛЯЕМОЙ РАБОТЕ СТУДЕНЧЕСКОГО КОЛЛЕКТИВА

О. Н. КОНОВАЛОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Самостоятельная управляемая работа студентов является важной составляющей учебного процесса. Эта работа организуется преподавателем и должна состоять из следующих этапов: планирование, методическое обеспечение, контроль.

Планирование самостоятельной управляемой работы включает: постановку перед студентом конкретного задания; подбор рекомендуемой, соответствующей тематике, научно-технической и учебно-методической литературы; обеспечение свободного доступа к информационно-телекоммуникационным средствам обучения; проведение расчета трудоемкости задания с переводом на количественный (в часах) показатель; обеспечение своевременной консультации для корректировки выполнения задания.

Анализ разработанных учебных программ показывает, что для студентов, независимо от формы получения высшего образования, на самостоятельную работу выделяется значительное количество часов по сравнению с аудиторными занятиями. Для эффективной работы актуальным является использование виртуальной доски PADLET.

Современная образовательная среда, основанная на классической форме, должна включать и современные информационно-коммуникативные технологии. В поддержку этому было справедливо подчеркнуто во «Всемирной декларации о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры» (принята в г. Париже 05.10.1998–09.10.1998 на Всемирной конференции ЮНЕСКО «Высшее образование в XXI веке: подходы и практические меры») актуально отмечено: «Прежние подходы к образованию, основанные на простой передаче знаний, не работают в нашем быстроизменяющемся мире. Только возрастное, непрерывное образование, проходящее через все его ступени, совмещающее знания и умения, поощряющее междисциплинарность, воспитывающее социальную толерантность, увеличивающее доступность и широко использующее новые телекоммуникационные средства, способно адаптировать человека к современному миру» [1].

Современные гаджеты и их программное обеспечение удерживают внимание молодого поколения значительно дольше и с большим интересом. Введение интерактивной онлайн-доски Padlet позволяет разместить все необходимые материалы учебной дисциплины, заинтересовать студентов просмотром

ром, разместить студенческую работу на доску с возможностью совместного обсуждения и решения конкретных задач.

Процедура пользования виртуальной доской проста, а возможностей предоставляет много. Создатель доски имеет возможность творческого подхода к созданию архитектуры веб-сайта Padlet (рисунок 1).

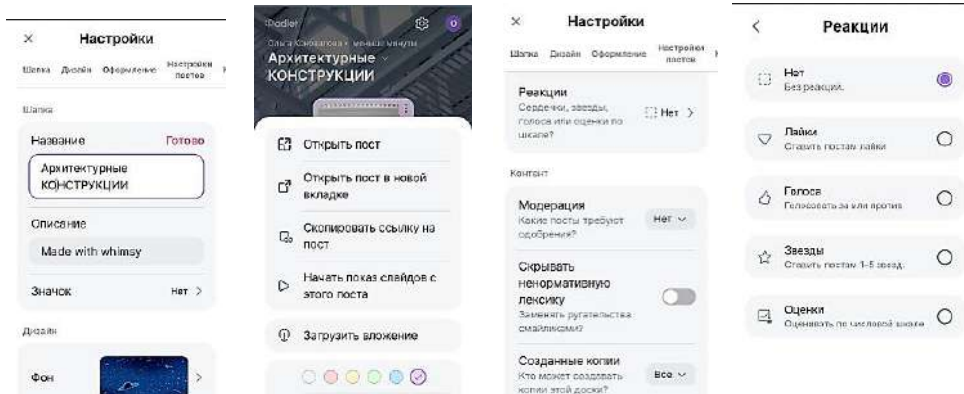


Рисунок 1 – Этапы создания и настройки PADLET-доски

Использование доски для составления совместного конспекта – еще одна из возможностей. Преподаватель читает лекцию, а студенты пишут свои комментарии, вопросы по теме лекции. Таким образом, с помощью доски Padlet формируются тезисы лекции, уточняющие вопросы, а значит, и анализируется лекционный материал.

Очень полезно для студентов и для преподавателей размещать возможные вопросы на доске, а значит, во время проведения консультации получать ответы. Это позволяет оценить самому студенту необходимость присутствия на консультации и возможность сформировать вопросы и получить ответ, который со временем никуда не пропадет. Таким образом, осуществляется информационная обратная связь.

Использование ресурса виртуальной доски Padlet необходимо в организации работы кружка по дисциплине, для более глубокого и целенаправленного изучения предмета и сохранения накопленных данных для оформления работы и участия в конференциях.

Привлекательность Padlet-доски:

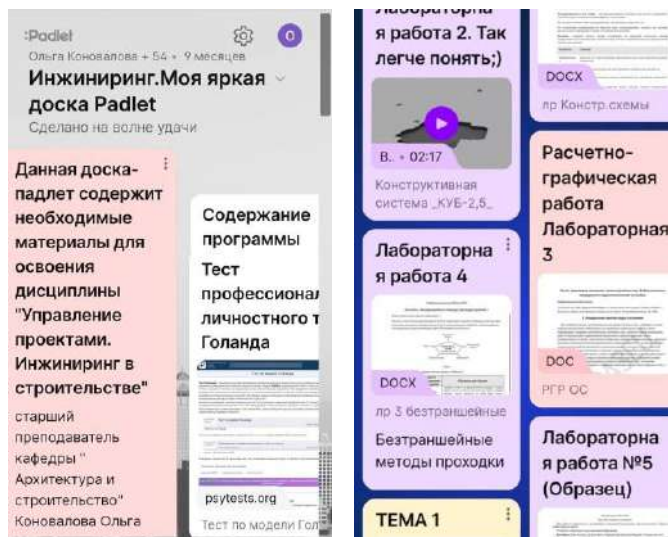


Рисунок 2 – Возможное наполнение стены PADLET-доски

- возможность фоновой настройки;
- множество шаблонов;
- возможность сохранения информации, экспорта информации, создание QR-кодов (англ. Quick Response Code – код быстрого реагирования);
- возможность скачать платформу на русском языке как на планшет, так и на смартфон с доступом к интернету и браузеру [2].

Вариант наполнения стены PADLET-доски представлен на рисунке 2.

Педагогический контроль – это диагностический компонент в образовательной диагностике, включающий проверку, анализ усвоения материала обучаемого.

Одним из наиболее популярных методов контроля является тестирование. Оно позволяет быстро проверить знания студентов. Повышение результативности работы студентов связано с возможностью самостоятельной проработки тестовых заданий, выложенных на доску Padlet.

При создании теста для организации самостоятельной работы влияющим компонентом на качество является содержание теста. При необходимости PADLET-доска дает возможность выложить на стену готовые тесты, принять ответы тестирования и дать оценку выполнению задания с комментариями, доступ к которым будет у всех участников образовательного процесса.

Возможности виртуальной среды позволяют в доступном формате комплексно подойти к эффективному обучению. Разместить и неоднократно использовать материалы по планированию, методическому обеспечению и контролю по различным дисциплинам.

Список литературы

1 Всемирная декларация о высшем образовании для XXI века: подходы и практические меры от 9 октября 1998 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.conventions.ru/int/12556/>. – Дата доступа : 01.09.2023.

2 Фрик, О. В. О дидактических возможностях использования виртуальной доски Padlet в образовательном процессе вуза / О. В. Фрик // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2020. – № 1 (33). – С. 15–19. – DOI : 10.24411/2225-8264-2020-10003. – EDN MWDJOK.

УДК 378.147

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО КУРСУ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ»

М. П. КУЛЬГЕЙКО, Г. Т. ПОДГОРНОВА, О. В. АРТЮШКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Текущая аттестация характеризует количественный и качественный аспекты освоения образовательной программы. Количественный аспект выражается в объемах и сроках выполнения графика учебного процесса (работоспособность обучающегося), а качественная сторона отражает достигнутый студентами уровень знаний, умений и навыков по конкретной дисциплине учебного плана.

Успеваемость студента зависит от ряда факторов: отношения студента к учебе, посещаемости занятий, заинтересованности обучающегося в предмете, стремления к развитию и изучению нового, отношения с преподавателем, участия в различных дополнительных мероприятиях (конференциях, олимпиадах, конкурсах, соревнованиях и т. п.). Следовательно, несмотря на ряд общих критериев, которыми пользуется каждый преподаватель, оценка текущей успеваемости отчасти субъективна из-за влияния человеческого фактора, который зависит не только от знаний и умений обучающегося, но и от отношений с преподавателем, настроения и т. п. А так как полностью формализовать оценочный процесс текущей аттестации практически достаточно сложно, то оценочный балл представляет собой конкретное численное значение в некотором интервале планируемых (достигнутых) компетенций.

Начертательная геометрия в технических вузах изучается, как правило, на первом (первых) курсе обучения, когда вчерашний школьник с трудом адаптируется в систему высшего образования. А учитывая сложность и многообразие задач начертательной геометрии, решение которых базируется в том числе на абстрактных понятиях и пространственных образах, их усвоение представляет достаточно сложную проблему для обучающихся. В связи с этим большая роль в усвоении студентами учебного материала принадлежит организации и ведению образовательного процесса, выполнению учебного графика, посещению занятий, планомерному и своевременному выполнению всех видов работ и систематическому контролю успеваемости студентов со стороны преподавателя.

Целью данной работы является анализ соответствия уровня текущей успеваемости студентов и итоговой экзаменационной оценки по дисциплине.

Анализ результатов текущей аттестации выполнен на основе данных за три учебных года (20/21, 21/22 и 22/23). Практические работы и, соответственно, текущий контроль успеваемости проводили шесть преподавателей, промежуточный контроль успеваемости по дисциплине (экзамен) проводили два преподавателя из числа ведущих практические занятия. Общее количество обучающихся – 358 человек.

Принимая во внимание отмеченные выше трудности формализации оценочного процесса и его субъективность, для более значимых выводов результаты исследований представлены в соответствии с уровнями подготовки: (4–5) – низкий; (6–8) – средний; (9–10) – высокий (рисунок 1).

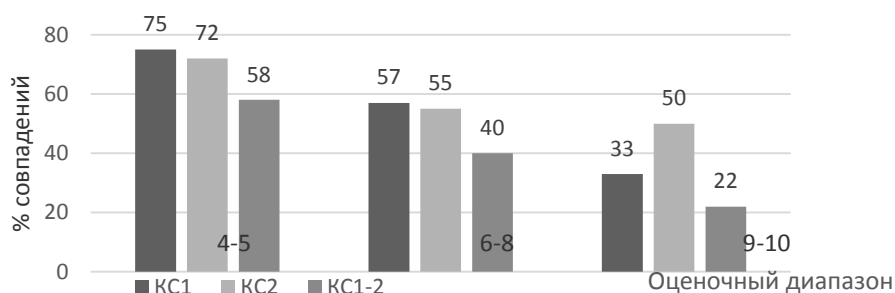


Рисунок 1 – Распределение совпадений (%) оценок текущей аттестации с экзаменационными оценками по уровням подготовки: КС1 – первый контрольный срок, КС2 – второй контрольный срок, КС1-2 – первый и второй контрольные сроки

Из диаграммы (см. рисунок 1) следует, что в 1-й КС студенты не в полной мере раскрывают свои возможности и преподаватели ниже оценивают работу и потенциал студентов. Поэтому количество совпадений для низкого и среднего уровня подготовки больше, чем во 2-й КС, а для высокого уровня подготовки (9–10) оценка КС1 оказывается заниженной и итоговую оценку более точно отражает вторая аттестация. Так, если в оценочном диапазоне 4–5 в КС1 процент совпадений итоговой оценки – 75 %, в диапазоне 6–8 – 57 %, то в диапазоне 9–10 только – 33 %. Таким образом, при почти равном суммарном (по трем диапазонам) количестве совпадений по каждой аттестации (КС1 – 235 и КС2 – 226) при второй аттестации процент совпадений смещается в сторону более высоких оценок. Следует также отметить, что для более низкого уровня подготовки выше процент совпадений в сумме по двум контрольным срокам КС1 и КС2, для оценочного диапазона 4–5 КС1-2 – 58 %. По-видимому, здесь также в начале семестра сказывается неопределенность и «осторожность» в выставлении высоких оценок. А ко второй аттестации проявляется более определенная ситуация с уровнем усвоения пройденного учебного материала.

На рисунке 2 представлена диаграмма распределения соответствия аттестационных оценок по баллам от 4 до 10 с принятым допустимым отклонением ± 1 балл. Здесь также можно отметить следующую аналогичную закономерность. В первый КС1 наибольшее число совпадений наблюдается для более низкого уровня подготовки, а именно, экзаменационным оценкам 4, 5 и 6 соответствуют оценки первой аттестации с принятым допуском в количестве 85, 83 и 81 %. Кроме того, для низкого уровня подготовки (4, 5 и 6 баллов) большее число совпадений отмечается и во второй КС2 (79, 79 и 59 % соответственно). Для среднего и высокого уровня подготовки (от 7 до 10 баллов) большее число совпадений наблюдается во второй контрольный срок, при общей тенденции снижения для баллов 7–8 и высокого уровня для баллов 9–10, что составляет 83 %.

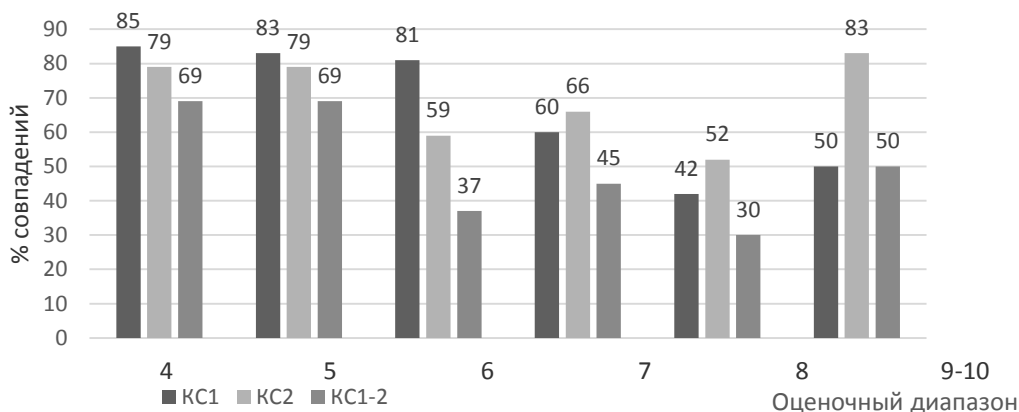


Рисунок 2 – Распределение совпадений (%) оценок текущей аттестации с экзаменационными оценками по баллам с отклонением ± 1 балл (обозначения – см. рисунок 1)

Таким образом, результаты анализа распределения совпадений оценок, выполненного как по диапазонам уровней подготовки (см. рисунок 1), так и по баллам (см. рисунок 2), подтверждают общую тенденцию: при первой аттестации более низкий оценочный уровень (баллы 4–6) и более высокий уровень оценок при второй аттестации (баллы 8–10), т. е. итоговая экзаменационная оценка более точно соответствует результатам текущего контроля при первой аттестации (КС1) на низком уровне подготовки, а при второй аттестации (КС2) – на высоком уровне подготовки обучающихся. Интерпретируя несколько иначе результаты анализа, можно сделать вывод, что в КС1 преподаватели более точно оценивают уровень подготовки «слабых» студентов, а в КС2 происходит выявление более «сильных» студентов. Расхождение между текущими (КС1, КС2, КС1-2) и итоговой экзаменационной оценками объясняется рядом отмеченных выше факторов, в том числе несистематичностью и неравномерностью работы студента, при текущей аттестации оценивается не только и не столько уровень знаний, сколько работоспособность, которая подразумевает стремление, желание и способность приобретать знания, умения и навыки при изучении дисциплины.

УДК 656.08

О ПЕРСПЕКТИВАХ МЕЖВУЗОВСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТОЙ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

А. В. КЛЮЧНИКОВ, В. М. СТАНКЕВИЧ, В. Ф. ТИМОШКОВ

Филиал «Институт профессионального образования»

Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, г. Гомель

Е. А. ФЁДОРОВ, М. Ю. СТРАДОМСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время практико-ориентированное обучение играет значимую роль в подготовке квалифицированных специалистов транспортного комплекса в области управления эксплуатационной работой на железной дороге. В педагогике именно интерес к познавательной деятельности обучающихся формируется через практико-ориентированное обучение, что обусловлено стремлением студентов овладеть умениями практической направленности по приобретаемой профессии. Таким образом, овладение профессионально-значимыми знаниями и умениями при подготовке квалифицированных специалистов транспортного комплекса является актуальным, так как позволяет обеспечить успешную профессиональную деятельность.

В 2023 году состоялся межвузовский семинар «Тушение пожаров на железнодорожном транспорте, организация движения восстановительных и пожарных аварийно-спасательных поездов при ликвидации последствий аварийных ситуаций».

Целью работы являлось изучение перспектив развития межвузовского взаимодействия при подготовке специалистов транспортного комплекса в области управления эксплуатационной работой на железной дороге посредством проведения практико-ориентированного семинара.

Задача исследования – организация и проведение межвузовского семинара, направленного на отработку совместных действий подразделений МЧС Беларуси и работников железнодорожного транспорта при тушении пожаров и ликвидации последствий аварийных ситуаций.

В качестве площадки для решения задач исследования выбран тренировочный полигон филиала «Институт профессионального образования» Университета гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Организатором межвузовского семинара выступили кафедра «Профессиональная подготовка» филиала «Институт профессионального образования» Университета гражданской защиты и кафедра «Управление эксплуатационной работой и охрана труда» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (БелГУТ).

В результате проведения работы определены три учебно-боевых участка (этапа):

1) тушение пожара и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при столкновении на железнодорожном переезде легкового автомобиля и пассажирского подвижного состава;

2) организация эвакуации пострадавших из пассажирского подвижного состава и оказание первой помощи;

3) локализация аварийной ситуации на грузовом подвижном составе при разливе дизельного топлива из цистерны.

Так, на первом учебно-боевом участке работники МЧС отработали действия по локализации и ликвидации пожара, эвакуации пострадавших и освобождению железнодорожных путей от легкового автомобиля. В свою очередь студенты БелГУТа организовали вызов дежурным по переезду работников МЧС, информирование дежурным по переезду машинистов локомотивов о наличии препятствия на переезде и необходимости остановки, а также информирование дежурным по переезду дежурного по станции о столкновении на переезде.

Далее, на втором учебно-боевом участке, работники МЧС провели эвакуацию пострадавших из пассажирского вагона, защиту пассажирского подвижного состава от возможного возгорания и оказание первой помощи пострадавшим. При этом студент БелГУТа в роли начальника пассажирского поезда осуществил вызов работников МЧС, а студенты в роли проводников пассажирского вагона организовали эвакуацию пассажиров, способных передвигаться самостоятельно.

На заключительном, третьем, этапе (учебно-боевом участке) работники МЧС подали ствол ГПС-600 для устранения угрозы взрыва, а также приступили к устранению течи из железнодорожной цистерны и локализации аварийных ситуаций с опасными грузами. Студенты БелГУТа выполнили следующие действия в роли:

– дежурного по переезду – информирование машиниста локомотива об обнаружении течи груза из цистерны;

– машиниста локомотива – информирование дежурного по станции о возникшей аварийной ситуации, а также вскрытие пакета с перевозочными документами для получения информации о номере аварийной карточки и передачи этой информации дежурному по станции;

– дежурного по станции – приготовление маршрута приема поезда на железнодорожный путь, предназначенный для выполнения мероприятий, указанных в аварийной карточке;

– дежурного по станции – вызов работников МЧС, передача информации о произошедшем;

– дежурного по станции – прекращение движения поездов и маневровой работы в зоне ликвидации аварийной ситуации.

В результате выполнения работы показана практическая значимость использования деловых и ролевых игр (производственных игр) как одних из основных практико-ориентированных форм обучения. Межвузовский семинар позволил студентам БелГУТа не только вживую увидеть действия работников МЧС при ликвидации аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте, но и на практике закрепить знания по порядку взаимодействия с ними.

Таким образом, проведение практико-ориентированного семинара в рамках межвузовского взаимодействия позволило достичь высокой эффективности процесса подготовки специалистов транспортного комплекса в области управления эксплуатационной работой на железной дороге, что в дальнейшем позволит использовать другие формы практико-ориентированного обучения.

УДК 37.02

ПРАКТИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. А. МАСЛОВ

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,
(Ярославский филиал ПГУПС), Российская Федерация*

Все больше образовательных учреждений в России и за рубежом используют так называемые иммерсивные технологии. Словарь трактует иммерсивность (от англ. immersive – погружение) как целостное сочетание ощущений человека, присутствующего в искусственно созданном трехмерном мире, в котором можно выполнять всевозможные манипуляции: менять точку обзора, приближать и удалять объекты, уменьшать и увеличивать их размеры, вращать в пространстве, изменять освещенность сцены и т. д. [1].

Иммерсивное обучение использует возможности целого ряда технологий и устройств. Благодаря использованию устройств виртуальной реальности (virtual reality, VR) осуществляется погружение обучающегося в новый, сгенерированный компьютером мир. Дополненная реальность (augmented reality, AR) позволяет использовать в пространстве реального настоящего дополнительные настройки и опции, которые слоями накладываются на реальный мир, корректируя и усложняя его. Смешанная реальность (mixed reality, MR) представляет собой аналог дополненной реальности, совмещающий возможности шлема VR и внешней видеокамеры и накладывающий на реальную картинку другие текстуры для объектов. Технология трехмерного (3D) иммерсивного обучения использует 3D-визуализацию и моделирование [6].

Совокупность средств и площадок, организованных в виртуальном пространстве, именуется виртуальными мастерскими. Виртуальные мастерские являются перспективной технологией в системе среднего профессионального образования. Подобные мастерские позволяют выполнять профессиональные действия в виртуальной среде. Такая возможность является крайне актуальной для обучающихся специальных профессиональных заведений, ведь выполнение множества сложных задач в «реальной реальности» обучающимися без достаточных навыков может быть опасным и затруднительным [3].

В Ярославском филиале ПГУПС знакомство с иммерсивными средами началось в 2020 году. Именно тогда было принято решение оборудовать лабораторию для изучения возможности применения виртуальной реальности в учебном процессе.

Обучающимися специальности 27.02.03 «Автоматика и телемеханика на транспорте (железнодорожном транспорте)» в программах для 3D-моделирования Autodesk Fusion 360, Blender и Компас 3D были спроектированы 3D-модели некоторых устройств и систем, относящиеся к железнодорожному транспорту: железнодорожный переезд с автошлагбаумом и УЗП, устройство контроля схода подвижного состава (УКСПС), действующий одиночный стрелочный перевод, стрелочный электропривод типа СП и ряд других напольных устройств СЦБ [5].

В рамках изучения профессионального модуля ПМ.02 «Техническое обслуживание устройств систем сигнализации, централизации и блокировки, железнодорожной автоматики и телемеханики» при освоении профессиональной компетенции ПК 2.1 «Обеспечивать техническое обслуживание устройств СЦБ и систем ЖАТ» в числе прочего обучающиеся осваивают порядок действий электромеханика СЦБ при проверке внутреннего состояния стрелочного электропривода согласно Технологической-нормировочной карте № ТНК ЦШ 0127-2015 «Электропривод типа СП. Проверка внутреннего состояния, чистка и смазывание подвижных узлов электропривода».

Главным отличием виртуального прототипирования от цифрового моделирования является вовлечение, полное погружение обучаемого в виртуальную среду, причем с возможностью интерактивного взаимодействия с виртуальным объектом – как если бы он был реальным, поэтому все созданные 3D-модели были загружены в платформу для виртуального прототипирования отечественной разработки – VR Concept.

Подход, предполагающий использование платформы VR Concept для разработки тренажера сборки/разборки промышленного оборудования в виртуальной реальности, предполагает выполнение следующих этапов:

- 1) сбор информации об объекте тренажера, получение технологической карты разборки/сборки оборудования, нормативной документации, 3D-моделей оборудования;
- 2) создание сценария разборки оборудования, включающий в себя последовательность шагов, которые необходимо выполнить для разборки или сборки оборудования;
- 3) загрузка 3D-моделей оборудования и вспомогательных элементов в сцену редактора VR Concept (поддерживаются конструкторские CAD- и BIM-форматы, для оборудования, рассматриваемого в работе, не требуется оптимизация загружаемых файлов);
- 4) настройка сцены в редакторе VR Concept (задание свойств элементов);
- 5) настройка сценария разборки оборудования и подсказок для процесса обучения с помощью настольного приложения для создания конфигурационных файлов [2].

Все вышеперечисленные этапы были реализованы для 3D-модели стрелочного электропривода типа СП в рамках освоения Технологической-нормировочной карты № ТНК ЦШ 0127-2015 «Электропривод типа СП. Проверка внутреннего состояния, чистка и смазывание подвижных узлов электропривода».

Практическое занятие по теме «Стрелочный электропривод типа СП – технология обслуживания» с использованием технологий виртуальной реальности на платформе VR Concept проводилось

для обучающихся очной и заочной форм обучения, слушателей курсов повышения квалификации и при обучении по программам профессиональной переподготовки.

Анализ проведённых занятий показал в целом более высокую заинтересованность обучающихся, по сравнению с традиционными практическими занятиями, в силу новизны формы представления контента и более глубокое погружение в процесс освоения изучаемого материала в силу отсутствия отвлекающих факторов со стороны преподавателя и одногруппников. Следует отметить, однако, что контроллеры не позволяют в должной мере ощутить, например, вес деталей изделия, усилие, которое необходимо прикладывать при откручивании/закручивании гаек и т. д.

Интерактивные средства обучения интегрируют в себе различные образовательные ресурсы, обеспечивают среду формирования и проявления ключевых компетенций. Грамотное и систематичное использование их в процессе учебного взаимодействия позволяет строить личностно-ориентированное обучение, выстраивать индивидуальную образовательную траекторию, отвечающую индивидуальным потребностям и способностям обучающегося, повысить мотивацию к обучению, обеспечить качественно новый уровень обучения [4].

Образовательная среда (иммерсивная и рефлексивная) имеет высокий уровень динамичности и открытости, что порождает необходимость постоянного мониторинга средовых и субъектных изменений в целях адаптации к среде и активного взаимодействия с ней. Личностный и средовой мониторинг предполагает, во-первых, погружение в среду, во-вторых, включенность в рефлексивную деятельность друг друга и создают синергический эффект для дополнительного потенциала в достижении образовательных целей [8].

После того, как в 2022 году Ярославский филиал ПГУПС стал одним из участников федерального проекта «Профессионалитет», призванного стать локомотивом комплексной перезагрузки системы среднего профобразования, у образовательной организации появилась возможность закупить VR-тренажёры, выполненные профессиональными разработчиками, в частности компанией «Научно-производственный центр «НовАТранс».

Сюда вошли обучающие виртуальные тренажёры «Технология производства работ по замене стрелочного электропривода», «Меры электробезопасности при замене пускателя на панели ПВ-ЭЦК», «Переборка изолирующего стыка на накладках «АпАТэК» со скреплением КБ» и ряд других. Вышеперечисленные VR-тренажёры ещё только начали процесс апробации, и поэтому ещё рано делать выводы о том, насколько система подготовки студентов транспортных учебных заведений с применением тренажёров с иммерсивными технологиями обеспечит задачи формирования профессиональных компетенций при подготовке специалистов для железнодорожной отрасли.

Известно, что для реализации определенных функциональных задач (профессиональных компетенций) педагог должен обладать определенной компетентностью [7], поэтому, помимо наличия различных иммерсивных сред, как, например, обучающие VR-тренажёры, сам преподаватель должен иметь развитое инновационное сознание и быть готовым совершенствовать свою деятельность, чтобы внести изменения в содержание и технологию обучения и воспитания, имеющие целью повышение их эффективности.

Список литературы

1 Азевич, А. И. Иммерсивные технологии как средство визуализации учебной информации / А. И. Азевич // Вестник МГПУ. Сер. Информатика и информатизация образования. – 2020. – № 2 (52). – С. 35–43. – DOI : 10.25688/2072-9014.2020.52.2.04. – EDN PJGGML.

2 Жабицкий, М. Г. Проблема разработки VR тренажеров сборки/разборки и вариант высокопроизводительного решения на базе технологии VR Concept / М. Г. Жабицкий, С. А. Кулак, А. С. Новикова // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Т. 10, № 8. – С. 18–29. – EDN XHJBEN.

3 Корнеева, Н. Ю. Иммерсивные технологии в современном профессиональном образовании / Н. Ю. Корнеева, Н. В. Уварина // Современное педагогическое образование. – 2022. – № 6. – С. 17–22. – EDN SXNQFD.

4 Кошкина, В. А. Интерактивные средства обучения: классификация и потенциал / В. А. Кошкина, Е. А. Пазенко // Мир науки. Педагогика и психология. – 2021. – Т. 9, № 3. – EDN RNQAJU.

5 Маслов, А. А. Применение технологии виртуальной реальности при обучении студентов в Ярославском филиале ПГУПС / А. А. Маслов // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2021. – № 1. – С. 167–171. – EDN ERCCNN.

6 Муравьева, А. А. Иммерсивное обучение – технология будущего или временное увлечение? / А. А. Муравьева, О. Н. Олейникова // Казанский педагогический журнал. – 2023. – № 1 (156). – С. 120–129. – DOI : 10.51379/KPJ.2023.158.1.012. – EDN QGMTSK.

7 Смирнов, Е. И. Фундирование опыта в профессиональной подготовке и инновационной деятельности педагога / Е. И. Смирнов. – Ярославль : Канцлер, 2012. – 655 с. – ISBN 978-5-91730-061-0. – EDN SGDQBZ.

8 Чупина, В. А. Рефлексивные основы иммерсивной образовательной среды / В. А. Чупина, О. А. Федоренко // Современная высшая школа: инновационный аспект. – 2018. – Т. 10, № 1 (39). – С. 89–96. – DOI : 10.7442/2071-9620-2018-10-1-89-96. – EDN YVMXJJ.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС И САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

Е. М. МАСЛОВСКАЯ, Н. В. ДОВГЕЛЮК, И. М. ЦАРЕНКОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Основной задачей высшего образования является обеспечение государства специалистами высокого качества, способными принимать нестандартные решения, способствующие процветанию Беларуси на международной арене. Поэтому у студентов должны быть сформированы: крепкие знания по специальности, способность анализировать различные жизненные ситуации, уметь ориентироваться в любой обстановке и принимать самостоятельные решения, которые будут способны развивать и внедрять в производство.

Основными задачами развития железнодорожного транспорта на ближайшие пять лет являются:

- обеспечение безопасности движения поездов; обновление тягового и моторвагонного подвижного состава;
- модернизация железнодорожной инфраструктуры;
- создание новых и совершенствование действующих технологий перевозок грузов и пассажиров; снижение энергоёмкости перевозок [1].

В настоящее время молодые специалисты не боятся внедрять новое, ставить эксперименты и добиваться успехов в любом деле. А для этого необходимо прививать студенту способность к самостоятельной работе. Работа может быть как индивидуальной, так и самостоятельной под руководством преподавателя (СУРС). Преподаватель должен направлять учебу студента.

Таким образом, проблема улучшения качества образования и развития творческой личности зависит от преподавателя, его умения заинтересовать студента в изучении своего предмета, дисциплины, дать возможность проявить себя (выступить с докладом в часы СУРС, во время студенческого самоуправления, на студенческих международных научных конференциях, в написании тезисов докладов, статей в студенческие сборники научных работ, журналы, участвовать в различных конференциях, выставках студенческого научного творчества и других мероприятиях [2, 3].

Для этого необходимо, прежде всего, знать историю своего вуза, факультетов, известных ученых университета, которые стояли у истоков его образования и внесли значительный вклад в его развитие. С этого и начинается первая лекция в группе.

Большой вклад в развитие транспортной науки внесли белорусские ученые: д-р техн. наук, проф. И. Г. Тихомиров; д-р техн. наук, проф. В. И. Сенько; д-р техн. наук, проф. В. Я. Негрей; д-р техн. наук, проф. Л. А. Сосновский; д-р техн. наук, проф. К. А. Бочков и мн. др.

Д-р техн. наук, проф. И. Г. Тихомиров – крупный учёный в области эксплуатации железнодорожного транспорта. Им была впервые разработана теория безостановочных скрещений поездов на однопутных линиях при удлинённых раздельных пунктах и двухпутных вставках при введении автоблокировки. В БелИИЖТе (ныне – БелГУТ) профессором И. Г. Тихомировым была создана научная школа, которая успешно проводила научные и практические изыскания в области организации движения поездов. В этой школе сформировались такие ученые, как профессора П. С. Грунтов, П. А. Сыцко, В. А. Буянов, Л. П. Тулупов, В. П. Ярошевич, доценты П. А. Шульженко, В. Е. Ярмоленко, П. Б. Мухо, О. П. Гораев, Е. П. Юшкевич, Л. Н. Щенников, Ю. В. Былинский и мн. др.

Под руководством д-ра техн. наук, проф. В. И. Сенько группой ученых разработана методология исследований системы «транспортное средство – перевозимый груз – путь» и создан Испытательный центр железнодорожного транспорта «СЕКО», в котором квалифицированный персонал проводит испытания нового и модернизируемого подвижного состава.

В научно-исследовательской лаборатории «Транспортные коммуникации» БелГУТа под руководством д-ра техн. наук, проф. В. Я. Негрея выполняются работы по обследованию проблемных сортировочных горок Белорусской железной дороги и расчету их параметров с целью подготовки и разработки Программы развития сортировочных комплексов станций.

Под руководством д-ра техн. наук, проф. Л. А. Сосновского разработана методика испытаний влияния смазки на изменение характеристик трения и износостойкости при качении.

Работы по сопровождению и гарантийному обслуживанию отечественной системы микропроцессорной централизации стрелок и сигналов «ПУТЬ», разработанной в НИЛ «Безопасность и электромагнитная совместимость технических средств» (БелГУТ) под руководством д-ра техн. наук, проф. К. А. Бочкова, показали, что по своим основным техническим характеристикам МПЦ «ПУТЬ» не уступает лучшим зарубежным образцам. И другие научные направления. Это занимает определенный раздел СУРСа.

Значительную роль в развитии современных методов пространственного положения объектов, в том числе совершенствование определения координат, сыграло создание в 1990-х гг. глобальных систем позиционирования: в США – Global Positioning System (GPS) и в России – глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС).

В процесс геодезических GPS-измерений вовлекаются как минимум четыре спутника и два приемника. GPS-технология позволяет построить пространственный вектор между двумя этими приемниками, создавая, таким образом, базовую линию. Измерения отличаются достаточно высокой точностью и позволят гораздо быстрее, чем с помощью привычных методов, определить расстояние с детализацией до сантиметра.

Основой системы ГЛОНАСС являются 24 спутника, движущихся над поверхностью Земли в трех орбитальных плоскостях с наклоном $64,8^\circ$ и высотой 19 100 км. Принцип измерения аналогичен американской системе GPS и нашей аэрофото съемке.

В практику изыскательских работ прочно вошли приборы для определения географических координат, электронные тахеометры, георадары, а также прогрессивные методы георадиолокации земляного полотна для грунтово-гидрогеологических изысканий. Проектирование осуществляется с применением различных автоматизированных программных комплексов.

При организации СУРС каждый студент выбирает одну тему из списка тем, предложенных преподавателем. В список включаются темы и научно-исследовательской работы. Принимается представление темы самим студентом.

СУРС начинается с подбора литературы. При этом проявляется инициатива студента и умение пользоваться каталогом в библиотеке университета или в других библиотеках, можно пользоваться интернет-ресурсами, материалами периодической печати. Обязательным является изучение литературы, предложенной преподавателем.

СУРС представляет собой изучение нового материала, не рассматриваемого в лекционном курсе, однако способствующего более глубокому изучению дисциплины.

СУРС завершается докладом, подготовленным в устной форме с презентацией в течение 10–15 минут. В докладе следует подчеркнуть актуальность рассматриваемой темы, обозначить цель и задачи работы, объект и предмет исследования. При рассмотрении основной части исследуемой темы учитывается специфика работы для условий Беларуси. При завершении работы озвучиваются результаты, указываются особенности, недостатки и преимущества. В докладе должна быть подчеркнута необходимость рассмотрения выбранной темы, что исследуется в работе, что было сделано студентом, каков результат. Будет интересно услышать собственное мнение студента о результатах выполненной работы. Если доклад соответствует приведенным выше требованиям, то СУРС считается выполненным.

В соответствии с реализацией себя в самостоятельной работе студент вырабатывает собственный интерес к учебе, веру в свои возможности, что, безусловно, пригодится в будущей работе.

Список литературы

1 Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь // Государственная программа «Транспортный комплекс», подпрограмма «Железнодорожный транспорт» на 2021–2025 годы. Постановление Совета Министров № 165 от 23.03.2021 [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : [pravo.by>upload/docs/op/C22100165_1616792400.pdf](http://pravo.by/upload/docs/op/C22100165_1616792400.pdf). – Дата доступа : 30.09.2022.

2 Довгелюк, Н. В. Реконструкция железных дорог : учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, В. А. Вербило. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 339 с.

3 Довгелюк, Н. В. Изыскания и проектирование железных дорог : учеб.-практ. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, И. М. Царенкова. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 333 с.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭКСКУРСИЯ КАК ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

В. Л. МОИСЕЕНКО, В. А. ДОВГЯЛО, Д. С. ПУПАЧЁВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Экскурсионная работа всегда считалась одной из важнейших форм просветительской и культурно-воспитательной работы. При этом экскурсия – это комплексная форма организации обучения, включающая в себя целый набор функций, таких как [1]:

- функция научной пропаганды, способствующая распространению политических, философских, научных, художественных и других взглядов, идей и теорий;
- функция информации, обеспечивающая донесение до конкретной аудитории соответствующей информации по заранее установленному разделу знаний;
- функция организации культурного досуга и расширения кругозора, которая выступает элементом процесса учебы через самообразование, способствует получению новых и конкретизации уже имеющихся знаний, а также формированию и удовлетворению духовных потребностей человека;
- функция формирования интересов, позволяющая сообщить знания аудитории и вызвать интерес у людей к конкретной отрасли знаний.

Как следствие, для студентов высших учебных заведений, в частности, технической направленности проведение экскурсионной деятельности является необходимым методом реализации учебного процесса и становления будущего молодого специалиста. Ввиду описанной выше образовательной направленности основным вектором совершенствования экскурсионной работы в вузе выступает получивший в последнее время популярность промышленный, или индустриальный, туризм [2], т. е. организация туристических туров на действующие промышленные предприятия, объекты проведения строительных работ и т. д.

Так, посещение производств, в том числе планируемых заказчиков кадров, заложенное в академическую программу курсов бакалавриата и магистратуры, является элементом интерактивного обучения и позволяет студентам познакомиться с реальной рабочей средой, условиями труда, особенностями осуществляемых технологических процессов, применяемыми технологиями и оборудованием, узнать от представителей предприятий подробности о вакантных местах, ситуации на рынке труда, соотнести свои экономические потребности с возможностями их удовлетворения на конкретном промышленном объекте. Кроме того, ребята имеют возможность оценить уровень своих знаний, умений и компетенций в сфере их деятельности с практической точки зрения. Важным аспектом таких посещений является и воспитательная работа по прививанию любви к труду и грамотной организации труда.

Выходя за рамки исключительно аудиторного обучения, при помощи промышленных экскурсий реализуется целостное становление молодых специалистов, информированных о текущих тенденциях, например, в машиностроительной отрасли, сценариях ее развития и совершенствования. Кроме того, зачастую между представителями принимающей стороны и вузов, сопровождающими студентов, налаживаются партнерские отношения, в последующем помогающие, к примеру, с реализацией процессов распределения и трудоустройства выпускников и др. [3], а также с достижением общих целей и задач академического развития как студентов, так и преподавателей, в образовательном и кадровом совершенствовании [4].

Как следствие, на кафедре транспортно-технологических машин и оборудования Белорусского государственного университета транспорта организована и реализуется плановая работа по проведению промышленных экскурсий в рамках выездных занятий на транспортные и машиностроительные предприятия, а также научно-исследовательские учреждения г. Гомеля и Гомельской области. Среди них: ОАО «Гомсельмаш» – один из крупнейших мировых производителей сельскохозяйственной техники; ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси» – разработчик композиционных материалов с заданными функциональными свойствами различного назначения; предприятия по содержанию и ремонту путевого хозяйства ПМС-Гомель РУП «Ремпуть» Белорус-

ской железной дороги» и «Гомельская дистанция пути транспортного республиканского унитарного предприятия «Гомельское отделение Белорусской железной дороги»; крупнейшее дорожное предприятие Гомельщины КППСУП «Гомельоблдорстрой»; многопрофильное автотранспортное предприятие «Автобусный парк № 6» филиал ОАО «Гомельоблавтотранс» и ряд других. К слову, на некоторых из отмеченных выше организаций созданы и действуют филиалы кафедры, обеспечивающие практико-ориентированный подход в подготовке будущих специалистов, сближение учебного процесса с наукой и производством и углубление связей с организациями – заказчиками кадров. На основании имеющихся договоренностей и налаженных партнерских связей с предприятиями сотрудниками кафедры организовывались производственные экскурсии для ребят 2–4-го курсов не только на территории промышленных объектов, но и на места проведения работ по возведению дорожной инфраструктуры и покрытий, путевых работ, связанных с выправкой, подбивкой, рихтовкой и стабилизацией путей, заготовки и производства дорожно-строительных материалов.

Однако стоит отметить, что в процессе реализации мероприятий промышленного туризма, в т. ч. и силами сотрудников кафедры, возникают определенные сложности. Так, белорусские производства лишь начинают включаться в работу в направлении индустриальных экскурсий, к слову, промышленный гигант страны ОАО «БелАЗ» начал принимать туристов лишь с 2015 года. Среди прочего некоторые предприятия по ряду причин (отсутствие разработанных программ проведения, недостаточная материальная база, неимение квалифицированных экскурсоводов по предприятию и т. д.) не имеют заинтересованности в проведении экскурсий. Полноценные туристические туры осуществляются агентствами, и стоимость посещения некоторых производств достаточно высока, что для студентов, имеющих невысокий доход, который составляет в основном стипендия, является отпугивающим фактором. Кроме того, организация экскурсионного тура, по крайней мере, на начальном этапе координации действий с выбранным туроператором, требует дополнительной продолжительной и сравнительно напряженной работы, в т. ч. связанной с оформлением документальной составляющей. Также выше было отмечено, что в большинстве своем, зона посещаемых объектов студентами кафедры ограничивается в основном областным центром, поскольку имеются вопросы организации их доставки до места проведения экскурсии. Зачастую, на основании опыта работы на кафедре, транспортировка осуществляется силами самих студентов, либо при помощи общественного, либо собственного транспорта. Выдача же в распоряжение группы учебным заведением транспорта большой вместимости не всегда представляется возможной.

В итоге можно отметить, что для решения отмеченных особенностей необходимо углублять взаимодействие между учреждениями образования (в лице профессорско-преподавательского состава, деканатов, ректоратов) и предприятиями с подключением к работе специалистов министерств (к примеру, транспорта, промышленности и образования), проводить разработку единых методик организации и проведения индустриального туризма с внесением их в установленные учебные планы структурных подразделений (кафедр, деканатов, факультетов и т. д.), а также налаживание связей между представителями руководства вуза, профсоюзов (в т. ч. студенческих) со специалистами профильных туроператоров или агентств.

В конечном счете дальнейшее внедрение элементов промышленного туризма в образовательный процесс позволит увеличить эффективность взаимодействия вузов и предприятий в сфере подготовки высококвалифицированных специалистов с учетом потребностей экономики области и республики в целом, повысить престиж выбранной специальности и профессии в глазах будущих молодых специалистов и поможет принять им обоснованные решения относительно своих карьерных планов.

Список литературы

- 1 **Емельянов, Б. В.** Экскурсоведение : учеб. / Б. В. Емельянов. – 6-е изд. – М. : Советский спорт, 2009. – 216 с.
- 2 **Никулина, Ю. Н.** Промышленный туризм в системе взаимодействия вузов и предприятий: содержание и перспективы развития : [монография] / Ю. Н. Никулина, Г. В. Струзберг. – М. : Перо, 2020. – 188 с.
- 3 Основные тренды цифровизации высшего образования. Результаты мониторинга информации о тенденциях развития высшего образования в мире и в России / сост. : Л. А. Константинова [и др.]. – М. : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2021. – № 1. – 44 с.
- 4 **Чириков И. С.** Академическое развитие в университетах: опыт зарубежных вузов / И. С. Чириков // Университетское управление: практика и анализ. – 2010. – № 5. – С. 15–23.

КОНКУРСЫ И ОЛИМПИАДЫ ПО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

О. М. ОСТРИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

М. Я. ОСТРИКОВА

ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», г. Гомель

В. О. ОСТРИКОВ

Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, г. Гомель

В настоящее время компьютерное 3D-моделирование представляет большой интерес у той возрастной категории студентов, которая обучается в технических высших учебных заведениях на специальностях транспортного профиля. При этом 3D-моделирование стало неотъемлемой частью образовательного процесса высшей школы в подготовке специалистов конструкторско-технологического направления. Эти факторы позволяют рассматривать организуемые в высших технических учебных заведениях конкурсы и олимпиады по 3D-моделированию как стимулирующий образовательный процесс фактор [1–4].

Конкурсы, олимпиады помогают создавать конкурентную среду, в которой студенты активизируют реализацию своих способностей для достижения наилучшего результата [4]. Для подготовки к соревновательной деятельности конкурсанты, как правило, изучают дополнительный теоретический материал, больше времени, чем это предусмотрено учебными программами, задействуют для отработки навыков пользования программными продуктами. Все это повышает эффективность самостоятельной работы студентов, увеличивает уровень их подготовленности к аудиторным занятиям, так как компьютерное 3D-моделирование в современном техническом образовании является неотъемлемой его частью.

На олимпиадах, как правило, оцениваются навыки студентов как пользователей программными продуктами. В высших учебных заведениях в качестве таких продуктов преимущественно выступают КОМПАС-3D, AutoCAD, Inventor и др. Традиционные задания связаны с построением 3D-моделей деталей по их рабочим чертежам. Геометрическая сложность деталей определяется организаторами олимпиады. Основным контролируемым критерий в определении победителей – точность построения 3D-модели по геометрическим параметрам, заданным на чертеже. Время выполнения задания ограничено. Таким образом, в рамках олимпиад оцениваются приобретенные студентами навыки в построении 3D-моделей сборочных единиц.

В рамках конкурсов возможно оценивание способностей студентов не только в 3D-моделировании, но и в 3D-проектировании, т. е. способностей применения приобретенных навыков пользования программными продуктами в решении конструкторских задач. 3D-проекты, как правило, подразумевают эскизные проекты технических систем с элементами новизны.

Пример элемента представляемого на конкурс 3D-проекта показан на рисунке 1. Элементом новизны представленного на рисунке проекта является то, что в нем используется не четыре двигателя, как в известных конструкциях квадрокоптеров, а один, и вращательный момент на винты передается от этого двигателя посредством ременных передач.

Таким образом, в рамках конкурсов по 3D-моделированию возможна оценка и стимулирование развития в студентах способностей к инженерному творчеству и решению изобретательских задач.

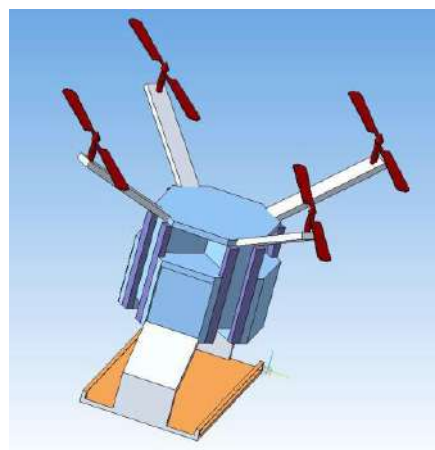


Рисунок 1 – Элемент 3D-проекта летающего робота-официанта – доставщика блюд на подносе (автор проекта В. О. Остриков)

Это, в свою очередь, порождает интерес работодателей, которые охотно участвуют в организации конкурсов в качестве членов конкурсного жюри, спонсоров, предлагают участникам конкурса место работы.

Конкурсы, олимпиады, освещаемые в средствах массовой информации, привлекают внимание абитуриентов к тому высшему учебному заведению, в котором эти мероприятия проводятся. Абитуриенты видят в таком учебном заведении потенциал для своего развития и получения качественного образования.

Таким образом, конкурсы и олимпиады по 3D-моделированию являются достаточно эффективными образовательными технологиями, которые могут быть использованы в высшей школе для повышения качества подготовки специалистов транспортного комплекса. Кроме образовательных конкурсов и олимпиады по 3D-моделированию выполняют еще и профориентационную функцию, создавая университету, в котором они проводятся, привлекательный для абитуриентов имидж.

Список литературы

- 1 Харламов, И. Ф. Педагогика / И. Ф. Харламов. – М. : Гардарики, 1999. – 520 с.
- 2 Харламов, И. Ф. О педагогическом мастерстве, творчестве и новаторстве / И. Ф. Харламов // Педагогика. – 1992. – № 7–8. – С. 11–15.
- 3 Слостенин, В. А. Педагогика: инновационная деятельность / В. А. Слостенин, Л. С. Подымова. – М. : Магистр, 1997. – 224 с.
- 4 Выбор методов обучения / под ред. Ю. К. Бабанского. – М. : Педагогика, 1981. – 176 с.

УДК 378:656

ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

А. П. ПЕТРОВ-РУДАКОВСКИЙ, В. А. ПРОХОРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Текущие глобальные изменения в мире, в экономиках разных стран показывают, что для успешного функционирования транспорта и транспортной инфраструктуры страны важны вложения не только в материальную составляющую данной сферы, но и в человеческий и интеллектуальный потенциал. Это означает, что именно совершенствование системы образования должно являться одной из приоритетных задач политики инновационного и научно-технологического развития государства.

Вопрос качества образования – один из самых актуальных в существовании любой страны, от которого зависит не только интеллектуальный потенциал подрастающего поколения, но и его будущее. Транспортное образование является неотъемлемой частью системы образования и включает все уровни профессионального образования (среднее и высшее образование), дополнительное профессиональное образование и профессиональную подготовку для удовлетворения потребностей населения и транспортной отрасли, кадровую и научную поддержку для реализации запланированных или возможных программ, разрабатываемых на государственном уровне в интересах инновационного и социально-ориентированного развития страны.

Несмотря на то, что после пандемии и из-за политических событий в мире ситуация с нехваткой провозных способностей транспорта не стоит так остро, однако она все еще существует, хотя и не в той степени, в какой это было раньше. Еще одна проблема, которая, вероятно, по-прежнему актуальна для каждой страны, – это нехватка современного транспортного оборудования и технологий. Причем последняя проблема не имеет конечного решения, поскольку чем более высокий уровень развития страны, тем современнее ее технологии, применяемые в числе прочего и в транспортной сфере. Это позволяет таким странам занимать ведущее место на мировой арене, и чем больше таких технологий используется ими сегодня, тем больше у них шансов и на стабильное развитие в среднесрочной перспективе.

Одной из наиболее острых проблем отечественных автотранспортных компаний и предпринимателей остается высокий процент износа транспортных средств, недостаточное количество современных автомобилей и крайне ограниченные возможности по обновлению подвижного состава и попол-

нению автопарка. Это связано с тем, что старые и неконкурентоспособные транспортные средства приводят к потере клиентов на рынке перевозок, к низкому качеству перевозок, срыву сроков доставки по техническим причинам, к низкой эффективности перевозок и увеличению эксплуатационных расходов из-за простоев по техническим причинам, слишком высоких затрат на ремонт, к сокращению годового пробега и использования грузоподъемности и т. д. Кроме того, еще одной из актуальных проблем автотранспорта Республики Беларусь является безопасность движения.

Экологические требования также являются проблемным вопросом использования транспорта как в Республике Беларусь, так и во всем мире, поскольку транспорт является основным мобильным источником загрязнения воздуха.

Все вышеперечисленные проблемы могут быть решены только специалистами, обладающими знаниями и навыками в области различных видов транспорта и транспортных особенностей, соответствующей подготовкой и, что не менее важно, практическим опытом в области транспорта. В развитой рыночной среде сочетание этих компонентов, то есть знаний и практического опыта, является обязательным и очень важным для создания конкурентоспособной среды. На практике большинство компаний сталкиваются с острой нехваткой высококвалифицированных кадров. Данная проблема характерна для всех видов транспорта, и реализация мер по ее решению является предметом масштабных инвестиционных программ и проектов, реализуемых не только на государственном, но и на корпоративном уровне. Соответственно, подготовка специалистов для транспортной отрасли, отвечающих всем необходимым требованиям, должна являться основным направлением этой работы.

Таким образом, основной задачей высших учебных заведений является подготовка необходимого количества квалифицированных и способных адаптироваться к изменяющимся внешним условиям специалистов транспортной сферы.

Расширение и качественное изменение сферы деятельности современного выпускника вуза требует от учебного заведения значительного повышения как качества подготовки, так и возможностей для развития личностных качеств студентов, позволяющих молодому специалисту проявить себя в конкурентной среде.

Для описания высококвалифицированного специалиста определен ряд критериев качества: образование; социализация; индивидуальные качества. Помимо указанных критериев, специалист в области транспорта должен обладать профессиональными качествами, которые включают в себя: знание терминологии, нормативно-правовой базы, особенностей перевозок всех видов грузов всеми видами транспорта; проблем, решений и перспектив транспортной отрасли.

Современный специалист в любой области должен знать не только особенности новых условий, в которых предстоит выполнять работу, но и специфику технологического процесса, который происходит в современном обществе. Для транспортной отрасли нужны компетентные специалисты, способные решать управленческие и производственные задачи, что требует обучения по многоуровневой программе высшего образования, включающей хорошую базовую подготовку.

Очевидно, что современная система образования, действующая на уровне высших учебных заведений, должна обеспечивать формирование общекультурных и профессиональных компетенций.

В современных рыночных условиях, с увеличением объема информации и в условиях развития высокотехнологичных отраслей, конкурентоспособность компании определяется, в частности, такими критериями, как высокопрофессиональный персонал. Стоит отметить, что система обучения выполнена на достаточно высоком уровне с точки зрения теоретической части. При подготовке специалистов используется необходимая материальная база и оборудование, учебно-методическая литература, в том числе отечественные и зарубежные научные достижения. Важным моментом является то, что качество подготовки специалистов во многом определяется дисциплинами, которые они изучают. Важным показателем является наличие практических элементов в образовательном процессе. Молодые специалисты, которые проработали долгое время, могут сделать вывод, что теоретические знания, полученные в ходе обучения, соответствуют требованиям их профессии, но им не хватает практических знаний, таких как требования производства. Основная причина такой ситуации заключается в отрыве образовательного процесса от производства, особенно в вопросах, связанных с экономикой, документооборотом, управлением процессами и т. д.

Высокая профессионально-техническая подготовка и всестороннее развитие специалистов по транспорту оказывают существенное влияние на эффективность транспортного сектора и экономи-

ки в целом, на формирование личности специалиста и, следовательно, приобретают важное экономическое и социальное значение не только в отрасли, но и во всем государстве. Методы, формы и средства, используемые в обучении, определяются содержанием образования и уровнем личностно-го и профессионального развития учащихся.

Практика также играет важную роль в формировании профессиональной компетентности транспортных специалистов в процессе обучения. Программы стажировок должны включать стандартные и индивидуальные задания, ориентированные на формирование практических навыков, которые зависят от потребностей компаний, с которыми заключены контракты на организацию и проведение стажировок.

Текущие глобальные изменения в мире показывают, что сфера образования определяется и подчеркивается многими странами как приоритет в подготовке конкурентоспособных специалистов. При этом уровень развития и использования современных технологий определяется развитием материальной базы, уровнем интеллектуализации общества, способностью производить, усваивать и применять новые знания. Все это тесно связано с уровнем образования в стране.

В завершение стоит отметить, что актуальные проблемы транспортного образования являются важным аспектом развития современного общества. При анализе этой темы стало ясно, что сфера транспортного просвещения сталкивается с рядом серьезных проблем и тревожных тенденций. Поэтому современные проблемы транспортного образования требуют комплексного и многопланового подхода. Развитие людских ресурсов – это первый и ключевой этап, который обеспечит эффективное и устойчивое развитие транспортной отрасли в будущем.

Список литературы

- 1 **Тарасова, Л. А.** Конкурентоспособность работников энергетической системы : факторы формирования, критерии оценки : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Л. А. Тарасова ; Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2007. – 20 с.
- 2 **Гаранин, М. А.** Транспортное образование в мире / М. А. Гаранин // Профессиональное образование и рынок труда. – 2020. – № 3. – С. 61–71.
- 3 **Булавко, В. Г.** Формирование транспортно-логистической системы Республики Беларусь / В. Г. Булавко // Белорусский экономический журнал. – 2017. – № 6. – С. 74–80.
- 4 **Белова, Е. А.** Проблемы подготовки специалистов для транспортной отрасли / Е. А. Белова, В. И. Данилов // Ученые заметки «ТОГУ». – 2013. – Т. 4, № 4. – С. 1480–1484.
- 5 **Шматков, Р. Н.** Основные пути управления качеством транспортного образования / Р. Н. Шматков // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – 2017. – № 4. – С. 24.

УДК 378.1.018.43

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ НА ЗАОЧНОМ ФАКУЛЬТЕТЕ

В. В. ПИГУНОВ, Е. Е. ГРИБОВСКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важное место в подготовке кадров для транспортного и строительного комплексов Республики Беларусь в БелГУТе занимает заочная форма обучения, которая предполагает совмещение учебы с работой. Каждый третий инженер, подготовленный БелГУТом за время его существования, – выпускник заочного факультета. А это почти 18 000 выпускников.

Сегодня заочный факультет – самый большой по численности контингента факультет университета, на котором обучается около 1,5 тыс. студентов по 12 специальностям и специализациям с сокращенным сроком обучения и двум специальностям – с полным сроком.

Для подготовки высококвалифицированных специалистов факультет использует весь потенциал университета. А это около 200 человек профессорско-преподавательского состава; учебные аудитории, лаборатории, кабинеты и современные компьютерные классы, а также научно-техническая библиотека.

Характерной особенностью заочной формы обучения является короткий промежуток пребывания студентов на сессии (до трех недель) и основная самостоятельная работа в межсессионный период.

Образовательный процесс на факультете осуществляют 22 кафедры университета. Профессорско-преподавательским коллективом университета проводится большая работа по отбору и систематизации изучаемого материала, поиску новых форм и методов контроля успеваемости студентов-заочников в период сессий. Особое внимание уделяется их самостоятельной работе, что очень важно при разработке курсовых и дипломных проектов. С целью повышения эффективности работы студентов-заочников они обеспечиваются учебно-методической литературой и квалифицированными консультациями, которые каждая кафедра университета проводит два раза в месяц по субботам, а в сентябре и июне – в каждую субботу. При этом соблюдается правило: все студенты, прибывшие на консультацию в субботу или в любой будний день, должны быть в обязательном порядке проконсультированы преподавателями кафедр.

Преимущественным правом при зачислении на факультет пользуются лица, работающие по профилю выбранной специальности или имеющие среднее специальное образование по ней. Это позволяет набирать наиболее мотивированных к учебе студентов.

В течение учебного года студенты вызываются в университет на лабораторно-экзаменационные сессии.

В начале каждой сессии декан факультета проводит организационное собрание со студентами и совещание с преподавателями, ведущими образовательный процесс на факультете.

В период сессий со студентами проводятся аудиторские занятия, они защищают подготовленные курсовые проекты (работы), выполняют аудиторские контрольные работы, сдают экзамены и зачеты, им выдаются новые задания, излагается методика их выполнения. В межсессионный период студенты выполняют курсовые проекты (работы), самостоятельно прорабатывают курсы, проходят учебные и производственные практики.

На факультете можно получить второе высшее образование, обучаясь последовательно – для тех, кто уже закончил вуз, или параллельно – для студентов старших курсов.

В 2013 году на факультете началась подготовка инженеров по специальности «Промышленное и гражданское строительство» по образовательным программам, интегрированным с образовательными программами среднего специального образования.

А уже через год обучение с сокращенным сроком получения высшего образования проводилось по восьми специальностям. Срок обучения по разным специальностям варьируется от 3 до 4 лет. Использование заочной формы обучения, интегрированной с программами средних специальных учреждений образования, исключает попадание «случайных людей» в университет. Это люди, работающие по специальности, которым для дальнейшего карьерного роста и саморазвития необходимо продолжить обучение. В пользу этого говорит и статистика. Анализ за последние три учебных года показывает, что число отчисляемых студентов заочного факультета имеет тенденцию к снижению. Это свидетельствует об осознанности выбора студентами своей будущей специальности.

Наряду с процессом обучения на факультете ведется воспитательная работа. Специфика заочной формы обучения характеризуется коротким сроком пребывания студентов в вузе (в течение учебного года – две сессии по три недели каждая) и высокой интенсивностью проведения занятий (около 10 академических часов в день). Поэтому воспитательная работа со студентами заочной формы обучения осуществляется преподавателями в ходе образовательного процесса, деканом, заместителем декана и специалистами факультета при посещении аудиторских занятий, в личном порядке в виде беседы, а также при проведении организационных собраний в начале каждой сессии, где студентов знакомят с правовыми нормами ряда законодательных документов и говорится о недопустимости противоправного поведения. По результатам каждого учебного года проводится анкетирование студентов «Преподаватель глазами студента». Таким образом, в цепочке «деканат – преподаватель – студент» мы имеем обратную связь, которая позволяет оперативно реагировать на вопросы, связанные с преподавательской этикой, разрешать конфликтные ситуации.

Дальнейшее развитие заочной формы обучения должно быть направлено на повышение качества подготовки специалистов. Во-первых, необходимо разрабатывать специальные учебно-методические пособия именно для студентов-заочников, учитывая ограниченность аудиторских часов для заочной формы обучения. Во-вторых, необходимо компенсировать ограниченность контакта с преподавателем в межсессионный период, а также возможность контроля за обучением студентов-заочников в период между сессиями. В-третьих, следует учитывать специфику нашего вуза: единственный транспортный вуз в стране, поэтому студенты у нас обучаются со всей страны.

Для этого на факультете проводится работа по внедрению технологий дистанционного обучения. Это, прежде всего, применение кейс-технологий и, конечно, использование электронных технологий обучения: сопровождение аудиторных занятий с помощью мультимедийных комплексов, разработка и внедрение обучающих и контролирующих программ. Должна быть четко выстроена система общения студентов с преподавателями в межсессионный период. Наряду с очными консультациями должны проводиться консультации в формате онлайн для иногородних студентов.

С целью реализации задач по развитию дистанционных образовательных технологий был создан учебный портал факультета, на котором размещены учебные материалы: электронные учебно-методические комплексы дисциплин, электронные курсы лекций, а также дистанционные сетевые курсы по отдельным дисциплинам. В дальнейшем предполагается перевод все большего числа электронных курсов лекций в дистанционные. Учебные комплексы и курсы лекций периодически обновляются.

Внедрение технологий дистанционного обучения позволяет улучшить не только качество обучения, но и обеспечивает большую доступность обучения, способствует контролю знаний студентов, повышает уровень активности студентов в межсессионный период и, как следствие, повышает творческое начало (креативность) в обучении.

УДК 371.26

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ СИСТЕМЫ ТЕСТОВОГО МОНИТОРИНГА ЗНАНИЙ

А. В. ПИГУНОВ, О. В. ХОЛОДИЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современная подготовка студентов в области транспорта в рамках обучения в Белорусском государственном университете транспорта ведется по нескольким направлениям: первая ступень высшего образования (дневная и заочная форма обучения), вторая ступень высшего образования (магистратура) (дневная и заочная форма обучения), повышение квалификации и переподготовка руководителей и специалистов транспортного комплекса. Основными формами итогового контроля знаний по специальным дисциплинам являются зачеты и экзамены.

В обоих случаях студенту предлагается ответить на 2–3 вопроса из теоретического курса и в некоторых случаях необходимо решить задачу.

Данная система имеет как достоинства, так и недостатки. К достоинствам можно отнести возможность живого общения с экзаменатором (лектором), которое позволяет оценить общий уровень подготовки студента, способность логически выстраивать ответ, мыслить самостоятельно, находить ответы на дополнительные вопросы.

Недостатки классического экзамена:

- сложно оценить знания студента по всему курсу, т. к. при выборе билета присутствует элемент везения или невезения;
- субъективный фактор – личные взаимоотношения преподавателя и студента, различия требований у преподавателей;
- низкий уровень взаимозаменяемости преподавателей специальных дисциплин в случае болезни (отсутствия).

В этой ситуации приходится либо переносить экзамен, нарушая график, либо заменять экзаменатора, который не всегда в достаточной мере владеет материалом.

Тестирование позволяет избежать некоторых недостатков. Тестирование студентов может проводиться на разных этапах подготовки студентов: входной, текущий и итоговый контроль. Он позволяет определить уровень подготовки студентов по дисциплинам, необходимым для успешного освоения учебного материала.

Входной контроль проводится по усмотрению лектора и не является обязательным. Текущий контроль проводится по отдельным разделам курса или для защиты лабораторных работ и ограничивается небольшим перечнем вопросов по определенному тематическому разделу.

Текущий контроль удобен для определения оценок за контрольные сроки и способствует реализации систематического подхода в освоении учебного курса студентами.

Итоговое тестирование проводится в качестве замены классического экзамена или зачета и включает в себя вопросы по всем разделам учебного курса.

Внедрение системы компьютерного тестирования позволяет оценивать уровень знаний студента по всем разделам программы курса в полном объеме, проводить объективную оценку знаний, исключив субъективный фактор, анализировать систему подготовки (какие разделы вызывают наибольшие затруднения у студентов) для последующего совершенствования учебного материала.

Современные программы для разработки тестов дают возможность хранения результатов тестирования в отдельном файле, что позволяет проанализировать допущенные ошибки и разрешить спорные вопросы.

Для успешного внедрения в учебный процесс система тестирования должна удовлетворять следующим требованиям:

- полнота: тест должен охватывать весь необходимый материал, оценивать полноту усвоенных обучающимся знаний,

- тест должен включать в себя все ключевые вопросы курса, при этом избегая излишней детализации. Вопросы должны быть составлены таким образом, чтобы в процессе выполнения теста студент мог продемонстрировать понимание учебного материала.

- гибкость: система должна быть сформирована таким образом, чтобы преподаватель в любое время мог внести необходимые изменения в систему (базу данных вопросов теста) с целью актуализации содержащихся в ней данных;

- понятность: задания должны быть составлены таким образом, чтобы не вызывали возможности различных трактовок, неточностей;

- заданное время прохождения теста не должно превышать 1–1,5 ч, т. к. превышение данного лимита приводит к снижению уровня внимательности студента и утомляемости;

- количество вопросов должно быть адекватно времени проведения теста, желательно на каждый вопрос отводить не менее 40–60 с, при этом не ограничивая время ответа на отдельный вопрос, а введя общий лимит. Это связано с особенностями психики студентов: у разных людей различная скорость реакции, что не является свидетельством различия уровня знаний.

Разработка системы тестирования происходит в несколько этапов.

Выбор программного обеспечения для разработки теста. Для этого можно воспользоваться как одной из уже существующих программ, так и разработанной специально под конкретную задачу. Существует большое количество успешно используемых программ для тестирования, как платных, так и бесплатных (Айрен, Testmaker, EasyQuizzy, My TestX, INDIGO, SunRav TestOfficePro, iSpring QuizMaker, AVELife TestGold Studio, eTest и др.).

Использование платных программ имеет смысл, если решение о внедрении системы тестового мониторинга знаний студентов принято на уровне вуза и все кафедры разрабатывают тесты в единой электронной оболочке. На стадии апробации системы тестирования разумнее применять программные продукты, распространяемые бесплатно. Выбранная программа должна обладать следующими свойствами: состоять из тестирующей оболочки и редактора тестов, возможностью установки определенного балла каждому вопросу, возможностью задать несколько верных ответов и поддерживать различные типы вопросов (выбор ответа из списка, ввод ответа вручную с клавиатуры, установка последовательности правильных ответов, установка соответствий ответов, конструирование), установки ограничения теста по времени, возможностью просмотра верных ответов, сохранения результатов теста, вывода информации о результате теста, ограничения паролем запуска и редактирования программы, сохранения результатов тестирования на компьютере.

Разработка базы тестовых заданий. База тестовых заданий разрабатывается руководителем учебного модуля (как правило, он же является лектором и экзаменатором) с привлечением преподавателей, ведущих занятия по данной дисциплине. В первую очередь определяется структура теста: разбивка по разделам учебного материала, количество заданий по каждому разделу, виды заданий с учетом возможностей выбранного программного обеспечения. Затем определяется уровень сложности каждого задания и соответственно определяется количество баллов за каждое правильно выполненное задание. На этом этапе целесообразно создать отдельный файл в любом удобном для пользователей виде (текстовый документ), структурировать материал, провести предварительную оценку созданной базы заданий специалистами.

При подготовке тестовых заданий среди возможных вариантов ответов (правильных и неправильных) не должно быть заведомо нелепых, не относящихся к данной учебной дисциплине. Вопросы должны быть сформулированы четко, корректно, стилистически и грамматически грамотно. Задания не должны допускать различные трактовки, зависеть друг от друга.

Качественно подготовленная база должна содержать всю ключевую информацию по изучаемой дисциплине. Оптимальный тест для итогового контроля знаний должен содержать 50–100 заданий различных форм и видов.

Разработка компьютерного теста. После создания базы заданий разработчики приступают к непосредственной разработке теста. На этом этапе производится наполнение выбранной программной оболочкой заданиями, определение их последовательности. Определяются условия для выполнения теста (время прохождения теста, возможность вернуться к невыполненным заданиям и др.). На стадии разработки определяется круг лиц, которые имеют право административного (разработчики, преподаватели) и пользовательского (студенты) доступа к тесту. Определяются критерии оценки результатов прохождения тестирования. Определяется порядок вывода и хранения данных о результатах тестирования.

Экспертиза и апробация теста. После завершения работы над тестом проводится его экспертиза и апробация. Для экспертизы привлекаются специалисты, знакомые с тематикой теста. Эксперты могут быть как внутренними, так и внешними. Главная цель экспертизы – взглянуть на тест «незамысленным» взглядом и обнаружить неточности и ошибки, ускользнувшие от внимания разработчиков. После экспертизы производится апробация теста. Для апробации теста в условиях вуза наиболее целесообразно привлекать студентов, прошедших обучение по данной дисциплине (как правило, это студенты старших курсов). Это позволяет определить, достаточно ли времени для выполнения теста, уровень сложности заданий, выявить заведомо «неберущиеся» вопросы, вызывающие затруднения в понимании. Для эффективной апробации теста необходимо привлекать достаточное количество людей (желательно не менее 50 человек различного уровня знаний), т. к. это позволяет получить более достоверные статистические данные. По результатам экспертизы и апробации проводится корректировка тестовых заданий и балльная оценка каждого задания.

После выполнения всех перечисленных этапов компьютерный тест может быть внедрён в учебный процесс в качестве метода контроля знаний студентов.

Стоит отметить, что разработка теста для итогового контроля знаний студентов по учебной дисциплине – процесс сложный. Имеет смысл начинать данную работу с разработки контрольных тестов по отдельным разделам курса или для защиты лабораторных работ, которые будут включать в себя небольшой объем вопросов (10–15). В дальнейшем на их основе значительно проще разрабатывать тест по всему учебному курсу, в этой ситуации работа имеет системный характер и снижается риск упустить в тесте ключевые вопросы курса.

Из вышеизложенного следует, что внедрение тестового мониторинга знаний студентов в университете – задача непростая и требует значительных усилий, но вместе с тем позволяет достичь нескольких целей:

- более объективно проводить оценку знаний студентов;
- мотивировать студентов к активизации работы по усвоению учебного материала;
- более активно внедрять дистанционные средства обучения.

Ещё одним немаловажным доводом за внедрение системы тестового мониторинга знаний в университете является общее развитие системы тестирования в различных областях жизни – централизованное тестирование при поступлении в вуз, тестирование при получении прав на управление транспортным средством, разнообразные профессиональные квалификационные тесты. Таким образом, студенты приобретают навык выполнения тестов, что повышает их конкурентоспособность в дальнейшем.

Вместе с тем нельзя ввести компьютерное тестирование по всем дисциплинам. По ряду дисциплин, особенно гуманитарного направления, введение тестового контроля является неприемлемым. Основными навыками, приобретаемыми в рамках изучения данных дисциплин, являются коммуникативные навыки, и именно они могут быть оценены только в результате живого общения с экзаменатором. В этой ситуации тестирование может быть только вспомогательным средством контроля знаний, а основным остаётся устный зачёт и экзамен.

ОПЫТ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ КАФЕДРЫ «ЛОКОМОТИВЫ» К УЧАСТИЮ В МЕЖДУНАРОДНОМ ИНЖЕНЕРНОМ ЧЕМПИОНАТЕ CASE-IN

В. Н. ПОДОЛЬСКАЯ, В. А. ШАПОВАЛОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Согласно Стратегии развития государственной молодежной политики Республики Беларусь до 2030 года, одной из основных задач молодежной политики является создание условий для раскрытия творческого и научного потенциала молодежи [1]. В Белорусском государственном университете транспорта выстроена система привлечения одаренных студентов к научно-исследовательской работе в виде участия в международных и республиканских научно-исследовательских конкурсах и олимпиадах, работе студенческих научных кружков, к участию в студенческих научно-технических конференциях. В рамках данного доклада рассмотрен опыт подготовки студентов кафедры «Локомотивы» к участию в международном инженерном чемпионате CASE-IN.

Международный инженерный чемпионат CASE-IN представляет собой международную систему соревнований по решению инженерных кейсов для школьников, студентов и молодых специалистов. Главная цель чемпионата заключается в выявлении и поддержке талантливых обучающихся, а также в содействии в получении ими практических и профессиональных знаний, опыта и новых компетенций, популяризации инженерно-технического образования и привлечении молодых специалистов в топливно-энергетический и минерально-сырьевой сектор [2]. Студенты Белорусского государственного университета транспорта участвуют в Основном сезоне Студенческой лиги по направлению «Электроэнергетика» и Осеннем кубке чемпионата. Начиная с 2019 года, в CASE-IN приняли участие 85 студентов Белорусского государственного университета транспорта, которые подготовили 29 проектов в сфере инновационного развития электроэнергетической отрасли промышленности и 5 раз представляли БелГУТ в финале чемпионата.

Инженерный кейс содержит описание инженерно-технической задачи, созданной на основе анализа реальной ситуации в отрасли. Обязательной составляющей кейса являются конкретные производственно-финансовые показатели. Характерными признаками метода кейсов являются коллективная выработка решений, многоальтернативность и принципиальное отсутствие единственного решения [2, 3]. Метод кейсов является удобным инструментом при обучении студентов технических специальностей, поскольку многие технические задачи предполагают несколько вариантов решения. Кроме того, решение кейса способствует развитию нелинейного мышления, а именно формированию гибкого подхода у обучаемых к решению практико-ориентированных задач и способности нешаблонно использовать приобретенные технические знания, умения и навыки в различных видах профессиональной деятельности, что полностью соответствует требованиям образовательного стандарта подготовки современного инженера [4].

Для участия в инженерном чемпионате CASE-IN формируются команды по 3–4 человека, в основном из числа студентов профильной специальности «Электроснабжение (по отраслям)», однако хорошие результаты также показывают студенты специальностей «Тяговый состав железнодорожного транспорта (Электрический подвижной состав и метрополитен)», «Техническая эксплуатация погрузочно-разгрузочных, путевых, дорожно-строительных машин и оборудования» и «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте». Некоторые команды включают в свой состав студентов факультета экономики и бизнес-технологий для более полного экономического анализа проекта. Участники сами распределяют роли, которые определяют их зоны ответственности в решении задания. В структуре команды выделяются роли капитана, аналитика и экономиста. Капитан занимается связью с организаторами, управлением решением, а также зачастую является главным генератором идей и движущей силой команды. Аналитик производит поиск и отбор данных для решения, поскольку информация в кейсе не является исчерпывающей, необходимой для анализа. Экономист выполняет экономическое обоснование решения с расчетом всех показателей эффективности проекта. За каждой командой закрепляется наставник из числа профессорско-преподавательского состава кафедры, который помогает в определении направления поиска и производит первичную оценку предложенного решения кейса.

Первым этапом решения является ознакомление с материалами кейса, на что отводится 1–2 дня. Далее команды производят «мозговой штурм» – фиксируют все идеи, возникающие у участников. Из этих идей формируется окончательная концепция решения, производится его техническая проработка и экономическая оценка, а также разрабатывается презентация. Участникам отведено 10 дней на решение кейса, после чего происходит его защита перед экспертной комиссией. В состав комиссии на отборочном этапе в БелГУТе включаются эксперты из числа профессорско-преподавательского состава университета и представителей Белорусской железной дороги. В финальный этап проходит одна команда от университета.

Проанализировав пятилетний опыт участия студентов кафедры «Локомотивы» в инженерном чемпионате CASE-IN, можно отметить следующее. В CASE-IN в основном принимают участие студенты 3–4-х курсов, поскольку они к данному моменту обладают довольно обширной базой знаний и имеют достаточно времени и ресурсов на решение кейса. Из-за этого участие студентов в чемпионате чаще всего является однократным. В результате каждый год Белорусский государственный университет транспорта в финале представляет команда, состоящая из новых людей, которые заново проходят адаптацию к условиям и формату проведения конкурса. Кроме того, часто при формировании команды фактор дружеских взаимоотношений между участниками выходит на первый план по сравнению с их компетенциями. Для повышения системности и улучшения результатов выступления целесообразным является создание костяка команды из студентов старших курсов и привлечение к процессу решения студентов 1–2-х курсов для получения опыта. Такие участники могут внести весомый вклад в решение кейса, как показали выступления на отборочном этапе в БелГУТе команды «Янтарь» (студенты 1-го курса, 2021) и команды «БолтикиTM» (студенты 2-го курса, 2023). Также стоит признать полезным проведение тренинга с участниками по тайм-менеджменту и работе в коллективе, поскольку данные факторы имеют особое значение при решении кейса.

Таким образом, участие в чемпионате способствует реализации творческого потенциала и развитию навыков студентов. В первую очередь – профессиональных (т. н. *hard skills*), что заключается в приобретении новых знаний в процессе решения кейса, взаимодействии с коллегами из других вузов и получении обратной связи от экспертов. Однако немаловажным является и развитие т. н. *soft skills*: публичные выступления, командная работа, делегирование обязанностей, работа с информацией, способность принимать решения, системность мышления, креативность [3]. С точки зрения образовательной деятельности CASE-IN содействует вовлечению студентов в научно-исследовательскую деятельность (с их дальнейшим поступлением в магистратуру – 7 человек), позволяет дополнительно проработать учебный материал в процессе решения, а также определить инновационные пути развития отрасли для их реализации на практике будущими специалистами.

Список литературы

1 О Стратегии развития государственной молодежной политики Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 июня 2021 г. № 349 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100349>. – Дата доступа : 10.10.2023.

2 Международный инженерный чемпионат CASE-IN [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://case-in.ru>. – Дата доступа : 10.10.2023.

3 Сафина, А. А. Возможности применения кейс-метода в процессе обучения студентов технических вузов / А. А. Сафина // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 3. – С. 299–301. – EDN PVVEGR.

4 Рыжова, В. А. Использование кейс-технологии в формировании профессиональных компетенций студентов технического вуза / В. А. Рыжова, А. И. Демченко // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. – 2022. – Т. 16, № 1-2. – С. 83–92. – DOI : 10.31161/1995-0659-2022-16-1-2-83-92. – EDN XWRBWZ.

УДК 371.2

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ С ОТСТАЮЩИМИ СТУДЕНТАМИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ

Ю. А. ПШЕНИЧНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Качество образования во многом зависит от добросовестности выполнения учебной программы студентами. Поэтому воспитание ответственного отношения к учебе у студентов является важной зада-

чей. Один из способов ее решения заключается в эффективной организации преподавателем выполнения студентами зачетных заданий в соответствии с учебной программой и расписанием занятий.

В вычислительном центре университета все персональные компьютеры объединены в локальную компьютерную сеть с выделенными серверами. Системный администратор компьютерной сети после формирования в деканате списков студентов первого курса для каждого студента перед началом учебного года создает учетную запись с именем, состоящим из транслитерированной фамилии студента и трех случайным образом выбранных символов. Так, например, студент с фамилией Сергеев на все годы обучения получает имя пользователя (User name) sergeevhf4. Такое же имя имеет его личная папка. Студенту также выдается пароль (password) из восьми символов. Пароль известен только лично студенту и системному администратору, и никому больше. Эти данные используются студентом для входа в компьютерную сеть в компьютерных классах и в библиотеке, где также установлены компьютеры. При этом студент получает полный доступ к личной папке, которая отображается файловым менеджером как логический диск Z, и доступ для чтения к логическому диску Y, на котором преподаватели выкладывают методические материалы для студентов.

На первом занятии студенты, используя гостевой логин zf, входят на своем компьютере в компьютерную сеть, запускают браузер и открывают почтовый ящик своей электронной почты. Для тех студентов, которые не пользовались электронной почтой, на логическом диске Y в папке с именем подгруппы выложена инструкция по созданию аккаунта для входа почтовый ящик вновь созданной электронной почты.

На электронной доске преподаватель отображает адрес электронной почты, предназначенной для переписки со студентами, и предлагает каждому студенту написать электронное письмо на данный адрес с просьбой прислать его логин и пароль. При этом преподаватель показывает на электронной доске текст основных правил этикета электронной переписки. При получении письма от студента преподаватель высылает ему его логин и пароль.

После этого студент входит в среду компьютерной сети и получает доступ к своей личной папке, в которой он должен сохранять результаты выполнения заданий в виде файлов. В каждом задании указано имя файла, которое студент должен присвоить своему файлу.

После создания учетных записей администратор университетской системы дистанционного образования (СДО) заносит в систему данные студентов первого курса, чтобы посредством введенного логина и пароля студенты получили доступ к учебным курсам по своей специальности. СДО университета размещена в сети Интернет по адресу dist.bsut.by. Работа с СДО осуществляется в любом браузере, запущенном на компьютере в компьютерном классе, библиотеке университета, а также на любом компьютере или смартфоне, подключенном к сети Интернет.

В этой системе автором созданы дистанционные курсы «Информатика С» и «Информатика М», соответствующие рабочим программам дисциплины «Информатика» для студентов строительного и механического факультетов.

В течение семестра из-за пропусков занятий и невыполнения на занятиях планируемых заданий по лабораторным работам, как правило, накапливаются задолженности в виде файлов. Лабораторная работа по информатике включает несколько заданий, результатом выполнения каждого из них должен быть файл, сохраненный в личной папке студента с именем, указанным в описании лабораторной работы. Кроме того, каждое задание является многовариантным.

Преподавателю необходимо иметь удаленный доступ к компьютерной сети университета со своего домашнего компьютера или ноутбука. Такой доступ организует администратор университетской компьютерной сети и позволяет преподавателю заносить новые или обновленные учебные материалы на локальный диск Y, а также в любое время контролировать наполнение личных папок студентов отчетными файлами. При этом преподаватель не имеет прав на изменение этих файлов.

Контроль задолженностей осуществляется также с помощью разработанной автором программы Audit, после запуска которой формируется итоговая таблица с отображением для всех студентов результатов сохранения в личной папке необходимых файлов. Для каждого задания число 1 означает наличие файла, число 0 – его отсутствие. Сформированная программой таблица заносится на логический диск Y и доступна студентам для чтения.

Ликвидация текущей задолженности студентами основывается на возможностях, которые предоставляет локальная компьютерная сеть университета, Интернет и система дистанционного обучения университета. При этом отстающим студентам предоставляется несколько возможностей.

1 Работа в компьютерной аудитории в часы проведения преподавателем консультаций для студентов. К сожалению, этой возможностью пользуется ограниченное число студентов.

2 Самостоятельная работа в читальном зале к. 244, где при предъявлении студенческого билета студенту выделяется компьютер, подключенный к компьютерной сети университета и сети Интернет. При использовании своего логина и пароля студент получает доступ, так же, как и на плановых занятиях, к необходимым программам и приложениям, к личной папке и к логическому диску с учебными материалами, включающими описания лабораторных работ.

3 Самостоятельная работа с использованием домашнего или доступного компьютера. При этом студент должен предварительно скачать файлы описания лабораторных работ на используемый им компьютер с облачного диска по ссылке, которую представляет преподаватель. Кроме того, самостоятельно студент может выполнять задания в среде университетской системы дистанционного образования.

К сожалению, пик ликвидации задолженностей приходится на зачетную неделю и дни подготовки к экзамену, когда семестровые занятия в университете уже закончились. Студенту необходимо довести информацию о правилах экзаменационной сессии. Он должен знать, что при невыполнении всех семестровых заданий по лабораторным работам он зачет не получает. А не получив зачет, он не допускается к экзамену, что означает выставление неудовлетворительной экзаменационной оценки.

Особенностью этого процесса ликвидации задолженностей является то, что студенты, не представившие вовремя файлы с результатами выполнения заданий по информатике, как правило, имеют еще большие задолженности по другим дисциплинам, в первую очередь по математике и начертательной геометрии. Как показал опыт, в этой ситуации является эффективной дистанционная работа преподавателя со студентами посредством электронной почты за счет того, что студенты имеют возможность выполнять задания в вечернее время, и, главное, отправлять их сразу на электронную почту преподавателя.

Исправленные или вновь созданные файлы студенты отправляют на известный им адрес электронной почты. Преподаватель, находясь в онлайн-режиме, увидев на своем домашнем компьютере письмо от студента, анализирует полученный файл и, если задание выполнено правильно, письмом на адрес электронной почты студента сообщает ему, что файл данного задания зачитывается. При этом преподаватель к письму студенту добавляет измененную таблицу задолженностей, чтобы напомнить студенту о невыполненных им заданиях.

Если полученный преподавателем файл содержит ошибки, преподаватель в ответном письме разъясняет студенту, какие исправления необходимо сделать.

К сожалению, некоторые студенты присылают преподавателю файлы, выполненные другими студентами, что считается академическим мошенничеством [1].

Данный подход способствует уменьшению числа студентов, не допущенных к зачету или экзамену, и одновременно способствует воспитанию у студентов ответственности в учебе.

Список литературы

1 Пшеничнов, Ю. А. Профилактика академической недобросовестности студентов / Ю. А. Пшеничнов // Инновационный опыт идеологической, воспитательной и информационной работы в вузе : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 20 мая 2021 г.) / под общ. ред. Г. М. Чайанковой. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 95–98.

УДК 656.256.3.05.:004.94

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ СХЕМ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Ф. Е. САТЫРЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При изучении дисциплины «Диспетчерская централизация» цикл лабораторных работ выполнен с использованием компьютерного моделирования. Целью данного цикла лабораторных работ является изучение принципов функционирования и получение практических навыков анализа микроэлектронных схем аппаратуры ДЦ «Неман».

Компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных схем. Компьютерные модели позволяют проще и удобнее исследовать и анализировать принцип их функционирования.

Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемых функциональных схем.

К основным этапам компьютерного моделирования относятся:

- постановка задачи, определение объекта моделирования;
- разработка концептуальной модели, выявление основных элементов функциональной схемы и элементарных этапов взаимодействия;
- анализ работы как отдельных узлов, так и всей схемы в целом.

Для проведения анализа работы принципиальных схем микросистемных устройств были созданы компьютерные модели, которые дают возможность студентам наглядно проанализировать работу данных схем. Реализовать поставленную задачу наиболее полно позволила универсальность приложения AdobeFlash, с помощью которого можно создавать интерактивные приложения для работы электронных схем.

Программное приложение AdobeFlash CS3 Professional позволило создать программу, способную работать автономно под управлением операционной системы Windows XP или Vista, Seven. Приложение AdobeFlash CS5 Professional – это отраслевой стандарт в области создания динамичных интерактивных приложений. Позволяет работать с векторной, растровой и ограниченно с трёхмерной графикой, а также поддерживает двунаправленную потоковую трансляцию аудио и видео.

Разработанная компьютерная модель принципиальных схем дает возможность для пошагового изучения принципа действия электрических схем, проста в установке и применении, эффективна и универсальна. Компьютерная модель рассчитана на пользователя, обладающего знанием операционной системы Windows.

В ходе работы с компьютерной моделью с пользователем поддерживается диалоговый режим с помощью использования информационных окон.

При запуске компьютерной модели функциональных схем перед пользователем находится рабочее окно (рисунок 1) с названием лабораторной работы, целью и вопросами, предложенными к изучению. На боковой панели присутствуют навигационные кнопки. Кнопки позволяют переходить на соответствующие окна. При нажатии на кнопку «Схема» пользователь переходит в окно, в котором находится принципиальная схема соответствующего устройства. При нажатии на кнопку «Л. р. № 1» боковой панели происходит обратный переход в окно с названием лабораторной работы, целью и вопросами, предложенными к изучению.

После перехода в окно с принципиальной схемой соответствующего устройства при нажатии манипулятором «мышь» на кнопку «Далее» происходит запуск следующей анимации с одновременным описанием работы схемы в пошаговом режиме. При нажатии на кнопку «Назад» происходит возврат предыдущей анимации с одновременным описанием работы схемы. Такой подход к описанию схем дает возможность пользователю при необходимости вернуться на шаг назад или проработать эпизод еще раз, что является необходимым для более четкого восприятия и детальной проработки материала.

Использование данной программы позволит получить наглядную информацию о работе принципиальных схем функциональных узлов изучаемой микропроцессорной системы.

Список литературы

- 1 Adobe Flash CS4+CD. Официальный учебный курс. – М. : Эксмо, 2009. – С. 400.

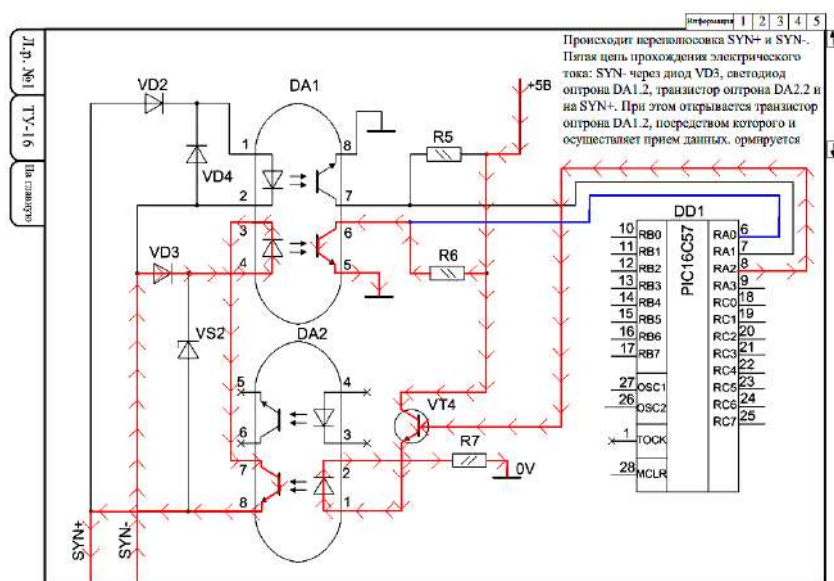


Рисунок 1 – Окно моделирования приемопередатчика блока ТУ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ*О. А. СУХАНОВА**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Вопросы развития, внедрения и оценки образовательных технологий неизменно актуальны в мировом образовательном пространстве. Классическое обучение дополняется цифровыми обучающими технологиями нового поколения, предполагающими свободный доступ к широкому спектру международных образовательных и интеллектуальных ресурсов через гаджеты, дает возможность эффективного усвоения любого материала в индивидуальном темпе, позволяет отрабатывать любые специальные навыки. В условиях жесткой конкуренции и мировой торговли образовательными технологиями обучающие программы требуют постоянной трансформации, диверсификации, глобализации и интеграции в единое образовательное пространство.

Многообразие образовательных технологий и колоссальный доступ к информации порождают проблемы систематизации, обобщения и выбора обучающих стандартов, понимания уровня разработанности и апробации, обоснования единых критериев оценки эффективности и качества электронных дисциплин и ресурсов, адаптации к индивидуальным познавательным возможностям обучающихся, внедрения в существующую образовательную среду, модернизации материально-технической базы вузов, кадрового потенциала, решения правовых проблем по защите интеллектуальной собственности, совершенствования системы повышения квалификации и переподготовки на основе инновационной образовательной практики, а также стимулирования труда педагогических работников [1].

Сегодня предлагаются различные варианты дифференциации образовательных технологий: по признаку актуальности и потенциалу (перспективные, развивающиеся, развитые и устаревшие), по доминирующим функциям в формировании знаний, развитию опыта деятельности и решения креативных задач (когнитивные, активно-деятельностные, гуманистические), по каналам распространения образовательного контента (кейсовые, трансляционные и сетевые модели дистанционного обучения), по способу взаимодействия педагога и студентов. По целевой направленности образовательные технологии можно разделить на академические (повышение качества и результативности обучения), информационно-коммуникативные (степень погруженности обучаемого в цифровой образовательный контент) и профессионально-личностные (формирование у студента профессионально значимых личностных качеств) [2].

Традиционные или интерактивные гуманитарные технологии предполагают главенство педагога при выборе содержания и организации образовательного процесса с применением таких форм обучения, где преобладает непосредственный контакт между преподавателем и студентами, а информационно-коммуникационные технологии используются в качестве дополнительных средств обучения и канала обмена учебной информацией. Примером этой группы образовательных технологий могут являться технологии проектного, модульного и проблемного обучения, технологии командной работы, кейс-технологии, дискурсивные и игровые технологии, технология «перевернутый класс».

Цифровые образовательные технологии предполагают сведение к минимуму или исключение личных контактов, высокий уровень самостоятельности у обучающихся при выборе последовательности и времени усвоения образовательного материала. Возможен вариант совмещения работы и учебы. Основными средствами учебного процесса и каналами передачи учебной информации здесь являются информационно-коммуникационные технологии, позволяющие оперативно собирать и анализировать отраслевые данные. В качестве примера можно привести онлайн-курсы, образовательные Web-технологии, технологии мобильного обучения, электронное портфолио, смарт-технологии и др.

Характерной чертой смешанных, либо гибридных, образовательных технологий является сочетание в различной степени и формах цифровых технологий и гуманитарных. Так, например, при использовании презентаций в аудитории или электронных ресурсов студентами в самостоятельной работе традиционный формат образовательного процесса дополняется цифровым. При реверсивном обучении преподаватель рассылает получателям аудио-, видеолекции, учебные тесты на начальное усвоение темы, а на очном занятии изученный материал практически закрепляется. Цифровые тех-

нологии могут нести на себе основную нагрузку, но консультации, промежуточная или итоговая аттестация академических результатов проводится преподавателем в очном формате.

Важно отметить, что технологизация образовательного процесса в высшей школе невозможна без системной организации всех форм, методов и средств учебной деятельности, что является не простой задачей.

Согласно национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития высшее образование в Республике Беларусь предоставляется в соответствии с запросами общества, быстроменяющимися требованиями инновационной экономики, техники и технологий. Развивается и улучшается система непрерывного образования ввиду принципов устойчивого развития и духовно-нравственных ценностей общества, обеспечивается доступность образования. Организуется опережающая система подготовки кадров на основе целевого заказа, совершенствуется система грантовой поддержки инновационных научных исследований, одаренной и талантливой молодежи, расширяется международное научно-техническое сотрудничество, повышается оснащение современным учебно-лабораторным оборудованием и экспериментальной техникой, совершенствуется система воспитания и идеологической работы [3].

В Беларуси разработана и утверждена Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования до 2025 года, включающая развитие и модернизацию информационно-коммуникационной инфраструктуры системы образования; формирование современного электронного образовательного контента; автоматизацию процессов управления [4]. В вузах появляются новые специальности, новые методики в обучении, охватывающие IT-сферу, повышаются требования к используемому программному обеспечению и оборудованию. Действуют общереспубликанские системы по автоматизированному сбору и обработке статистической информации в сфере образования. С 2018 года реализуется экспериментальный проект «Цифровой университет», в котором участвует 33 учреждения высшего образования.

Ожидается переход к такой модели образования, при которой во главу угла ставится необходимость развития у обучающихся способностей, дающих возможность самостоятельно и творчески усваивать знания, помогающих саморазвитию, умению быстро ориентироваться в новой обстановке, оперативно находить требуемую информацию и принимать успешные решения. При этом формирование таких личностных характеристик, как оценка и ответственность за свои действия, системное мировоззрение, критическое, социально и экологически ориентированное мышление, патриотизм и активная гражданская позиция, является приоритетным.

Список литературы

1 **Курыло, О. В.** Современные образовательные технологии. Курс лекций : учеб.-метод. пособие / О. В. Курыло. – Горки : БГСХА, 2021. – 208 с.

2 **Бордовская, Н. В.** Образовательные технологии в современной высшей школе (анализ отечественных и зарубежных исследований и практик) / Н. В. Бордовская, Е. А. Кошкина, Н. А. Бочкина // Образование и наука. – 2020. – № 22 (6). – С. 137–175. – DOI : org/10.17853/1994-5639-2020-6-137-175

3 Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021-2025 годы: [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Минск, 2019. – Режим доступа : <https://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=P32100292>. – Дата доступа : 21.09.2023.

4 Концепция цифровой трансформации процессов в системе образования Республики Беларусь на 2019-2025 годы: [Электронный ресурс] // Официальный сайт Государственного учреждения образования «Минский городской институт развития образования». – Режим доступа : https://drive.google.com/file/d/1T0v7iQqQ9ZoxO2IIwR_OlhqZ3rjKVqY/view. – Дата доступа : 21.09.2023.

УДК 378.4

ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Н. К. ТУРСУНОВ, С. З. ЮНУСОВ, Ш. П. АЛИМУХАМЕДОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

В переходный период своего развития страны решают назревшие социальные и экономические проблемы не за счет экономии на общеобразовательной и профессиональной школе, а на основе ее опережающего развития, рассматриваемого как вложение средств в будущее страны, в котором

участвуют государство и общество, предприятия и организации, граждане, заинтересованные в качественном образовании.

Диверсификация транспортной отрасли выдвигает новые требования к рабочей силе, особенно к качеству инженерно-технических работников. На сегодняшний день работник должен:

- свободно владеть своей профессией;
- иметь способности к эффективной работе на уровне мировых стандартов;
- должен быть готовым к постоянному профессиональному росту и мобильности;
- должен быть компетентен не только в своей области деятельности, но и смежных областях отрасли.

В подготовке современных конкурентоспособных кадров имеет значение сотрудничество образовательных учреждений с заказчиками кадров. При анализе системы образования было выявлено, что в развитых странах особое внимание уделяется следующему:

- общие квалификационные требования к подготавливаемым кадрам разрабатываются на основе пожеланий и предложений заказчиков;
- использование современного учебно-лабораторного оборудования в организации учебного процесса;
- каждый студент закрепляется за конкретным кадровым заказчиком и все виды стажировок организуются на базе потенциального заказчика кадров;
- проведение практических и лабораторных занятий на базе производственных предприятий;
- темы курсовых и выпускных квалификационных работ студентов выбираются на основе тем, предлагаемых производственными предприятиями;
- для профессорско-преподавательского состава организуются постоянные стажировки на производственных предприятиях.

Для реализации вышеизложенных задач предлагается модель интеграции образования, науки и производства (рисунок 1).



Рисунок 1 – Модель интеграции образования, науки и производства

Рассмотрим влияние каждой составляющей модель стороны треугольника на качество подготавливаемых кадров и эффективность производства и то, как будет влиять интеграция этих составляющих.

Образование – наука: выявление и отбор талантливой молодежи, имеющей склонность к проведению научных исследований. Вовлечение одаренной молодежи в научные исследования и тем самым формирование будущего класса молодых ученых.

Наука – образование: при проведении занятий использовать научно обоснованные результаты и опыт научных исследований. В этом случае предоставление традиционных знаний на основе научных исследований служит расширению объема знаний студентов.

Образование – производство: подготовка кадров (специалистов) с определенными квалификационными требованиями на основе потребностей и предложений производственных предприятий и организаций. При подготовке кадров важное значение имеет закрепление теоретических знаний практическими навыками. Предлагается проводить практические занятия в производственных условиях. То есть студент закрепляет теоретические знания посредством практических навыков.

Производство – образование: в рамках стратегического развития предприятия или организации разрабатываются перспективные планы, в частности потребность в кадрах и общие требования к ним. Производственные предприятия непосредственно участвуют в подготовке специалистов. Формирование профессиональных навыков у студентов путем проведения производственной практики и закрепления за студентами квалифицированных специалистов.

Наука – производство: ориентированность научно-исследовательских институтов на конкретные производственные проблемы повышает экономическую и социальную эффективность производства. За счет целевого использования научного потенциала создается возможность решения существующих производственных проблем и вопросов рационализации. Предлагается организация работы совместной группы, в этом случае появляется возможность прорабатывать существующие проблемы и перспективные стратегии развития. Можно внедрить механизм непосредственного применения в производство результатов научно-исследовательских работ.

Производство – наука: в этой модели производственные предприятия являются главными реформаторами. В этой тройной интеграции образования, науки и производства они должны стать локомотивом и определять качественные требования к подготавливаемым кадрам. Производственные предприятия и организации могут находить решения научных задач за счет привлечения научно-исследовательских учреждений.

Анализ предлагаемой модели интеграции образования, науки и производства показывает, что для полноценного целенаправленного и всестороннего эффективного диалога между этими тремя участниками требуется организовать отдельную площадку. При изучении опыта зарубежных стран подобные площадки в основном организуются в высших учебных заведениях, что очень важно для вуза.

УДК 378:51

СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

С. Н. ХАРЛАП

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из особенностей студенческой жизни является неравномерность учебной нагрузки. В начале семестра абсолютное большинство студентов «раскачивается», к середине – начинает браться за учебу, а в конце семестра и во время сессии начинается «аврал», бессонные ночи, стрессы. Все это влияет не только на здоровье студентов, в том числе на их психологическую устойчивость, но и на качество обучения, т. к. учебный материал, изученный в авральном режиме, имеет свойство быстро забываться.

Уже около десяти лет автором практикуется комплексная система индивидуальной оценки знаний студентов в течение семестра, стимулирующая равномерно работать над выполнением учебной нагрузки. Система базируется на следующих принципах.

1 Ясные и достижимые цели. Целью является итоговая оценка по дисциплине. Причем в отличие от классических «автоматов», которые представляют собой высокие (обычно от восьми до десяти) оценки и выставляются только лучшим студентам за определенные заслуги, в нашем случае речь идет о любой положительной оценке от четырех до десяти, которая выставляется не только за выполнение учебных заданий, но и за то, что эти задания выполняются равномерно в течение семестра. Ограничений на количество «автоматов» нет, в идеале оценки могут получить 100 % студентов.

2 Система штрафов и отсутствие возможности их снятия. В начале семестра всем студентам ставится виртуальная оценка десять, от которой вычитаются штрафные баллы за нарушения графика выполнения учебных заданий. Причем компенсировать эти штрафы досрочным выполнением

заданий невозможно. Таким образом оценка в течение семестра может только уменьшаться и не может увеличиваться. Здесь используется известный психологический прием, что терять морально всегда сложнее, чем приобретать. То есть если человеку сначала что-то дать, а потом по чуть-чуть отбирать, то он с большей вероятностью приложит все силы, чтобы сохранить это в как можно большем объеме, чем если у человека сначала ничего не было, и он по чуть-чуть будет это приобретать.

3 Тестовый контроль знаний. Организация практических и лабораторных занятий организована таким образом, чтобы у каждого студента было время и возможность подготовиться и отчитаться в срок за выполненную работу. Учитывая, что количество студентов в подгруппе может достигать 17–18 человек, а в группе на практических занятиях – 35 человек, то реализовать это возможно только с помощью тестирования, когда опрос можно проводить параллельно у всей группы/подгруппы.

4 Индивидуализация учебных заданий. Учебные задания должны иметь различный уровень сложности, оцениваемый условно от четырех до десяти баллов. Студенты, претендующие на определенную оценку, должны выполнять задания соответствующей сложности. Причем необходимо сохранять возможность изменения сложности заданий в ходе семестра.

5 Формализация и открытость процесса оценивания и начисления штрафов, возможность его мониторинга со стороны студентов. Правила начисления штрафов должны озвучиваться в начале семестра и не должны меняться, даже если была допущена ошибка в формировании критериев оценки. Сам процесс начисления штрафов должен быть прозрачным и допускать постоянный мониторинг со стороны студентов для раннего обнаружения возможных ошибок.

Рассмотрим реализацию этой системы на примере оценки знаний по дисциплине «Автоматизированные системы управления ответственными технологическими процессами», преподаваемой на четвертом курсе для студентов электротехнического факультета специализации «Микропроцессорные информационно-управляющие системы». Дисциплина преподается два семестра, в каждом из которых имеется итоговый экзамен. Поэтому достаточно рассмотреть организацию учебного процесса в первом семестре. В качестве видов учебных занятий оцениваются лекции, лабораторные и практические занятия. Каждый вид занятий оценивается отдельно.

Лекционный материал, за исключением тем, которые в полном объеме оцениваются в рамках лабораторных работ и практических занятий, разбивается на две части (для дисциплин, у которых лекционная нагрузка не превышает 1 час в неделю, разбивать на части не требуется). Для каждой части составляется тест. В нашем случае каждый тест представляет собой массив из нескольких тысяч вопросов, из которого студенту необходимо ответить на 45–50 случайных вопросов за 25–30 минут. Вопросы формулируются так, чтобы исключить дословное повторение определений из учебников, т. е. на понимание темы. При этом автор разрешает пользоваться конспектами, учебниками и пособиями, за исключением электронных носителей, т. е. любыми материалами на бумажном носителе. Опыт показывает, что при ограниченном времени найти ответ можно только если знаешь точно, где он написан, а это как раз один из элементов усвоения материала. Тест выкладывается в общий доступ за несколько недель до сдачи, чтобы у студентов была возможность его опробовать в тренировочном режиме.

Тест сдается на оценку всей группой/подгруппой одновременно. Предоставляется возможность только однократной сдачи теста. Пересдача с целью повышения оценки не допускается.

Выполнение лабораторных работ оценивается по двум показателям: выполнение работы с ее демонстрацией преподавателю и теоретическая защита. Здесь очень важно преподавателю грамотно распределить время занятий, чтобы была возможность уделить равное время на проверку каждому студенту и оставить 5–10 минут на теоретическую защиту в виде теста для всей подгруппы. Это является обязательным условием успешного применения системы. После проверки выполнения работы студент допускается к защите в виде теста. Особенностью защиты является то, что оценивается она качественно (зачет / не зачет), но имеется возможность только одной зачетной попытки в сутки, что стимулирует студентов серьезно готовиться к защите. В нашем случае тест для защиты лабораторных работ представляет собой пять случайных вопросов по теме лабораторной работы, из которых за три минуты надо ответить правильно хотя бы на четыре.

Для каждой лабораторной работы установлены сроки сдачи (обычно следующее занятие). В случае невыполнения этих сроков за каждый день опоздания начисляется штраф. Коэффициенты можно

использовать разные, в нашем случае при прохождении лабораторных работ раз в неделю штраф составляет 0,03 балла в сутки за одну работу.

Для реализации принципа индивидуализации учебных заданий каждую неделю рассчитывается рейтинг студентов, в соответствии с которым они получают новые задания. Тем самым решаются две задачи: соответствие сложности выполняемых работ итоговой оценке и возможность более простой ликвидации отставаний, возникших из-за различных причин, например, болезни.

Для практических занятий дополнительно применяется метод работы в коллективе. Вся группа разбивается на отдельные бригады по три человека, которые получают общее задание. Оценка также является общей для всей бригады.

Таким образом, к концу семестра для каждого студента формируются три оценки, по которым и вычисляется экзаменационная оценка. Весовые коэффициенты при этом могут быть различные.

Достоинством применения системы является в первую очередь создание равномерной загрузки как у студентов, так и у преподавателя в течение семестра. Кроме того, она приучает как студентов, так и преподавателей к дисциплине, умению планировать свою деятельность, выполнять задания к заранее установленному сроку, к ответственности при принятии решений.

К сложностям применения системы можно отнести большой объем подготовительной работы по созданию тестов и большого количества вариантов индивидуальных заданий, достаточно интенсивную работу преподавателя во время занятий. В связи с этим рекомендуется вводить элементы этой системы постепенно, начиная с тестовой защиты отдельных лабораторных работ.

Практика применения этой системы оценки знаний показала, что в рамках системы более 90 % студентов получают ту оценку, которая реально соответствует их знаниям, что признают и сами студенты. Были зафиксированы единичные случаи несогласия с заработанной оценкой и ее передачи по стандартной процедуре. Это позволяет положительно оценить опыт ее применения и рекомендовать более широкому кругу преподавателей.

УДК 37.034

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВОСПИТАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Т. В. ШОРЕЦ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сегодня цифровые технологии прочно вошли во все сферы нашей жизни. Исключением не стала и сфера образования. Фактически уже невозможно представить работу высшего учебного заведения без компьютерного обеспечения управленческой, учебной, научной или воспитательной деятельности, а современного педагога – не владеющим информационными технологиями. Современные цифровые технологии позволяют во многом разнообразить содержание и значительно повысить эффективность обучения. Обусловлено это в первую очередь тем, что цифровизация общественных отношений предопределила создание качественно новой информационной среды социума, которая обеспечивает развитие творческого потенциала каждого человека.

Цифровизация воспитательного процесса представляет собой активное использование современных информационных технологий, в основе которых лежит использование компьютерных средств, образующих комплекс воспитательно-образовательных траекторий, которые способствуют формированию у обучаемых не только умений, навыков и компетенций, соответствующих информационно-технологическому развитию современного общества, но и созданию в их сознании мировоззренческих установок, соответствующих логике развития современной мировой цивилизации, основанной на непрерывном развитии социума.

Внедрение в учебный и воспитательный процесс высших учебных заведений цифровых технологий предоставляет инновационные возможности для широкого внедрения в практическую деятельность педагогов новых методических приемов, позволяющих трансформировать его. Применение информационных технологий позволяет:

- повысить мотивацию обучающихся к самостоятельной поисковой деятельности;
- учитывать в процессе воспитательной деятельности индивидуальные особенности студентов;

– расширить возможности педагога в вопросах поиска информации по применению новых инструментов в организации учебно-воспитательного процесса.

Необходимо отметить, что цифровизация процессов, происходящих в обществе, постепенно приводит к тому, что классические педагогические технологии, в том числе и в воспитательной работе, постепенно теряют свою эффективность.

Отметим, что с каждым годом возрастает необходимость усиления и индивидуализации воспитательной работы со студентами высших учебных заведений, что обусловлено несколькими причинами:

- 1) интенсивным влиянием вневузовской среды на студенческую молодежь;
- 2) размыванием моральных принципов жизни общества;
- 3) низким уровнем мотивации самого современного студента к обучению в вузе.

Так как образование и воспитание являются центральными звеньями в системе, обуславливающей устойчивость общества, уровень его развития и процветание, нормативные документы, регламентирующие стратегию развития образования, ставят перед современной высшей школой задачи повышения эффективности воспитательного воздействия на личность молодого человека, формирование модели выпускника с набором определенных компетенций, внедрение современных технологий и обеспечение разнообразия форм аудиторной и внеаудиторной работы.

Использование цифровых технологий в воспитательном процессе высшего учебного заведения предполагает применение всего потенциала цифровых образовательных ресурсов для достижения поставленных образовательной организацией целей. Использование цифровых технологий в воспитании повышает и стимулирует интерес у студентов, активизирует мыслительную деятельность и способствует повышению эффективности воспитания тех или иных качеств личности молодого человека с помощью интерактивности, способствует наглядному представлению процессов, явлений, сложных для демонстрации в реальности.

Информационные технологии предоставляют студентам возможности для самостоятельного поиска материалов, опубликованных в сети Интернет, для подготовки докладов, рефератов, составления сценариев, помогают в процессе поиска ответов на проблемные вопросы. Они создают основу для развития креативных способностей, формирования общей и информационной культуры. Цифровые технологии предполагают наглядность, доступность, отсутствие больших затрат на оборудование, сокращение временных затрат на подготовку наглядности.

Современные цифровые технологии позволяют организовать работу с обучающимися в различных формах: групповой, коллективной и индивидуальной. Индивидуальная форма предполагает самостоятельное решение студентом поставленных перед ним задач. Использование инструментов цифровизации в образовательном процессе дает возможность существенно обогатить и повысить эффективность воспитательного потенциала. Использование информационно-коммуникационных технологий во время проведения воспитательных мероприятий способствует формированию атмосферы эмоционально-положительного фона, что повышает мотивацию у обучающихся.

Необходимо отметить, что в современном воспитательном процессе информационные технологии не решают всех проблем, они остаются всего лишь многофункциональным техническим средством. Цифровые технологии, в совокупности с правильно подобранными (или спроектированными) технологиями воспитательной работы, создают необходимый уровень качества, вариативности, дифференциации и индивидуализации воспитания.

Систематическая, целенаправленная воспитательная работа с обучающимися с использованием инновационных технологий открывает новые дидактические возможности, связанные с визуализацией материала, его «оживлением», возможностью представить наглядно те явления и процессы, которые невозможно продемонстрировать иными способами. Вследствие этого повышается и качество, наглядность информации, ее содержательное наполнение.

Необходимо отметить, что в воспитательном процессе университета важную роль играют кураторы студенческих групп. В первую очередь речь идет о субъект-субъектных отношениях, которые всегда лежали в основе образовательного процесса. Если контакт «куратор – студент», «преподаватель – студент» состоялся, то нравственно обогащается и тот, и другой.

Сегодня перед кураторами студенческих групп стоит важная задача – наладить каналы связи с субъектами целевых аудиторий образовательного процесса (студенты, их родители, преподаватели, работники деканата, руководство выпускающих кафедр, факультетов, вуза, внешние пользователи)

и поддерживать их в работоспособном и актуальном состоянии. Технологически осуществить это без применения современных информационных технологий невозможно. Именно они должны стать технологической платформой коммуникационного взаимодействия субъектов целевых аудиторий и существенно повысить эффективность работы куратора.

В качестве направлений использования цифровых технологий в работе куратора студенческой группы мы можем выделить следующее:

- организация площадки для периодического онлайн-общения с внешними целевыми аудиториями (работники деканата, руководство выпускающих кафедр, вуза, внешние пользователи);
- организация постоянно действующего канала общения для решения актуальных вопросов с активом группы и индивидуальных проблем студентов с помощью различных мессенджеров (Viber, WhatsApp, Skype);
- формирование информационного банка данных о кураторской группе (сбор портфолио и резюме студентов группы);
- использование возможностей электронных таблиц для статистической обработки численных данных о показателях деятельности кураторской группы;
- использование специализированного программного обеспечения (СПО) для ведения текущего оперативного учета учебных достижений студентов (результаты контрольных сроков, сессий).

Помимо этого, достаточно важным является взаимодействие куратора с родителями студентов. Многие родители не имеют свободного времени для посещения куратора и личной беседы. Вследствие этого широкие возможности для организации взаимодействия с родителями дают именно современные информационно-коммуникационные технологии.

В целом следует отметить, что грамотное использование возможностей, предоставляемых современными цифровыми технологиями, позволит сделать воспитательный процесс более доступным и эффективным, выводя его на качественно новый уровень.

УДК 378

СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛЯХ

А. Э. ЮНИЦКИЙ, А. Ю. КАХАНОВИЧ

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

Анализ технологических тенденций, а также развития мировой и национальных транспортных систем свидетельствует о том, что в настоящее время транспортные комплексы отдельных стран слились в общемировой: логистические цепочки уже давно проложены между жителями всех континентов, при этом средства доставки не только непрерывно совершенствуются в своих классах, но и расширяются в своей номенклатуре. По этим и другим признакам транспортный комплекс попадает под описание термина «система систем» (system of systems, SoS), для которого характерен ряд свойств:

- независимое управление систем-компонентов;
- независимая работа систем-компонентов;
- эмерджентность;
- эволюционное развитие;
- географическая разнесённость [1].

Остановимся на некоторых из них. *Эмерджентность* – это выполнение системой функции, которую не в состоянии обеспечить ни один из её компонентов в отдельности [1]. Для транспортного комплекса её можно сформулировать, например, как «циркуляция ресурсов (человеческих и материальных)». Вместе с тем только лишь железнодорожным или любым другим видом транспорта эту функцию обеспечить в требуемом объёме невозможно, т. к. необходимо взаимодействие с другими составляющими надсистемы (всегда имеются задачи, с которыми в состоянии справиться один вид транспорта, что в то же время не может выполнить другой). Для иных задач транспортное решение и вовсе не предложено либо пока не внедрено. При этом появление (начало внедрения) нового вида транспорта вызывает вопросы о том, где, чем, каким образом он будет загружаться и разгружаться, кем будет эксплуатироваться, обслуживаться и т. д. Каждый контакт новой системы с существую-

щими требует соответствия интерфейсов: уровень пола, ширина дверных проёмов, вместимость/грузоподъёмность и мн. др.

Ещё одна особенность системы систем, которую непременно необходимо учитывать – *независимость систем-компонентов*. Обычно представляется, что компоненты появляются по мере обнаружения в них потребности у целевой системы. В случае транспортного комплекса компоненты могут возникать и исчезать вне зависимости от его потребностей, руководствуясь иными соображениями. Более того, цели систем-компонентов могут дублироваться и выступать конкурентными либо вовсе противоречить друг другу или интересам надсистемы.

В качестве примера можно привести появление в начале 2000-х гг. маршрутных такси на улицах городов и шоссе Беларуси. Стихийно образовавшаяся (главным образом на начальном этапе) децентрализованная сеть маршруток тоже представляет собой систему систем, функционирующую внутри национального транспортного комплекса. Являясь его компонентом, маршрутные такси с ходом времени оказали негативное влияние на заторы в крупных городах и повысили аварийность на дорогах. Кроме того, постепенно они потеснили более мощную по производительности, парку подвижного состава и потенциалу систему рейсового транспорта (муниципального, пригородного и междугородного), сформировавшуюся за десятилетия до этого ещё со времён СССР. В этой связи можно сделать вывод, что по ряду составляющих компонент «маршрутное такси» конфликтует с надсистемой. Вместе с тем, маршрутки появились с целью удовлетворения существующего в системах спроса. Таким образом, перечисленные выше недостатки стали побочным, а не целевым эффектом. Саморегулируемость и оперативность реагирования на изменения позволили/позволяют этому виду транспорта быстро налаживать сообщение с новыми населёнными пунктами или микрорайонами растущих городов, что послужило основным фактором стремительного распространения маршрутных такси за последние 20 лет.

Данный пример описывает ретроспективный взгляд без оценки воздействия на внешние системы и их реакции. Для того, чтобы заранее предвидеть и оценивать влияние изменения, в полной мере использовать его преимущества и нивелировать негативные последствия, а также решать прочие задачи, связанные с созданием сложных систем, в 50-х годах прошлого века начала зарождаться *системная инженерия* (далее – СИ), которая берёт свои истоки из общей теории систем Л. фон Берталанфи. Со временем СИ преобразовалась в междисциплинарный подход, сочетающий в себе также практики технического менеджмента, управления информацией и непосредственно проектирования систем. Вопросы актуальности, эффективности и необходимости внедрения СИ подняли в 1960-х гг. и развивали до середины 80-х гг. XX в. преимущественно под названием «Системотехника». В этот период свой вклад внесли Г. Н. Поваров, Ф. Е. Темников, Ю. И. Черняк, Ф. И. Перегудов, Н. П. Бусленко и др. Их деятельность получила толчок благодаря работам таких зарубежных авторов, как Г. Гуд, Р. Макол, А. Холл, Г. Честнат [2]. Актуальность СИ в различных областях деятельности в том числе обусловлена тем, что указанные учёные являются профильными специалистами в различных отраслях науки: технических, военных, исторических.

Дополнительный аргумент в пользу необходимости применения СИ – возможность структурированного обоснования выбора тех или иных решений, помощь в их принятии. Каждая новая разработка неизбежно сталкивается с неопределённостью (недостаток информации, её переизбыток и т. д.). В этой связи СИ предлагает набор методик, которые шаг за шагом направляют к решению и позволяют обосновать ход его выполнения. Таким образом, можно генерировать опыт, выявлять ошибки до наступления последствий от них. Более того, СИ предоставляет не разрозненные рекомендации, а общий алгоритм ведения всего проекта во взаимодействии с другими его участниками. Это позволяет достигнуть вышеупомянутой эмерджентности, но уже для самого подхода к проектированию как системы процессов и результатов.

Последние взгляды и проверенные практики СИ в настоящее время объединяются в свод знаний *Systems Engineering Handbook*, издаваемый Международным советом по системной инженерии (INCOSE). Также разработан и обновляется ряд стандартов по СИ. Эффективность использования СИ подтверждается тем, что в зарубежных университетах, в том числе транспортных, она выделена в отдельную дисциплину; в ряде российских (МФТИ, УрФУ и др.) проводится обучение по данному предмету и осуществляется выпуск системных инженеров. Вместе с тем в Беларуси СИ не представлена как дисциплина в образовательных учреждениях, а читается лишь в единичных случаях в рамках частных курсов повышения квалификации [3].

В своей деятельности научно-инжиниринговая компания ЗАО «Струнные технологии» (Минск, Республика Беларусь) ежедневно сталкивается с задачами, требующими системного подхода в своих решениях – формирует новую транспортную систему на основе запатентованной технологии белорусского учёного, инженера и изобретателя А. Э. Юницкого [4]. Компетентные специалисты ежедневно убеждаются в необходимости анализа требований, функционального моделирования и постоянного анализа рисков и взаимосвязей и т. д. В этой связи в компании внедряется комплексный подход, предлагаемый СИ. С учётом практики применения в деятельности ЗАО «Струнные технологии», одним из проблемных моментов на пути масштабирования СИ и его более эффективного использования в целом является отсутствие в стране заранее подготовленных специалистов по данному направлению: для любого инструмента необходимы люди, которые знают, как им пользоваться и, главное, зачем.

Предполагается, что в условиях непрерывного рабочего (производственного) процесса обучение СИ не может быть в той же мере полным и последовательным, как в стенах учебного заведения. В этой связи особенно актуальной и целесообразной представляется возможность дополнения учебных программ отечественных технических вузов практиками и дисциплинами СИ. Это позволит привить специалистам навыки использования комплексного подхода в различных процессах, повысить уровень подготовки инженерно-технических кадров в целом для нужд как отдельно взятой транспортной отрасли, так и национальной экономики в целом.

Список литературы

- 1 **Hirshorn, S.** NASA Systems Engineering Handbook / S. Hirshorn. – Washington, 2016. – 287 p.
- 2 Заметки о системной инженерии в СССР [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://incose-rus.weebly.com/notes_on_systems_engineering_in_ussr.html. – Дата доступа : 29.08.2023.
- 3 Системная инженерия для технических специалистов и менеджеров с инженерным прошлым [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://hardsoftskills.by/system_engineering. – Дата доступа : 19.08.2023.
- 4 **Юницкий, А. Э.** Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А. Э. Юницкий. – Силакрогс: PNB Print, 2019. – 576 с.

УДК 37.031:004.92

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

О. И. ЯКОВЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Формирование принципиально новой технологической среды предприятий транспортной отрасли требует притока квалифицированных специалистов, владеющих современными инженерно-техническими знаниями и передовыми производственными технологиями, понимающих тенденции развития транспортной сферы, обладающих творческим мышлением и инновационной активностью.

Задачи, стоящие перед современным образованием в сфере транспорта, определяются технологической трансформацией транспортной отрасли, цифровизацией, критическими изменениями в научно-технологической сфере, структуре рынка труда, основанными на IT-решениях, кардинальными сдвигами в подходах к организации образовательного процесса и новых образовательных технологиях.

Основной целью высшего образования является подготовка квалифицированного специалиста, способного к эффективной профессиональной работе по специальности и конкурентного на рынке труда. Необходимо не только выпустить специалиста, получившего подготовку высокого уровня, но и включить его уже на стадии обучения в освоение новых технологий, адаптировать к условиям производственной среды транспортного комплекса.

Применение информационно-коммуникационных технологий с целью повышения качества образования является приоритетным направлением. Это поможет студенту быстрее адаптироваться в современном обществе, развиваться и соответствовать требованиям времени. Если изменяется общество, принципы и приемы работы предприятий становятся более технологически совершенными, то и реформирование образования должно быть нацелено на то, чтобы соответствовать требованиям современного индустриального общества [1].

В современных условиях быстроразвивающихся информационно-коммуникационных технологий к числу инновационных образовательных технологий целесообразно отнести и технологии трехмерного моделирования. Трехмерное моделирование в настоящее время является основой современного машиностроения, станкостроения, строительства и других отраслей промышленности. Технологии

трехмерного моделирования позволяют инженерам создавать сложные 3D-модели, которые ранее было трудно или невозможно воспроизвести на бумаге.

Умение работать в трехмерном пространстве – одно из требований современных работодателей, когда речь заходит о конструкторской работе.

Для технического университета актуальным является совершенствование обучения дисциплинам, обеспечивающим графическую подготовку студентов. К таким дисциплинам относится «Инженерная графика», которая ставит перед собой задачи одновременного развития у обучаемых таких видов мышления, как пространственное, конструктивное, геометрическое, алгоритмическое.

Методологической основой классического курса инженерной графики является метод проекций. Трехмерный объект замещается двухмерными плоскостными изображениями – проекциями. Далее происходит двухмерное преобразование проекций для решения геометрических задач, и затем синтез пространственной модели в форме ее плоского изображения [2]. При данном подходе представление пространственных образов и оперирование этими образами в процессе решения задач вызывает у студентов затруднения, обусловленные психологическими особенностями визуализации информации, восприятия пространства, особенностями запоминания образов.

Инженерная графика является неотъемлемой частью процесса проектирования и ключевым инструментом при создании новых изделий и конструкций. В современном проектировании наблюдаются новые тенденции и методы, которые существенно изменили подход к использованию и развитию инженерной графики.

Новые тенденции в инженерной графике включают применение виртуальной и дополненной реальности. Виртуальная реальность позволяет взаимодействовать со своими моделями в трехмерном пространстве, обеспечивая лучшее понимание масштабов и пропорций объектов.

Современные CAD (Computer-Aided Design) системы позволяют студентам создавать и редактировать 2D- и 3D-модели с использованием компьютера. Это дает возможность разрабатывать и просматривать проекты в разных масштабах, делать точные измерения и проводить анализ различных параметров.

С целью совершенствования графической подготовки при изучении курса «Инженерная графика» используется программная система Autodesk Inventor Professional, которая предназначена для проектирования деталей и сборок в трёхмерном пространстве. Использовать программу можно для проектирования практически любых элементов и деталей. Помимо создания параметрических твердотельных моделей, программа обеспечивает возможность: оформления конструкторской документации по ЕСКД; получения видов, сечений и разрезов моделей; оформления сборочных чертежей и т. д. С программой взаимодействуют приложения, обеспечивающие обмен и управление данными, анализ движущихся частей.

Использование трехмерного моделирования позволяет студентам создать визуальный образ объекта, использовать цвет, анимацию. Умение анализировать ортогональный чертеж геометрического объекта, расчленив его сложную форму на простые составляющие геометрические тела позволяет легко переходить от трехмерных моделей к плоским чертежам, при этом значительно упрощая процесс редактирования чертежей.

Информация, представленная в визуальной форме, воспринимается легче, при этом сложные информационные структуры и взаимосвязи осознаются за более короткий промежуток времени, в большем объёме и с меньшими искажениями. Сам процесс моделирования весьма увлекателен и дает студентам важные навыки грамотного проектирования любого объекта. Выполненная в трехмерном пространстве модель является цифровым аналогом проектируемого объекта. В процессе моделирования студент в полной мере овладевает тонкостями конструирования.

Включение трехмерных средств визуализации в обучающий процесс открывает совершенно новые возможности: трехмерная модель позволяет рассмотреть любой учебный объект со всех сторон, минимизировать ошибки его моделирования, получить максимально полное представление об объекте, а также заменить дорогостоящее учебное оборудование на его виртуальную трехмерную модель [3].

Необходимо не только выпустить специалиста, получившего подготовку высокого уровня, но и включить его уже на стадии обучения в освоение новых технологий, адаптировать к условиям конкретной производственной среды. Реализации этих приоритетных требований способствует применение в образовательном процессе инновационных методов.

В заключение следует отметить, что применение инновационных образовательных методов связано с повышением эффективности обучения. И направлено на следующий результат: в условиях инновационного образовательного пространства подготовить высококвалифицированных специалистов транспортного комплекса, имеющих фундаментальные и прикладные знания, способных

успешно осваивать новые профессиональные и управленческие области, гибко и динамично реагировать на изменяющиеся социально-экономические условия в современном обществе.

Тенденция развития образования в современных условиях требует быстрого реагирования на современные направления развития транспортной системы и спроса на новые специальности.

Список литературы

1 **Кажиакпарова, Ж. С.** Тенденции развития современного образовательного процесса / Ж. С. Кажиакпарова // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 7. – С. 64–66.

2 **Кузнецова, Н. Н.** Переход к новым образовательным технологиям по дисциплине «Инженерная графика» для обучения студентов факультета перерабатывающих технологий / Н. Н. Кузнецова // Инновационные технологии в учебном процессе как ресурс повышения уровня подготовки специалистов : сб. тез. межфакультетской учеб.-метод. конф., Краснодар : ФГБОУ ВПО КубГАУ, 2013. – С. 337–340.

3 **Хейфец, А. Л.** Концепции нового учебного курса «Теоретические основы 3D-компьютерного геометрического моделирования» / А. Л. Хейфец // Проблемы геометрического моделирования в автоматизированном проектировании и производстве: сб. материалов 1-й Междунар. науч. конф. / под ред. В. И. Якунина. – М. : МГИУ. 2008. – С. 373–377.

УДК 331

ОСОБЕННОСТИ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Н. В. ЯШКОВА

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения, г. Нижний Новгород,
Российская Федерация*

В современных условиях развития железнодорожного транспорта остро встает вопрос внедрения эффективной кадровой политики.

Кадровая политика – совокупность целей и принципов, которые определяют направление и содержание работы с персоналом. Через кадровую политику осуществляется реализация целей и задач управления человеческими ресурсами, поэтому её считают ядром системы работы с человеческими ресурсами. В настоящее время кадровая политика предприятий железнодорожного транспорта имеет несколько направлений. Они представлены на рисунке 1.

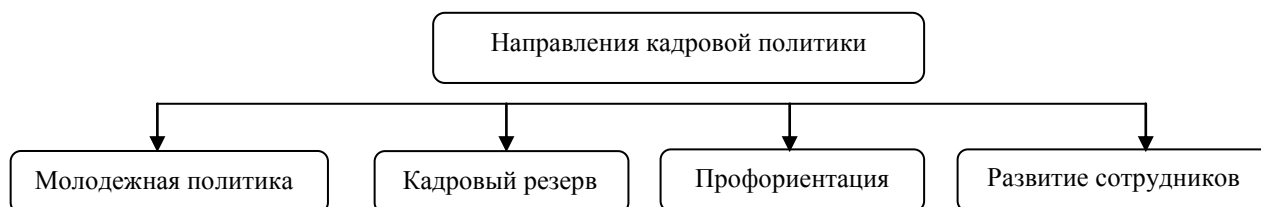


Рисунок 1 – Направления кадровой политики

На текущий момент в компании трудоустроено около 295 000 молодых работников в возрасте до 35 лет, что составляет примерно 40 % от общей численности персонала ОАО «РЖД».

В настоящее время трудовой коллектив компании в основном представлен поколением X и Y. На их долю приходится 96,8 % всего коллектива. У каждого из этих поколений свои требования к работодателям. Сравнительная характеристика поколений представлена в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика поколений X и Y

Критерии сравнения	Поколение X (1965–1980 г. р.)	Поколение Y (1981–1996 г. р.)
Профессиональная потребность	Опасаются потери работы, активно продвигаются по карьерной лестнице, отличаются своими лидерскими качествами. Они понимают, как правильно организовать свое рабочее пространство и подобрать необходимых исполнителей, чтобы своевременно выполнять задачи для достижения поставленных целей	Признание заслуг, которое определяет уровень их удовлетворенности компаний
Условия труда	Фиксированный режим работы для того, чтобы они могли грамотно распределять время на построение карьеры и семью	Гибкий график работы, комфортная рабочая обстановка, четко определенные карьерные траектории и стремительный карьерный рост

Одним из направлений кадровой политики железнодорожной отрасли является профориентационная работа, которая проводится на малых магистралях – детских железных дорогах.

Малая магистраль – это важная ступень в профориентационной системе компании. По статистическим данным более половины выпускников детских железных дорог выбирают железнодорожные специальности и продолжают свое обучение в профильных техникумах и вузах.

Всего в стране создано и функционирует 25 детских железных дорог. На детских железных дорогах открываются технопарки «Кванториумы». В настоящее время открыто 6 технопарков.

Мы считаем, что одним из направлений кадровой политики ОАО «РЖД» должно стать взаимодействие с профильными учебными заведениями в плане развития научного потенциала и исследовательской деятельности будущих выпускников. Это эффективно реализуется путем создания совместных студенческих бизнес-инкубаторов. На базе ряда учебных заведений созданы данные научные объединения. В научное объединение входят, как правило, студенты старших курсов, обучающиеся по программам высшего образования. Участники студенческого бизнес-инкубатора делятся на группы – команды по сфере научных интересов. За каждой командой закрепляется научный руководитель со стороны учебного заведения и куратор со стороны железной дороги. Участники студенческого бизнес-инкубатора разрабатывают проекты по актуальным для железной дороги проектам. Для повышения эффективности научной деятельности данного образования проводятся рабочие встречи с представителями железнодорожных предприятий. Раз в год проходят отчетные сессии, на которых студенты представляют свои проекты и получают рекомендации по дальнейшей работе над проектами.

Для развития научного потенциала сотрудников ОАО «РЖД» проводит ежегодный конкурс «Новое звено». Конкурс «Новое звено» – это уникальная возможность представить руководству холдинга «РЖД» проекты с новыми инженерными и управленческими решениями, способствовать повышению эффективности ОАО «РЖД», а также развить личные и профессиональные качества. За 13 лет существования данного конкурса в нем приняли участие 32800 участников, было представлено 16 тыс. проектов.

Достаточно эффективным направлением кадровой политики ОАО «РЖД» является целевая программа «Молодёжь ОАО «РЖД» (2021–2025 гг.)», которая утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 15 декабря 2020 г. № 2767 [1].

Основные цели молодежной политики, на которые ориентирована целевая программа «Молодёжь ОАО «РЖД», представлены на рисунке 2 [1].

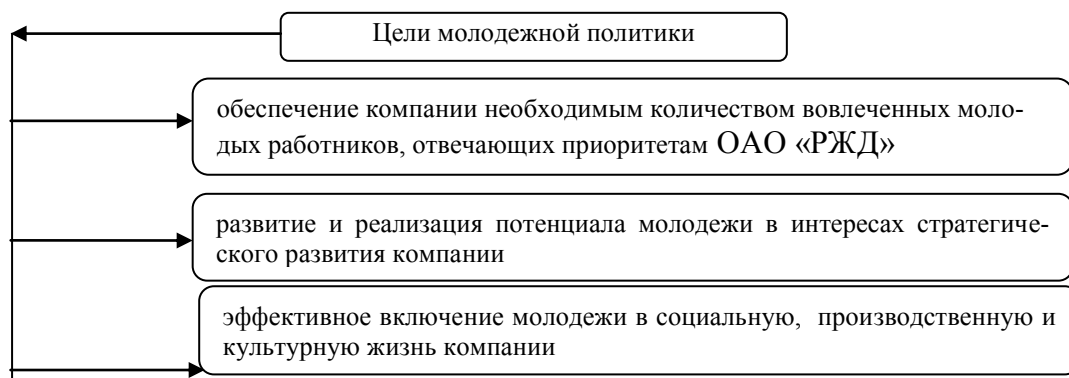


Рисунок 2 – Цели молодежной политики

Рассмотренная кадровая политика оказывает большое положительное влияние на кадровый потенциал компании. По нашему мнению, к нему относятся сокращение периода адаптации сотрудников, формирование лояльности персонала, улучшение кадровой безопасности, повышение сплоченности коллектива.

Список литературы

1 Целевая программа «Молодёжь ОАО «РЖД» (2021–2025 гг.)» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 15 декабря 2020 г. № 2767.

2 **Ожгова, Е. М.** Теория поколений Н. Хоува и В. Штрауса. Возможности практического применения / Е. М. Ожгова // Бизнес-образование в экономике. – № 1. – С. 94–97.

10 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИСКИХ ПЕРЕВОЗОК





УДК 656.3.03:004.087.5

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСКОНТАКТНОЙ СМАРТ-КАРТЫ ISTANBULKART ДЛЯ ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА НА ГОРОДСКОМ РЕЛЬСОВОМ ТРАНСПОРТЕ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА СТАМБУЛА (ТУРЕЦКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Т. А. ВЛАСЮК, А. Н. БЕЛОУС, Л. А. ГОНЧАРОВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С 2009 г. оплата проезда на муниципальном общественном транспорте г. Стамбула (метрополитене, трамвае, канатной дороге и фуникулёре) производится при помощи бесконтактной смарт-карты Istanbulkart – единого универсального проездного билета (таблица 1).

Таблица 1 – Краткая характеристика технологических особенностей бесконтактной оплаты проезда смарт-картой Istanbulkart

Внешний вид карты	Персонализированные типы Istanbulkart	Краткая характеристика	Платежные приложения	Совмещение с международными стандартами
	Обычная (ANONİM istanbulkart)	Анонимная карта (полная тарификация проезда)	Google Play Play Pass Play Points	<u>ISO / IEC 7816,</u> <u>ISO / IEC 14443</u>
	Синяя карта (MAVİ Kart)	Ежемесячный абонемент на 180 поездок		
	Льготная карта (İNDİRİMLİ istanbulkart)	Льготный проезд для студентов, учителей, пенсионеров старше 60 лет		
	Социальная карта для бесплатного проезда (ÜCRETSİZ istanbulkart)	Бесплатный проезд инвалидов, пожилых людей старше 65 лет госслужащих при исполнении		

Смарт-карта Istanbulkart создана с использованием технологии DESFire от NXP, что позволяет при оплате проезда поднести ее к бесконтактному считывающему устройству на расстоянии до 8 см во время посадки в транспортное средство или на турникетах станций / пассажирских платформ (рисунок 1).



Рисунок 1 – Турникеты зоны контроля на пассажирской платформе трамвайного сообщения

ет пассажирам обеспечить экономию расходов на транспорт и свободное передвижение в пределах города. Приобретение смарт-карты возможно в мобильных билетоматах, установленных в общественном транспорте (трамвае или в поездах), сразу после посадки за наличные и безналичные средства с помощью карт PayPass или городских карт, действующих в данном городе (рисунок 2).

Сегодня технология DESFire от NXP является одной из наиболее распространенных на рынке бесконтактных технологий, применяемых на общественном транспорте и обеспечивающих продажу билетов. Благодаря всесторонней программе лицензирования данная технологическая платформа доступна в различных форм-факторах, включая встраиваемые элементы безопасности. Необходимо отметить, что NFC оснащены многие современные смартфоны и банковские карты, что создает комфортные условия для пассажиров, пользующихся данным видом оплаты проезда. При этом нет необходимости отдельно активировать билет на специальном экране. Пассажирам достаточно один раз поднести телефон с купленным в приложении билетом к любому турникету, что экономит около 10 с за один проход, а это в среднем до 2,5 ч в год [3].

Краткая характеристика смарт-карты Istanbulkart доступа DESFire приведена в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Краткая характеристика смарт-карты Istanbulkart доступа DESFire

Показатель	Значение
Рабочая частота	13,56 MHz
Тип микросхемы	MIFARE® MF3 IC D81
Дистанция считывания	до 10 см
Скорость передачи данных	106 kbit/s, 212 kbit/s, 424 kbit/s, 848 kbit/s
Память (EEPROM)	4 КБ

Следует отметить, что при использовании смарт-карты Istanbulkart нет необходимости прикасаться картой к считывателю при ее нахождении в сумке или кошельке, что ускоряет процесс оплаты. Устройство считывает сигнал и подтверждает оплату тарифа специальным звуковым сигналом и зеленым светодиодом, а также показывает сумму платежа и оставшиеся на карте денежные средства. В случае их недостаточного количества устройство чтения карт отображает на дисплее предупреждение «Yetersiz Bakiye» (депозит недостаточен), сопровождаемое звуковым сигналом [1, 2].

Применение Istanbulkart позволя-



Рисунок 2 – Автоматы по продаже Istanbulkart

Таким образом, выполненный анализ показал, что бесконтактная технология DESFire от NXP является актуальной, востребованной и обеспечивает комфортные условия для поездки пассажиров, пользующихся городским рельсовым транспортом в Стамбуле. При этом данная система отличается надежностью и скоростным режимом выполнения платежных операций, что подтверждается ежегодным приобретением более 75 % электронных билетов для общественного транспорта в Стамбуле.

Список литературы

- 1 Проездной Istanbulkart – где купить и как пополнять [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mystanbul-life.info/1713-proezdnoj-istanbulkart-v-stambule/>. – Дата доступа : 02.10.2023.
- 2 Istanbulkart и оплата проезда в Стамбуле [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://turktrip.ru/stambul/transport/istanbulkart-oplata-proezda>. – Дата доступа : 02.10.2023.
- 3 Новостной портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.news.lt/Tekhnologii-i-bezopasnost/NXP-predstavila-NFC-sistemu-prodazhi-biletov-dlya-mobilnykh-ustroystv.im>. – Дата доступа : 01.10.2023.
- 4 Системы безопасности US-PLAST [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://us-plast.ru/product/mifare-desfire-ev1-4k-7b-uid/>. – Дата доступа : 01.10.2023.

УДК 656.025.2:004.942

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA ДЛЯ АНАЛИЗА ПАССАЖИРОПОТОКОВ В АГЛОМЕРАЦИИ

Т. А. ВЛАСЮК, И. И. СОСНОВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Для исследования пассажиропотоков в агломерации помимо классических математических моделей Ланкастера, Э. Каппа, П. Энгельмейера и др. также может быть рассмотрена возможность использования современного аппаратного и программного обеспечения компьютерных систем. Математические программные пакеты на основе языка программирования Python (Pandas – для анализа данных; NumPy – углублённых расчетов и Matplotlib – для визуализации) позволяют анализировать большое количество данных за короткое время, что даёт возможность исследовать пассажиропоток в городской агломерации на основе технологии Big Data и искусственного интеллекта. Сбор и последующая обработка с использованием специальных алгоритмов и прикладных программ многомерных массивов исходных данных, связанных с пассажиропотоком, например количество проданных билетов в кассах железнодорожных вокзалов или через мобильные приложения, а также анализ социальных сетей может предоставить полезную информацию для управления и прогнозирования пассажиропотока на железнодорожном транспорте в агломерации.

Для примера рассмотрим простейшую агломерацию крупного города для моделирования и оптимизации ее транспортной инфраструктуры на основании исходных данных пассажиропотока (рисунки 1).

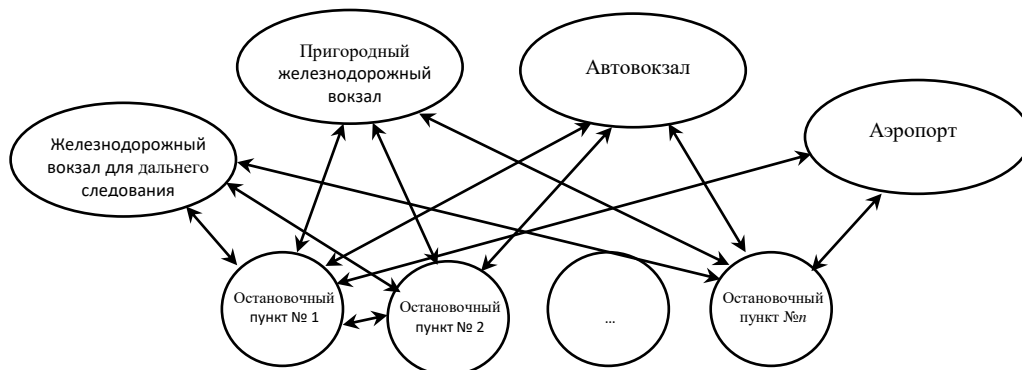


Рисунок 1 – Схема получения массива данных Big Data для моделирования и оптимизации транспортной инфраструктуры агломерации

В любом объектно ориентированном языке программирования можно создать класс, который в нашем случае будет соответствовать изучаемому объекту: вокзалам, остановочным пунктам и т. д. Каждый класс характеризуется набором свойств из числовых и других характеристик, которые описывают конкретный его объект. Например, в свойства класса «Остановочный пункт» могут входить название остановочного пункта, расстояния до ближайших остановочных пунктов или вокзалов и т. п.

На рисунке 2 представлены свойства класса «Остановочный пункт» на языке программирования Python [1].

```
class StopPoint:
    def __init__(selfsp, name, distances1, distances2, quantity_m):
        selfsp.name = name
        selfsp.distances1 = distances1
        selfsp.distances2 = distances2
        selfsp.quantity_m = quantity_m
```

Рисунок 2 – Свойства класса «Остановочный пункт» на языке программирования Python

Подобных классов может быть создано достаточно большое количество, которое позволит обрабатывать многомерные массивы данных по пассажиропотокам, обладающих высокой дифференциацией и приводящей к бифуркационным процессам [2]:

$$P^f(f) = \sum_{ij} f_{ij} \ln \left(\frac{f_{ij}}{v_{ij}} \right), \quad f = \{f_{ij} | i, j \in R\},$$

где f_{ij} – количество аттракторов, находящихся в состояниях (i, j) ; v_{ij} – приоритетные, наиболее вероятные значения f_{ij} .

Таким образом, применение технологии Big Data с использованием пакета Pandas обеспечивает «очистку» массива исходных данных пассажиропотоков от лишней информации и его структурирование, исходя из доступа к постоянно меняющимся данным, а также установить закономерности их формирования на основе предпочтений пассажиров. Применение библиотеки NumPy и Matplotlib позволяет выполнить результативные расчеты и представить их в виде диаграмм и графиков, что визуализирует разнообразие готовых современных программных решений и позволяет в дальнейшем получать оптимальные управленческие решения.

Список литературы

- 1 Маккинни, У. Python и анализ данных: Первичная обработка данных с применением pandas, NumPy и Jupiter / У. Маккинни ; пер. с англ. А. А. Слинкина. – 3-е изд. – М. : МК Пресс, 2023. – 536 с.
- 2 Власюк, Т. А. Железнодорожный пассажирский транспорт в территориальной структуре городов-центров и их спутников в Республике Беларусь (ретроспективный анализ и перспектива развития) : [монография] / Т. А. Власюк. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 230 с.

УДК 656.224.072

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПАССАЖИРСКОГО СООБЩЕНИЯ В КНР В ДЕНЬ ХОЛОСТЯКА И «ФЕСТИВАЛЬ ПОКУПОК»

Т. А. ВЛАСЮК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ЦЗЭН СЯНЬФЭН

*Гуанчжоуский профессионально-технический колледж железнодорожного транспорта,
Китайская Народная Республика*

Я. В. ЖИТНИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С 11 ноября 1993 года в Китайской Народной Республике отмечается День холостяка, в который, как и в любой другой праздник, принято дарить и получать подарки. В связи с этим торговые

центры и онлайн-площадки в этот день организуют распродажи с выгодными предложениями для населения. В последние годы эта традиция переросла в тенденцию, и китайские торговые центры и онлайн-ритейлеры 11 ноября организуют масштабные распродажи [1]. Например, компания «Alibaba», впервые организовавшая фестиваль в 2009 году, ежегодно предлагает свыше 17 миллионов выгодных предложений в 7 тысячах категорий для более чем 1 миллиарда активных покупателей онлайн-платформ Tmall и Taobao [1].

На рисунке 1 приведена динамика роста онлайн-покупателей в Китае с 2011 по 2021 год [2].

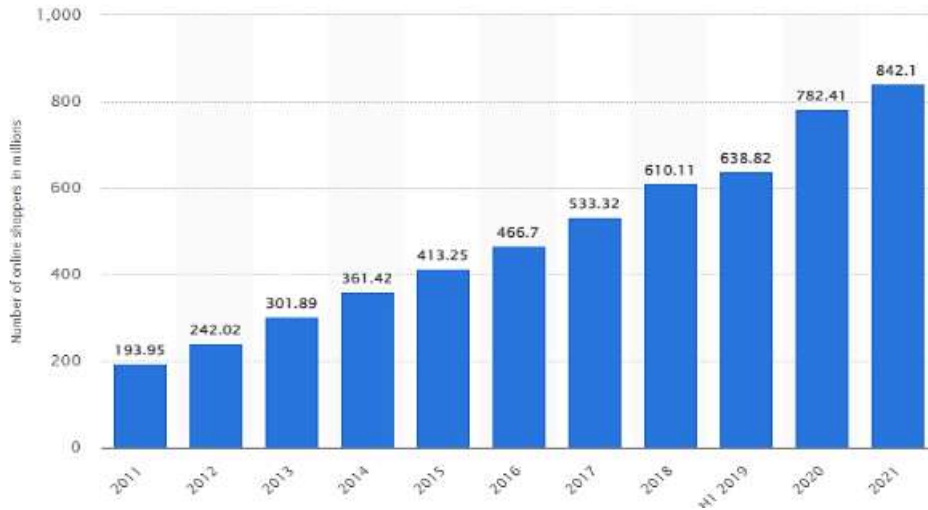


Рисунок 1 – Динамика онлайн-покупателей в Китае с 2011 по 2021 год

По данным «QuestMobile», основная часть потребителей, участвующих в распродажах на День холостяка – жители различных по численности и расположенных на значительном расстоянии друг от друга городов Китайской Народной Республики [1–3]. Поэтому своевременная доставка товаров в торговые центры и онлайн-ритейлеры городов является приоритетным направлением работы железнодорожного транспорта в период «Фестиваля покупок», который отличается напряженностью в связи с повышенным спросом населения на покупки, а также необходимостью обеспечения требований безопасности при их перевозке. Так, в 2022 году скоростным железнодорожным транспортом с 11 по 16 ноября было доставлено более 185 млн посылок, которые прошли соответствующие проверки и были своевременно доставлены потребителям, благодаря железным дорогам КНР (рисунок 2).

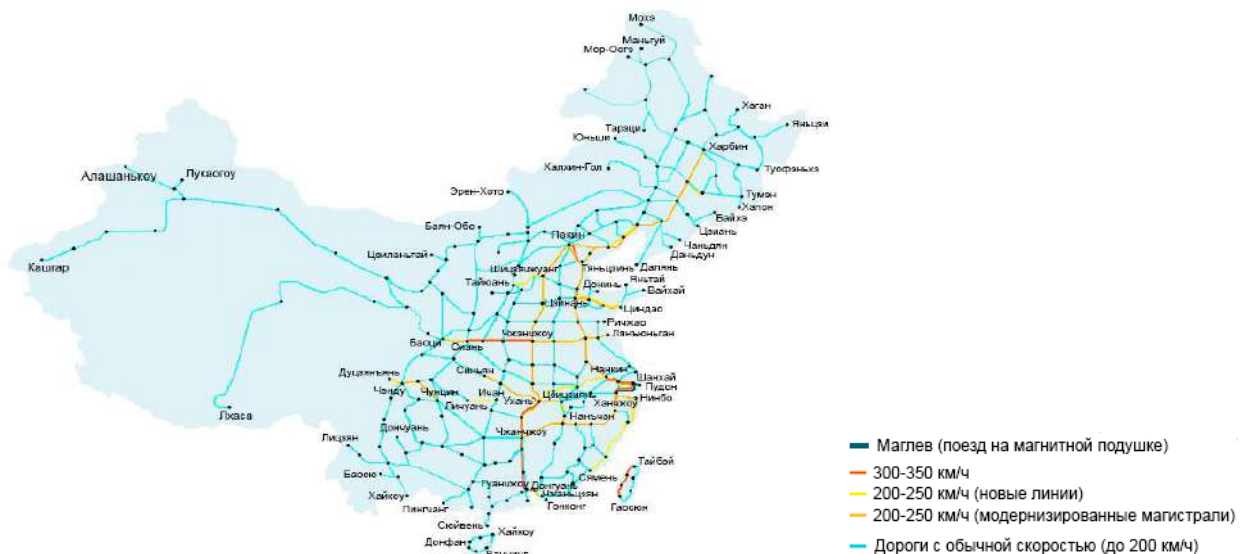


Рисунок 2 – Карта-схема железных дорог КНР

Следует отметить работу в этот период Гуанчжоуской железнодорожной компании, которая предложила обеспечивать доставку товаров потребителям высокоскоростными поездами за счет прицепки дополнительных грузовых вагонов с товарами народного потребления, проданных через интернет, можно сказать, формируя высокоскоростные грузо-пассажирские поезда. Как показывает опыт прошлых лет, в день необходимо формировать до 35 таких поездов, которыми перевозится более 45 т груза за день. При этом накануне дня холостяка, а также 11 ноября увеличивается и количество дополнительных высокоскоростных пассажирских поездов на маршрутах, что позволяет обеспечить своевременность доставки пассажиров, так как данный праздник подразумевает и встречу холостых друзей, стремящихся обзавестись семьей, что способствует увеличению пассажиропотока в 1,5 раза между крупными городами. Помимо этого, 11 ноября с 1993 года является одной из популярных дат свадебных церемоний в КНР, что также приводит к увеличению пассажиропотока.

Таким образом, выполненный анализ показал, что применение высокоскоростных грузо-пассажирских поездов позволяет снизить давление на транспортную сеть страны и увеличить скорость доставки товаров для населения в период «Фестиваля покупок». Данная технология является актуальной и востребованной в КНР, так как обеспечивает комфортные условия для перевозки большого количества пассажиров, пользующихся железнодорожным транспортом.

Список литературы

1 День холостяков: праздник, который стал распродажей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/den-kholostiakov-prazdnik-kotoryi-stal-rasprodazhei>. – Дата доступа : 05.10.2023.

2 Для доставки товаров в «День холостяка» в Китае задействовали высокоскоростные поезда [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://news.rambler.ru/other/43141862/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink. – Дата доступа : 02.09.2023.

3 **Квасникова, В. В.** Тенденции развития рынка электронной коммерции стран Восточной и Юго-Восточной Азии // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. D. / Экономические и юридические науки. – № 1(63). – С. 45–52.

УДК 656.211:519.8+004.8

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Технологические процессы на железнодорожных пассажирских станциях непосредственно связаны с обслуживанием пассажиров, являющихся основными объектами и субъектами управления в соответствующей модели. Привычным алгоритмом функционирования модельной реконструкции всех операций на пассажирской станции были расчёт и визуализация процессов, связанных с обслуживанием пассажирских поездов. Пассажиры же выступали в качестве некоторого антуража, если на них вообще как-то обращалось внимание. Сложность и малопредсказуемость их поведения, высокая подвижность с перемещением по различным маршрутам, пересечением, разделением и слиянием пассажиропотоков исключали возможность реконструкции пассажиров в виде антропоморфных сущностей, способных к индивидуальным действиям, но при этом принимающим правила коллективного поведения с определённой вероятностью проявления эгоцентричных качеств.

Активное развитие информационных систем искусственного интеллекта позволяет ставить и решать данную задачу как воспроизведение динамической структуры объектов модельной пассажирской станции, активной составляющей которой являются антропоморфные сущности (модельные пассажиры), обладающие конкретными свойствами индивидуальных целей своего перемещения по железнодорожной станции, восприятия аналогичных сущностей на пересекающихся или ожидающих маршрутах с корректировкой своего пути. Поведенческие качества антропоморфов с таких позиций приближены к устремлениям пассажиров реальной стан-

ции, а информационные реконструкции станционных процессов связываются с воспроизведением изменений состояний не только объектов инфраструктуры и подвижного состава, но и модельных пассажиров.

С таких позиций адекватный моделлинг процессов обслуживания пассажиропотоков, состоящих из массы индивидуальных антропоморфов, реализуем для динамически нелинейных взаимодействующих структур, связанных между собой визуально многозначными отношениями и внутренними мотивациями, имеющими сложное причинно-следственное происхождение. Стохастическая структура изменений состояний модельных конструктивов с сущностями, обладающими поведенческими свойствами, позволяет создавать устойчивые информационные реконструкции технических систем, которые развиваются по определённым модельным правилам, и при этом достаточно корректно воспроизводят прототипируемые процессы на пассажирских станциях. Таким образом, антропоморфные объекты не только формируются как визуальные отражения своих прототипов, но и наделяются модельным эквивалентом их рассудочных способностей, обеспечивая реалистичную динамику технологических процессов в системе взаимодействующих конструктивов.

Все антропоморфные сущности, задействованные в работе модельной пассажирской станции, разделяются на технологические (работники пассажирской станции) и внешние (пассажиры). При выполнении отдельных станционных операций репродуцируются антропоморфы станционных диспетчеров, дежурных по станции, работников ПТО, монтеров пути, электромехаников и др. Отношения между модельными объектами подвижного состава и антропоморфными технологическими компонентами основываются на взаимодействии соответствующих информационных атрибутов (например, сравнение степени завершения процесса посадки-высадки пассажиров со временем отправления и принятием решения проводником вагона или начальником поезда о задержке отправления поезда, открытия дополнительных турникетов для прохода возросшего пассажиропотока на посадочные платформы и др.).

Антропоморфные объекты в трехмерной модели воспроизводятся визуализированными сущностями, имеющими достаточно глубокие различия на уровне индивидуального внешнего облика, скорости движения, гендерной принадлежности, наличия ручной клади или багажа. Они перемещаются по территории модельной станции в пределах установленных границ. Следовательно, существуют области появления и исчезновения антропоморфов на станции. Входные и выходные турникеты, входы и выходы из пассажирского здания, а также пассажирские поезда определяются как области зарождения и погашения модельных пассажиропотоков. Разрабатывается особый алгоритм визуализации изображений пассажиров, который определяет способ появления и исчезновения графических генераций антропоморфов при достижении модельным пассажиром невидимой плоскости, пересекающей контуры объектного наполнения пространства моделирования. Такие плоскости называются продукционными. За их пределами модельный мир не существует. Различают входные и выходные продукционные плоскости, которые генерируют новые структурные элементы модельного пассажиропотока или выводят антропоморфы за пределы модели, приводя к визуальной недоступности для их дальнейшего наблюдения. Выходные продукционные плоскости несут значительную информационную нагрузку, включая сведения о количестве пассажиров и характере пассажиропотоков различных направлений, выходящих за границы модельной станции. Эти данные могут быть исходной информацией для входных продукционных плоскостей смежного модельного мира, например, при формировании сопряженного с модельной пассажирской станцией 3D-образа привокзальной площади, на которой реконструируются пассажиропотоки, перемещающиеся с железнодорожной станции к остановочным пунктам городских видов транспорта.

Список литературы

1 Головнич, А. К. Компьютерная визуализация технологических операций функционирующей трехмерной модели пассажирских устройств пассажирской станции / А. К. Головнич, С. П. Вакуленко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2020. – Вып. 2. – С. 41–51.

2 Головнич, А. К. Компьютерная визуализация технологических операций функционирующей трехмерной модели пассажирских устройств пассажирской станции / А. К. Головнич, С. П. Вакуленко // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2020. – Вып. 2. – С. 41–51.

3 Головнич, А. К. Антропоморфные объекты в 3D-моделях технологических процессов железнодорожных станций // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. Гомель : БелГУТ, 2021. – Вып. 3. – С. 78–90.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ФУНКЦИОНАЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С. П. ВАКУЛЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Концепция BIM (Building information modeling) как прогрессивный подход к управлению полным жизненным циклом различных объектов сформировался и определился в 80-х годах XX века. Его особенностью стал охват всех процессов проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта объектов самого широкого назначения (градостроительных, промышленных, транспортных и др.). Наиболее ярко преимущества внедренной технологии выявились при реконструкции международного аэропорта Хитроу в Лондоне. В результате проведенного системного анализа всех данных в графической среде Роберт Эйш создал строительный макет одного из терминалов аэропорта в трехмерном виде, который был максимально приближен по внешнему виду и структурному исполнению к реальности, но при этом содержал в себе не только чертёжную основу архитектурно-строительного образа реконструируемого терминала, но и все сведения по сметам, результатам промежуточных расчетов, утвержденным графикам строительства, исполнения заказа и монтажных работ, графиков установки и вывода сопутствующего технологического оборудования и др. Полная информационная поддержка объекта позволила подготовить и выполнить в сформированной модели всю проектно-сметную и эксплуатационную документацию, что в конечном итоге позволило на 40 % сократить затраты по этапу проектирования, а продолжительность подготовки проекта уменьшить в два раза.

Таким образом, BIM-технология позволяет выполнить цифровой проект строительства нового или реконструкции существующего объекта с полным соответствием прототипу модельного аналога по всем элементам, значениям конструкционных, технологических, экономических и других параметров, а также имеющимся связям и взаимодействиям. Полноразмерная модель здания содержит в себе все объемно-планировочные, конструктивные и технологические решения, тесно увязанные с инженерными сетями. Информационное обеспечение BIM-проекта оказывается настолько глубоко интегрированным в модельный образ, что последний буквально погружается в среду многочисленных баз данных и знаний, обеспечивающих создание в автоматическом режиме любых чертежей, отчетов, презентаций. Всё что имеет отношение к предмету изысканий, принадлежит модельному объекту в виде соответствующих атрибутов, параметров и характеристик. Итоговая конструкция формируется как высокореалистичный трехмерный образ, обладающий свойствами физического объекта (размерами, массой, объемом, плотностью).

Для пассажирской станции эти свойства являются определяющими, так как позволяют продублировать в модели динамические реконструкции с участием в станционных процессах не только объектов инфраструктуры и подвижного состава, но и *антропоморфов*, являющихся образами пассажиров, работников станции, водителей транспортных средств, т. е. всех людей, находящихся на территории пассажирской станции, определяемой моделью как транспортная локация. Полученную таким образом BIM-модель пассажирской станции можно использовать после реализации проекта её сооружения или реконструкции, т. к. как на этапе эксплуатации модель обеспечивается дополнительной соответствующей актуальной поддержкой и данными о нахождении пассажирских поездов на станции с графиком прибытия и отправления, высадке и посадке пассажиров по имеющимся проездным документам, проезду транспортных средств по переездам и мостам через станционную территорию (также по некоторому графику), выходу пассажиров по маршрутам следования на пассажирские платформы с вокзала и на вокзал и др. Таким образом, этап эксплуатации пассажирской станции, являясь активной фазой всего жизненного цикла, поддерживается её моделью, созданной на этапе проектирования.

Подача на вход модели изменяющихся данных по координатному положению мест пассажирских поездов и пассажиров в определенные моменты времени с незначительным интервалом между кадрами (по-видимому, не ниже $1/24$ с, чтобы не наблюдались рывки в движении отдельных объектов при переходе кадров) позволит сформировать модельный видеоролик с динамической картиной изменения положений модельных структур пассажирской станции.

Результативным итогом такого моделирования является выявление на этапе «модельной эксплуатации» определенных узких мест в пропускной способности отдельных маршрутов станционных путей и передвижения пассажиров. Извлечение необходимой информации из информационно-интегрированного проекта пассажирской станции позволяет использовать её для эксплуатационного этапа жизненного цикла объекта, обеспечивая функционирование модели во времени и дополняя размерность модели четвертой координатой.

Так как информационная модель объекта рассматривается как скоординированная, согласованная и взаимосвязанная по конструкционным и технологическим элементам система с атрибутивными признаками физического прототипа, то в динамике она будет отражать реальное положение, фиксируя невозможность перемещения конкретного объекта в указанную точку. Обладая атрибутами реальных материальных тел, модельные аналоги не смогут занимать пространство, не освобождённое другими модельными телами. Это относится прежде всего к пассажирам, пассажирским поездам и другим транспортным средствам. По результатам выполнения соответствующих модельных операций выявляются причины возникающих ожиданий, высоких загрузок элементов и повторным репроектированием с возвратом к стадии плана сооружения или реконструкции производится усиление данных элементов (удлиняются или сооружаются новые пути, расширяются пассажирские платформы, используются корректирующие меры по развязке пассажиропотоков и потоков транспортных средств и др.). Последующая «эксплуатационная проверка» подтверждает достаточность пропускной способности технических средств или снова направляет усилия проектировщиков на достижение приемлемого решения. Становится возможным *порождающее проектирование*, как система комплексного, генеративного дизайна, призванного введением в проект контрольных мер проверки исключить формирование и развитие неконструктивных решений на этапе строительства или реконструкции реальной пассажирской станции.

Таким образом, постоянный диалог и тесные консультации проектировщиков и эксплуатационников способствуют оптимизации процессов управления объектом. Формирование адекватных трехмерных моделей позволяет разворачивать виртуальные генпланы с реконструкцией различных сценариев сооружения объекта, ориентированных на последующее эффективное управление.

Формируемый концепт-проект может основываться не только на прогнозе вероятных искажений в поведении проектируемого объекта из-за технологических «накладок» (несстыковок в графиках и расписаниях), но и на вытекающих из различных воздействий внешнего окружения. Например, можно моделировать ситуации внезапного выхода из строя технических устройств из-за сторонних причин (турникетов входа на платформы) или в графиках и расписаниях (опозданий поездов из-за снегопада), от которых зависит режим исполнения технологических операций на пассажирской станции с поездами и пассажирами.

Информационное моделирование объектов, сближая проектный и постпроектный этапы, способствует восприятию компьютерного прототипа как псевдореальности, детально воспроизводящей существенные, значимые, второстепенные и случайные влияния окружения на формируемый объект, потенциально уже существующий в репродуцируемом пространстве. Поэтому BIM-технология следует считать логичным развитием САПР-проектирования, когда входная цифровая информация во всё более широких масштабах активно используется для получения эффективных проектных решений. Интеграция объектной атрибутивной информации в трехмерный компьютерный макет пассажирской станции, обновляемой во время проведения проектных работ и последующего этапа эксплуатации реконструированной или новой станции, позволит получить единый реестр актуализированной рабочей документации (различных макетов, схем, планов станции, ведомостей, учетных форм и др.).

Список литературы

1 Головнич, А. К. Антропоморфные объекты в 3D-моделях технологических процессов железнодорожных станций / А. К. Головнич // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2021. – Вып. 3. – С. 78–90.

2 Голович, А. К. Пространственная локация динамической 3D-модели обслуживания пассажиров на маршрутах пересадочных узлов различных видов транспорта / А. К. Голович // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Бел. ж. д. В 2. ч. Ч. 2. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 100–102.

3 Вакуленко, С. П. Основы проектирования трехмерных динамических моделей железнодорожных станций : учеб. / С. П. Вакуленко, А. К. Голович. – М. : «УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2022. – 384 с.

УДК 656.07(476)

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. А. ЕРОФЕЕВ, В. Г. КУЗНЕЦОВ, Е. А. ФЕДОРОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

П. М. ДУЛУБ
Белорусская железная дорога, г. Минск

Формирование Комплексного плана транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь (далее – Комплексный план) заключается в установлении параметров транспортного обслуживания: существующих и перспективных условий развития транспортной системы, существующего состояния и приоритетных направлений развития транспортной системы, целевого состояния транспортной системы и путей достижения целевого состояния.

Основными задачами разработки Комплексного плана при этом являются:

- соблюдение требований социальных стандартов транспортного обслуживания населения;
- соблюдение требований доступности населения для получения услуг пассажирских перевозок в регионе;
- комплексное решение задач транспортного обслуживания населения в регионе;
- формирование единой системы организации пассажирских перевозок в регионе;
- эффективное использование различных видов транспорта и гармонизация транспортной системы регионов;
- взаимодействие видов транспорта в местах пересадки пассажиров с одного вида транспорта на другой;
- эффективное использование транспортных средств перевозчиков и инфраструктуры транспортной сети для оказания услуг пассажирских перевозок;
- оптимизация использования бюджетных средств для обеспечения транспортного обслуживания населения в регионе.

Организация транспортного обслуживания населения на маршрутах регулярного сообщения в регионе включает обеспечение доступности и востребованности услуг пассажирского транспорта для населения, формирование маршрутов регулярного сообщения, организацию регулярных перевозок и контроль за соблюдением установленных условий выполнения регулярных перевозок.

Транспортное обслуживание населения автомобильным, городским электрическим и рельсовым транспортом в законодательстве Республики Беларусь реализовано механизмом формирования государственного заказа на перевозки пассажиров в городском и пригородном сообщениях. Законодательно определена система «заказчик – оператор – перевозчик», в которой заказчик обеспечивает организацию перевозок пассажиров и заключает договор с оператором; оператор формирует маршруты перевозок в соответствии с потребностями населения, заключает договора с перевозчиками, обследует сети дорог, осуществляет диспетчерское управление и контроль, изучает пассажиропотоки, координирует расписания и интервалы движения транспортных средств по маршрутам, определяет объем перевозок, ведет учет; перевозчик выполняет перевозки пассажиров, предоставляет отчетность о выполненных перевозках оператору, формирует план-заказ по выпуску пассажирских транспортных средств на плановый период (год). Вместе с тем данная система обладает очевидными недостатками, обусловленными отсутствием методически обоснованного механизма комплексного планирования, мониторинга и организации перевозок на основе объективно установленной

потребности населения в перевозках, правоприменительной практики организации таких перевозок на железнодорожном транспорте.

Анализ параметров обслуживания населения железнодорожным транспортом позволил установить, что основные нормы обслуживания (маршруты, размеры и периодичность курсирования пассажирских поездов) конкретно не определены в социальных и иных стандартах и устанавливаются Белорусской железной дорогой самостоятельно. Кроме того, всю финансовую нагрузку по организации транспортного обслуживания населения железнодорожным транспортом она берет на себя, так как органы государственной власти (исполкомы) не имеют на сегодняшний день методически обоснованного инструментария для комплексного планирования, мониторинга и анализа транспортного обслуживания населения, законодательно установленного финансового механизма субсидирования убыточных перевозок. Вследствие этого местные исполнительные органы выступают лишь гарантами обеспечения разрозненного плана-заказа городских перевозок, а также пригородных перевозок автомобильным транспортом, который, по сути, определяют компании-перевозчики на основании имеющихся технических возможностей, а не фактической потребности населения в перевозках. Это приводит к тому, что местные исполнительные и распорядительные органы власти не могут на практике выступать заказчиком железнодорожных перевозок, а для иных перевозчиков их роль сводится к финансированию функционирования транспортных предприятий.

Разработка Комплексного плана как необходимого для регионов ТНПА должна базироваться на основных научно-методических подходах:

- системный – представление всех участников организации пассажирских перевозок в регламентированном взаимодействии с установленными полномочиями, компетенциями и функциями, направленными на обеспечение требований законодательства;

- комплексный – формирование единой транспортной системы в регионе на основе взаимодействия видов транспорта, разграничения между ними видов транспортной деятельности;

- социально-гуманитарный – обеспечение гражданских прав и запросов на осуществление пассажирских перевозок для реализации своих общественных и личных интересов;

- эффективный – затраты на организацию пассажирских перевозок должны быть сопоставимы платежеспособности населения, затратам участников перевозочного процесса, возможности использования бюджетных средств для компенсации убыточных перевозок, инвестициям в развитие транспортной инфраструктуры;

- инновационный – развитие транспортной системы для обеспечения всех потребностей в перевозках, предоставление качественных и разнообразных услуг, опережающих развитие инфраструктуры, транспортных средств, средств получения услуг поездов и т. п., способствующих социально-экономическому развитию общества.

Эффективность реализации Комплексного плана зависит от согласованной деятельности всех потенциальных участников организации, планирования и осуществления пассажирских перевозок и их взаимодействия. Деятельность каждого участника перевозочного процесса в регионе определяется полномочиями и компетенциями при разработке и реализации Комплексного плана.

Заказчиком пассажирских перевозок в регионах могут выступать республиканские органы государственного управления и местные исполнительные и распорядительные органы, которым необходимо установить дополнительные полномочия формирования государственного заказа на пассажирские перевозки, согласования и утверждения Комплексного плана. Функции по формированию и контролю выполнения Комплексного плана могут быть предоставлены самостоятельному участнику перевозочного процесса, которым может выступить оператор пассажирских перевозок в регионе.

Полномочия по формированию государственного заказа на пассажирские перевозки могут быть распределены между органами государственного управления исходя из компетенций:

- Минтранс – республиканский уровень: сводный Комплексный план, согласование показателей транспортного обслуживания населения в части соответствия социальным нормативам обслуживания населения, государственным программам развития, а также иным нормам и целевым ориентирам, принятым в государственных и отраслевых программах;

- облисполкомы (горисполкомы) – региональный уровень: Комплексный план регионов и административно-территориальных единиц, разработка и контроль выполнения параметров транспортного обслуживания населения пассажирскими перевозчиками.

Исполнителями государственного заказа на пассажирские перевозки в регионе являются транспортные организации различных форм собственности (перевозчики), обладающие техническими и

транспортными возможностями осуществлять транспортное обслуживание населения в регионе в соответствии с требованиями, установленными в нормативных правовых актах.

Государственное объединение «Белорусская железная дорога» является важным и ответственным перевозчиком и оператором при осуществлении городских и региональных перевозок. Для повышения эффективности железнодорожных перевозок пассажиров в регионе, снижения их убыточности необходимо посредством Комплексного плана установить параметры государственного заказа, регламентирующие равную ответственность всех видов пассажирского транспорта в обеспечении потребных перевозок и механизмы компенсации выпадающих доходов.

Компетенции по разработке КППОН могут осуществляться самостоятельным структурным подразделением государственных (республиканских либо местных) органов управления либо организацией – оператором пассажирских перевозок. К полномочиям такой организации могут быть отнесены:

- мониторинг транспортного обслуживания населения в регионах;
- сбор и анализ запросов общества, отдельных предприятий, граждан на изменение пассажирских перевозок;
- контроль осуществления Комплексного плана перевозчиками, соблюдение требований нормативных правовых актов по обслуживанию населения;
- разработка Комплексного плана на плановый период;
- взаимодействие с участниками перевозочного процесса при разработке, согласовании и утверждении Комплексного плана;
- формирование государственного заказа на пассажирские перевозки в регионе;
- заключение и контроль соблюдения договоров на организацию пассажирских перевозок;
- иные полномочия.

Для достижения принципов системности и комплексности необходимо использовать процессный подход, с помощью которого оптимизируются схемы действий участников перевозочного процесса при разработке Комплексного плана и формирования государственного заказа на транспортное обслуживание населения в Республике Беларусь. Такой подход позволяет оптимизировать организационно-функциональную структуру системы организации пассажирских перевозок в регионах и функции каждого участника перевозочного процесса при реализации Комплексного плана.

Комплексное планирование транспортного обслуживания населения позволит сформулировать целевую модель системы транспортного обслуживания и установить роль каждого из видов транспорта в ней, обосновать необходимое количество маршрутов в регионах по каждому виду транспорта, определить и использовать при планировании систему параметров, основанную на оценке качества предоставляемых услуг и с учетом социально-ориентированных подходов к транспортному обслуживанию, а также минимизировать затраты государственного бюджета в части организации социально-ориентированных пассажирских перевозок в регионах.

Список литературы

1 Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 23.03.2021 г., № 165.

2 О железнодорожном транспорте : Закон Респ. Беларусь от 06 янв.1999 г., № 237–3.

3 Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках : Закон Респ. Беларусь от 14 августа 2007 г. № 278-3.

4 Об основах транспортной деятельности : Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 140-3.

УДК 004.056

ЗАЩИТА СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ОТ ВНЕШНИХ КИБЕРУГРОЗ

Т. В. ЗАЙЦЕВА

Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск

По мере развития информатизации и информационных технологий на Белорусской железной дороге (далее – БЖД) формируется информационная инфраструктура, необходимая для функционирования многих технологических процессов и коммуникации работников железнодорожного

транспорта между собой и с представителями сторонних организаций. Такие процессы развития, с одной стороны, упрощают определенные задачи (осуществление деятельности БЖД), а с другой – повышают риски нарушения информационной безопасности (далее – ИБ).

Для обмена информацией в рамках функционирования автоматизированных и информационных систем, а также в рамках предоставления сервисов электронной почты, доступа к внешним цифровым ресурсам и т. д. на БЖД используется сеть передачи данных БЖД (далее – СПД БЖД). Она функционально состоит из двадцати шести зон доступа (далее – ЗД), в состав которых входят оконечные устройства (серверы, компьютеры, терминалы и т. д.), генерирующие трафик, и устройства магистральной сети (далее – ЕСПД), выполняющей транспортную функцию передачи трафика между зонами доступа, сетями передачи данных сторонних организаций и сетью Интернет. СПД БЖД и ЕСПД являются важными элементами информационной инфраструктуры, без которых невозможно ее полноценное функционирование [1].

На сегодняшний день устаревшая архитектура СПД БЖД и ЕСПД как элементов информационных систем БЖД не соответствует требованиям ИБ, которые выдвигаются в современных реалиях. Сеть БЖД является «доверенной», что подразумевает под собой отсутствие сегментирования, т. е. в случае негативного цифрового воздействия велика вероятность БЖД понести существенные убытки (как финансовые, так и имиджевые), что для одной из самых крупных государственных организаций (БЖД) неприемлемо [5].

В современном мире (и в Республике Беларусь, в том числе) существует вероятность угроз ИБ в отношении субъектов хозяйствования и страны в целом. Деятельность по ИБ как реализация мер по предотвращению (противостоянию) данным действиям является актуальным вопросом, особенно для БЖД как для одного из важнейших транспортных комплексов страны.

Угрозами безопасности информации являются нарушения при обеспечении: конфиденциальности, доступности и целостности. Источники угроз могут быть как внешними, так и внутренними [4].

Исходя из структурной схемы сети передачи данных БЖД, представленной на рисунке 1, топология СПД БЖД имеет единую точку присоединения к внешним сетям передачи данных, и прежде всего сети Интернет. Базовая оценка рисков ИБ указывает на то, что наивысшая вероятность оказания цифрового воздействия – именно из сети Интернет. Следовательно, наличие подключения к сети Интернет единой точки присоединения делает этот сегмент сети уязвимым и наиболее подверженным внешним негативным воздействиям (кибератакам) [2]. Исходя из всего вышперечисленного в данной статье теоретически раскрыты методы защиты именно от внешних цифровых воздействий (кибератак).

В связи этим для выполнения требований законодательства Республики Беларусь и для защиты от негативных цифровых воздействий из внешних сетей передачи данных, включая сеть Интернет, необходимо установить в единой точке присоединения ряд взаимодополняющих специализированных технических решений, позволяющих реализовать мероприятия по анализу и фильтрации передаваемого трафика [3].

Функционально Комплекс состоит из следующих взаимодополняющих элементов (см. рисунок 2).

1 Кластер межсетевых экранов (МЭ, Firewall), предназначенный для экранирования сетей, обеспечения многоуровневой безопасности (поточковый антивирус, система Antisram, система Antibot, система предотвращения вторжений, IP-фильтрация, URL-фильтрация, блокировка приложений и т. д.) и применения гранулированных политик безопасности.

2 Специализированный инструмент, предназначенный для интеграции в кластер межсетевых экранов информации, получаемой от внешней базы данных, об индикаторах компрометации, на основании которой осуществляется блокировка небезопасного трафика.

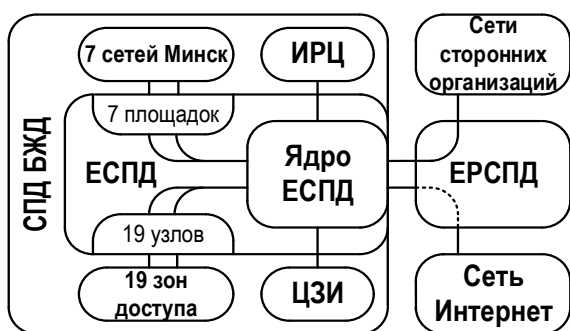
3 Система анализа сетевого трафика (NAD), предназначенная для глубокого анализа сетевого трафика и безопасной проработки сценариев поведения подозрительных файлов.

4 Система контроля привилегированных пользователей и защиты от их компрометации (PAM), предназначенная для контроля доступа к сетевым устройствам ЕСПД, а также записи событий, происходящих в сессиях привилегированных пользователей.

5 Система логирования трафика с инструментами поиска необходимых событий (SIEM), предназначенная для получения информации о сетевых взаимодействиях между пользователями (устройствами, имеющими IP-адрес) СПД БЖД и внешними сетями передачи данных.

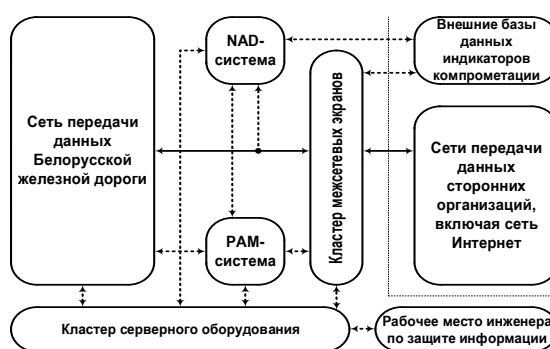
6 Отказоустойчивый кластер серверного оборудования.

7 Рабочее место инженера по защите информации.



Обозначения:
СПД БЖД – сеть передачи данных БЖД;
ЕСПД – Единая сеть передачи данных;
ЕРСПД – Единая республиканская сеть передачи данных

Рисунок 1 – Структурная схема СПД БЖД



Обозначения:
→ – передаваемый трафик;
←.....→ – служебный трафик

Рисунок 2 – Функциональная схема комплекса

Данный комплекс будет являться лишь частью от всей сети СПД БЖД. Однако Комплекс благополучно может быть внедрен в СПД БЖД и отразит выполнение требований Указа Президента Республики Беларусь от 14 февраля 2023 г. № 40 «О кибербезопасности». Тем самым Комплекс поспособствует появлению систем ИБ на БЖД. А информацию, собираемую и коррелируемую компонентами Комплекса, планируется использовать в качестве исходных данных для систем и процессов, функционирующих в составе единой для БЖД системы защиты информации.

Внедрение Комплекса позволит существенно снизить вероятность внешнего цифрового негативного воздействия (кибератаки) на многие информационные системы БЖД, нарушение работоспособности которых может привести к задержкам в движении поездов, снижению качества обслуживания пассажиров, остановке (замедлению) ряда технологических процессов и, как следствие, финансовым убыткам и (или) негативно отразится на имидже Белорусской железной дороги.

Список литературы

- 1 СТП БЧ 47.358-2017. ЕСПД. Порядок организации технической эксплуатации Единой сети передачи данных.
- 2 О мерах по реализации Указа Президента Респ. Беларусь от 9 дек. 2019 г. № 449 : постановление оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 20.02.2020 № 66.
- 3 О Концепции информационной безопасности Республики Беларусь : постановление Совета Безопасности Респ. Беларусь от 18.03.2019 № 1.
- 4 Об информации, информатизации и защите информации : Закон Респ. Беларусь от 10 нояб. 2008 г. № 455-3. – с изм. и доп.: текст по состоянию на 24 мая 2021 г. – Минск : Дикта, 2021.
- 5 О совершенствовании государственного регулирования в области защиты информации : Указ Президента Респ. Беларусь от 09. дек. 2019 № 449.

УДК 656.13

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТНОМ ПЛАНИРОВАНИИ

Д. В. КАПСКИЙ, С. В. СКИРКОВСКИЙ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Новые тренды в развитии города уже сформировали принципиально новую концепцию его развития, которую можно представить четырьмя определениями: «Избегай (лишней мобильности) – Заменяй (мобильность цифровой активностью) – Сдвигай (все перемещения в экологичное поле) – Улучшай (перемещения)».

Методами математического моделирования решается широкий круг задач в области транспортно-градостроительного проектирования. С точки зрения организации работы с моделью можно вы-

делить три группы решаемых задач [1, 2]. Выявление существенных особенностей действующей транспортной системы; оценка последствий принятия решений по развитию транспортной системы; определение параметров объектов транспортной инфраструктуры на основе анализа спроса на передвижения.

Также моделирование может использоваться и для решения других задач в сфере транспортно-градостроительного проектирования и территориального анализа.

Стадия постановки задачи, решаемой с использованием методов математического моделирования, включает [3, 4] уяснение целей поставленной задачи и предварительную оценку возможных результатов ее решения; определение соответствующего целевого критерия (критерия эффективности, показателя качества, целевой функции); формулировку задачи в соответствии с поставленными целями.

Определение основных параметров действующей городской транспортной системы проводится на этапе анализа современного состояния и комплексной оценки территории в составе градостроительной документации и документации транспортного планирования. В ходе решения этой задачи посредством моделирования определяется ряд интегральных и зональных (относящихся к планировочной зоне или административной единице) показателей функционирования транспортной системы, таких как средние затраты времени на передвижение по сети, общий объем передвижений, доля использования индивидуального транспорта, среднее время достижения центра города и т. д. Анализ картограмм транспортных потоков и численных объектных показателей позволяет определить неудовлетворенный спрос на передвижения, выявить «узкие места», т. е. те участки и узлы транспортной сети, которые могут испытывать нагрузки, близкие к их пропускной (провозной) способности. Анализ результатов моделирования позволяет оценить современное состояние транспортной системы для определения приоритетов в разработке проектных мероприятий в отношении как самой транспортной системы, так и функционально-планировочной структуры города.

Решение таких задач актуально для различных видов документации: генеральные планы, отраслевые схемы, ПКРТИ, КСОДД и т. д.

Иногда применяется сравнение с существующей ситуацией или между альтернативными проектами. Для сравнения также могут использоваться варианты развития системы расселения и мест приложения труда, оцениваемые с позиции транспортных и градостроительных факторов. Важно, чтобы варианты были сравнимыми, т. е. использование одних и тех же критериев могло дать адекватную оценку функционирования транспортной системы во всех рассматриваемых случаях.

Одним из направлений применения методов математического моделирования является анализ спроса на передвижения и определение на его основе параметров объектов транспортной инфраструктуры. В качестве таких параметров могут выступать требуемое количество полос движения, предпочтительное размещение мостов и путепроводов, требуемое количество эскалаторов на станциях метрополитена, необходимая частота движения общественного пассажирского транспорта и т. д. Отличием данной задачи от предыдущей является то, что на параметры искомым элементов (участки УДС, мосты, линии ГОТ) не накладывается ограничений по пропускной и провозной способности. То есть для участков улиц в модели задается «бесконечная» ширина, для эскалаторов – «бесконечное» количество, для линий ГОТ – «бесконечная» частота движения.

Задачи по определению спроса возникают, как правило, при работе над проектами планировки крупных планировочных образований, проектировании объектов массового посещения или крупных производственных зон. Тем не менее во всех этих случаях важно использовать модель, построенную для всей городской агломерации, а не для локального участка, тяготеющего к проектируемой территории или объекту. Только так можно обеспечить адекватное распределение корреспондентов между пунктами тяготения на этапе построения матрицы корреспонденций.

По результатам моделирования транспортной системы города (агломерации) определяются следующие три группы показателей, которые являются основой для анализа ее функционирования: интегральные показатели; зональные показатели; объектные показатели.

Важным элементом анализа результатов моделирования является вопрос оценки качества работы транспортной системы. Каким образом, анализируя полученные численные показатели, можно дать качественную оценку сложившейся или проектируемой транспортной системе? Каков приоритет показателей при такой оценке?

Важно использовать транспортное моделирование именно в контексте целей и задач конкретного проекта. Далеко не всегда разработка транспортно-градостроительных проектов подчинена решению «транспортной проблемы», связанной с перегрузкой транспортной сети и обусловленной резким ростом уровня подвижности на индивидуальном транспорте. Например, при определении мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры городов одной из основных задач является, как правило, обеспечение надежного функционирования городской транспортной инфраструктуры, что достигается дублированием основных направлений, ликвидацией «узких» мест.

В этом случае критерии оценки эффективности транспортной системы будут отличаться от «классической» схемы, при которой основными показателями эффективности являются параметры затрат времени на передвижения по городу [5, 6].

Следует учитывать, что разработка транспортных разделов градостроительных проектов направлена в первую очередь на резервирование территории под будущие инфраструктурные объекты. Поэтому, моделируя перспективную ситуацию, необходимо критически оценивать перечень предлагаемых проектом мероприятий по совершенствованию транспортной системы, ориентируясь на имеющуюся динамику развития города, возможности финансирования дорожного строительства и т. д., с учетом передовых тенденций развития городов и населенных пунктов [6].

Список литературы

- 1 **Авдотьян, Л. Н.** Применение вычислительной техники и моделирования в архитектурном проектировании / Л. Н. Авдотьян. – М. : Стройиздат, 1978. – 255 с.
- 2 **Капский, Д. В.** Транспорт в планировке городов : пособие для студентов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения» : в 10 ч. Ч. 1. Транспортное планирование: математическое моделирование / Д. В. Капский, Л. А. Лосин. – Минск : БНТУ, 2019. — 94 с.
- 3 **Свердлин, Л. И.** Транспортные обоснования композиции генерального плана города / Л. И. Свердлин // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : АМБ, 2005. – С. 40–43.
- 4 **Ваксман, С. А.** Систематизация показателей транспортных систем городов. Общие показатели / С. А. Ваксман, Н. Г. Кочнев // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы XIII Международной науч.-практ. конф. – Екатеринбург : АМБ, 2007. – С. 248–257.
- 5 **Черепанов, Б. В.** Комплексная оценка вариантов работы транспортных систем в генеральных планах городов с использованием экспертных оценок / Б. В. Черепанов, А. Б. Черепанов // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург : АМБ, 2004. – С. 18–25.
- 6 **Капский, Д. В.** Методология повышения качества дорожного движения : [монография] / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2018. – 372 с.

УДК 656.08:656.11

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ РАСПИСАНИЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ДУБЛИРУЮЩИХ УЧАСТКАХ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*И. Н. КРАВЧЕНЯ, С. А. АЗЕМША, А. Е. БАШАРИМОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Городской общественный транспорт является главным способом перемещения пассажиров в населенных пунктах. Основная роль городского общественного транспорта – обеспечение устойчивого развития городов. В частности, по сравнению с индивидуальным автотранспортом, городской общественный транспорт существенно повышает безопасность перевозок и обеспечивает значительное сбережение природных и финансовых ресурсов.

Одна из основных характеристик, которая показывает уровень обслуживания населения городским транспортом – это регулярность движения маршрутных транспортных средств, зависящая от качественно составленного расписания движения.

Расписание является основой организации движения транспортных средств на маршрутах, обязательно для выполнения всеми линейными работниками пассажирского автотранспорта. Им определяется количество рейсов, время движения между остановочными пунктами и т. д.

Расписание движения городского общественного транспорта должно разрабатываться с учетом необходимости обеспечить:

- удовлетворение потребности населения в перевозках по каждому маршруту;
- использование вместимости маршрутных транспортных средств по установленным нормам;
- минимальные затраты времени пассажира на поездки;
- регулирование движения транспортных средств на всём протяжении маршрутов;
- создание необходимых удобств в пути следования;
- соблюдение режима и условий труда водителей и кондукторов согласно трудовому законодательству;
- эффективное использование маршрутных транспортных средств.

Для повышения качества обслуживания пассажиров при разработке расписания городского общественного транспорта предлагается учитывать совместные участки движения транспортных средств разных маршрутов [1–3]. Если на отдельном участке транспортной сети работает несколько маршрутов, то для исключения образования очередей на остановочных пунктах необходимо согласовывать графики движения транспортных средств различных маршрутов по совместным (дублирующим) участкам их движения путем корректировки времени начала движения по каждому из них. Таким образом, дублирующий участок – совместимый участок движения транспортных средств различных маршрутов.

Методика оптимизации расписания движения маршрутных транспортных средств путем выравнивания интервалов времени между следующими друг за другом маршрутными транспортными средствами разных маршрутов на дублирующих участках включает следующие этапы.

Этап 1. Анализ сети городского общественного транспорта и выделение дублирующих участков.

Этап 2. Выбор дублирующего участка для оптимизации расписания и определения его характеристик.

Этап 3. Расчет характеристик матрицы назначений дублирующего участка для исходного расписания.

Этап 4. Выравнивание интервалов времени между следующими друг за другом маршрутными транспортными средствами на дублирующем участке.

Этап 5. Расчет характеристик матрицы назначений дублирующего участка для расписания после оптимизации.

Этап 6. Определение качества оптимизированного расписания общественного транспорта для дублирующих участков.

Этап 7. Согласование расписания группы дублирующих участков.

Этап 8. Оценка эффективности оптимизации расписания городского общественного транспорта на дублирующих участках.

Для апробации методики оптимизации расписания движения маршрутных транспортных средств разработана имитационная модель дублирующих участков.

Математическую модель движения маршрутных транспортных средств всех видов по дублирующим участкам можно представить в виде системы массового обслуживания (рисунок 1).

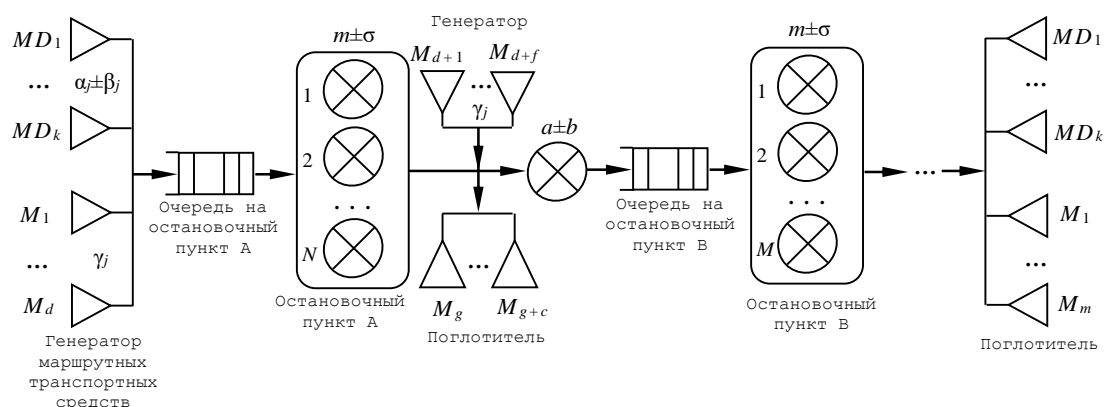


Рисунок 1 – Концептуальная модель дублирующего участка

Предложенная модель массового обслуживания дублирующего участка реализуется в пакете автоматизации имитационного моделирования GPSS World [4, 5].

В результате проведения имитационного эксперимента на разработанной имитационной модели движения городского общественного транспорта на дублирующих участках определяются:

- длины очередей из маршрутных транспортных средств при подъезде к остановочным пунктам дублирующего участка;
- время простоя в очередях маршрутных транспортных средств при подъезде к остановочным пунктам дублирующего участка;
- среднее время ожидания пассажирами маршрутных транспортных средств дублирующего участка;
- коэффициенты загрузки остановочных пунктов при движении маршрутных транспортных средств по дублирующему участку.

Вследствие анализа статистик, полученных в ходе имитационного эксперимента, определяются характеристики расписания общественного транспорта на дублирующем участке до и после оптимизации, делается вывод о качестве оптимизированного расписания общественного транспорта для дублирующего участка с использованием предложенной методики.

Список литературы

- 1 Optimization of public transport schedule on duplicating stretches / I. Lebid [et al.] // Mechatronic Systems 1: Applications in Transport, Logistics, Diagnostics, and Control. – Chapt. 18. – London, 2021. – P. 209–220.
- 2 Scheduling technique of route vehicles on duplicating stretches / S. Azemsha [et al.] // Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. – 2021. – Vol. 113. – P. 5–16.
- 3 **Аземша, С. А.** Оценка эффективности оптимизации расписания движения городского пассажирского транспорта на дублирующих участках / С. А. Аземша, И. Н. Кравченя // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18, № 1. – С. 72–85.
- 4 **Шевченко, Д. Н.** Имитационное моделирование на GPSS : учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей / Д. Н. Шевченко, И. Н. Кравченя. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 97 с.
- 5 **Кравченя, И. Н.** Математические модели в транспортных системах. Математическое программирование : учеб.-метод. пособие / И. Н. Кравченя, С. А. Аземша. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 142 с.

УДК 656.2:656.07(476)

РОЛЬ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. Г. КУЗНЕЦОВ, А. А. ЕРОФЕЕВ, Е. А. ФЕДОРОВ, И. М. ЛИТВИНОВА, М. А. КИЛОЧИЦКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

А. А. ЗАХАРЕВИЧ
Белорусская железная дорога, г. Минск

Важным направлением повышения качества транспортных услуг и эффективности функционирования предприятий транспортного комплекса является применение Комплексного плана транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь (далее – Комплексный план). Комплексный план позволяет организовать взаимодействие между участниками перевозочного процесса (органами государственного управления, операторами и перевозчиками) и установить заказ на пассажирские перевозки с учетом принятой целевой модели. Таким образом, Комплексный план может выступать технологической основой для формирования маршрутов пассажирских перевозок по всем видам транспорта для планируемых пассажиропотоков, взаимодействия видов транспорта в зависимости от имеющейся автомобильной и железнодорожной инфраструктуры, а также определения целевых задач социально-экономического развития регионов.

Формирование заказа на транспортное обслуживание населения осуществляется посредством определения объекта заказа (видов пассажирского сообщения, необходимых для транспортного обслуживания населения на полигоне транспортного обслуживания в административно-террито-

риальном образовании (регионе); предмета заказа (маршрутных назначений по видам транспорта в регионе и их взаимодействия); способа транспортного обслуживания (организации перевозок пассажиров на маршрутных назначениях); объема и параметров заказа (количественных и качественных показателей, которые должны быть обеспечены участниками перевозочного процесса в процессе транспортного обслуживания).

В соответствии с целевыми социально-экономическими показателями развития транспортного комплекса формируется система финансового обеспечения транспортного обслуживания населения в регионе. Финансовая обеспеченность выполнения государственного заказа на пассажирские перевозки определяется исходя из прогноза доходов и расходов участников перевозочного процесса (перевозчиков) с учетом выбора обоснованных параметров транспортного обслуживания региона и механизма необходимой компенсации затрат, не обеспеченных доходами от перевозки.

При формировании системы государственного заказа на транспортное обслуживание населения в регионе необходимо учитывать достижение следующих целевых результатов:

- сформировать основополагающие принципы организации, регулирования, финансирования и технического обеспечения процесса пассажирских перевозок всеми видами транспорта в условиях региона исходя из обеспечения потребностей населения в поездках; обеспечить устойчивое функционирование системы организации пассажирских перевозок; установить систему заказа на пассажирские перевозки местными органами государственного управления;

- повысить качество услуг транспортного обслуживания, обеспечить необходимый уровень доступности перевозок по видам пассажирского сообщения для населения в соответствии с установленными параметрами транспортной доступности и безопасности;

- повысить экономическую эффективность использования пассажирского транспорта, транспортной деятельности участников перевозочного процесса за счет оптимизации системы организации пассажирских перевозок и использования государственного механизма возмещения перевозчикам фактических затрат, не покрытых тарифами;

- обеспечить эффективность инноваций в технологии перевозок, инвестирование в развитие инфраструктуры и транспортных средств, техническое обеспечение перевозочного процесса всех участников перевозочного процесса.

Белорусской железной дорогой (далее – БЧ) была разработана Концепция формирования Государственного заказа на городские и региональные перевозки пассажиров. Данная концепция была вынесена на рассмотрение Советом Министров Республики Беларусь, где было получено принципиальное согласование ключевых положений концепции.

Основой формирования Государственного заказа должен выступать Комплексный план, разрабатываемый заказчиком социально ориентированных перевозок пассажиров в регионе – местными исполнительными органами соответствующего уровня (облисполкомы, Мингорисполком).

Необходимо отметить, что в Республике Беларусь для автомобильного транспорта в регионах, а также для всех видов городского наземного пассажирского транспорта (за исключением железнодорожного) в городах установлен и функционирует механизм формирования государственного заказа на пассажирские перевозки. Определены субъекты его формирования: заказчик перевозок, оператор, перевозчик.

Автомобильные перевозчики обслуживают регулярные маршруты перевозки пассажиров по утвержденным маршрутам и расписанию. Перечень маршрутов и расписание работы на них утверждаются заказчиком перевозки. Местные исполнительные и распорядительные органы в области автомобильного транспорта и автомобильных перевозок в пределах своей компетенции обеспечивают организацию автомобильных перевозок пассажиров по территории административно-территориальной единицы, а также выступают заказчиками городских, пригородных, междугородных внутриобластных, междугородных межобластных автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении.

В свою очередь, железнодорожным транспортом общего пользования перевозка пассажиров поездами городских линий и региональных линий осуществляется только по собственной инициативе БЧ. Тарифы на указанные перевозки регулируются Министерством антимонопольного регулирования и торговли и не покрывают фактические затраты, связанные с осуществлением перевозок пас-

сажиров. Кроме того, для обеспечения потребных объемов и качества таких социально-ориентированных перевозок БЧ вынуждена прибегать к внутреннему перекрестному субсидированию, что негативно сказывается на экономическом состоянии БЧ. Кроме того, отсутствие системы государственного заказа на пассажирские перевозки железнодорожным транспортом в регионах приводит к обоюдному (со стороны железнодорожного и автомобильного транспорта) нерациональному расходованию средств государственного бюджета за счет создания избыточного предложения в части обеспечения социально значимых перевозок пассажиров. Это обусловлено отсутствием комплексной системы определения потребности населения в перевозках и, соответственно, планирования его транспортного обслуживания.

В результате исследований Белорусского государственного университета транспорта обоснована необходимость и эффективность комплексного решения вопросов организации транспортного обслуживания населения регионов посредством распределения нагрузки между всеми видами транспорта на основе минимизации государственных расходов (прямых или косвенных). Наиболее рациональным решением данной проблемы является интеграция БЧ в систему формирования и реализации государственного заказа на пассажирские перевозки в регионах, что позволит разрешить ряд ключевых проблем:

1) сократить затраты государственного бюджета на организацию пассажирских перевозок (как прямые – за счет сокращения затрат на автомобильный транспорт, так и косвенные – за счет снижения доли невозмещаемых затрат для железнодорожного транспорта);

2) обеспечить государственной программой развития транспорта выбор наиболее необходимых организационно-технических мер, рациональное распределение ресурсов на поддержку участников перевозочного процесса в регионах (обновление подвижного состава, строительство инфраструктуры и т. д.);

3) высвободить ресурсы БЧ для поддержания необходимого инвестиционного уровня, обеспечивающего устойчивое функционирование железнодорожного транспорта в Республике Беларусь.

Основным видом транспортной деятельности БЧ в Комплексном плане является функция перевозчика, как и перевозчиков других видов транспорта. Функции оперирования пассажирскими перевозками целесообразно передать единому оператору пассажирских перевозок в регионе, ключевой задачей которого является формирование государственного заказа на пассажирские перевозки по видам транспорта с учетом параметров целевой модели и возможности видов транспорта и транспортной инфраструктуры.

БЧ является естественной монополией в сфере железнодорожных перевозок в Республике Беларусь и как государственное предприятие объединяет функции перевозчика, владельца инфраструктуры и оператора инфраструктуры в одном предприятии. Поэтому необходимо регламентировать полномочия и функции подразделений БЧ в механизме комплексного планирования.

На региональном уровне полномочия перевозчика, ответственного за выполнение согласованного заказа на пассажирские перевозки, могут быть делегированы отделениям БЧ как субъектам, распоряжающимся вверенным им имуществом (в том числе пригородным подвижным составом).

С учетом особенностей организации движения поездов на железнодорожном транспорте, а также текущего состояния и организации использования подвижного состава в системе комплексного планирования на железнодорожном транспорте необходимо участие перевозочного регулятора, которым может выступить Управление БЧ (в лице пассажирской службы). Его ключевыми задачами являются:

– согласование регионального заказа на пассажирские перевозки с оператором инфраструктуры (в лице ЦУП БЧ) в части разработки графиков движения поездов;

– распределение подвижного состава между перевозчиками на основании параметров Комплексного плана регионов;

– определение необходимых ресурсов (подвижного состава и инфраструктуры) для обеспечения заявленных параметров Комплексного плана в долго- и среднесрочной перспективе (5–15 лет) для планирования в рамках государственной программы развития транспорта в Республике Беларусь.

Переход к системе государственного заказа городских и региональных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте позволяет сформировать единые подходы к участию всех видов

транспорта в транспортном обслуживании регионов, а также создает условия для применения мер государственного регулирования по поддержке и развитию железной дороги, устойчивому обеспечению перевозки пассажиров и грузов.

Список литературы

- 1 Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 23.03.2021 г. № 165.
- 2 О железнодорожном транспорте : Закон Респ. Беларусь от 06.01.1999 г. № 237–3.
- 3 Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках : Закон Респ. Беларусь от 14 августа 2007 г. № 278–3.
- 4 Об основах транспортной деятельности : Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 140–3.

УДК 656.025.2

ПЕРСПЕКТИВЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ЗОНЕ «ГОРОД-ПРИГОРОД»

П. В. КУРЕНКОВ, Н. С. ДРАНЧЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Пригородные пассажирские перевозки в России долгое время осуществлялись дирекциями по обслуживанию пассажиров в пригородном сообщении (ДОПпр) – филиалами ОАО «Российские железные дороги». В начале 2000-х годов дирекции стали преобразовываться в пригородные пассажирские компании (ППК) – дочерние предприятия ОАО «Российские железные дороги».

В 2008 г. правлением ОАО «Российские железные дороги» была принята концепция программы развития пассажирских перевозок до 2015 г. Цель программы – вывести пассажирские перевозки в пригородном сообщении к 2012 г. на уровень безубыточности, а в дальнейшем сделать их рентабельными.

В настоящее время на сети работают ППК, созданные как открытые акционерные общества с участием наиболее финансово обеспеченных субъектов Российской Федерации с высокой транспортной подвижностью и платежеспособностью населения. В большинстве случаев компании оказывают аутсорсинговые услуги по продаже билетов в стационарных кассах и поездах, контролю безбилетного проезда, сопровождению, уборке и экипировке подвижного состава, управлению торговлей на вокзалах и привокзальных площадях, а также занимаются сопутствующими видами бизнеса. Все созданные пригородные компании являются дочерними обществами ОАО «РЖД» и по существу полностью от него зависят.

В настоящее время состояние пригородного пассажирского комплекса в целом характеризуется следующими признаками:

- созданы условия для развития конкуренции на рынке пригородных перевозок;
- пригородные пассажирские компании – дочерние общества ОАО «РЖД» могут устойчиво осуществлять, как минимум, безубыточную хозяйственную деятельность и могут обладать на праве собственности имуществом, необходимым для перевозок;
- созданы условия для равноправного доступа перевозчиков к производственным мощностям по ремонту подвижного состава;
- обеспечены достаточный объем субсидирования пригородных перевозок из региональных и федерального бюджетов, условия для создания пригородных пассажирских компаний – ДЗО ОАО «РЖД» как с долевым участием регионов, так и ДЗО, в которых ОАО «РЖД» владеет 100 % – 1 акцией, а также частных пригородно-городских пассажирских компаний;
- полигоны, обслуживаемые пригородными пассажирскими компаниями, определяются на основе не только регионального и технологического принципов, но и принципа тяготения пассажиропотоков.

Учитывая многочисленность ППК, трудности перехода к децентрализованной компенсации затрат на социально-значимые перевозки, необходимость совершенствования нормативно-правовой

базы регулирования пригородных пассажирских перевозок и выделения хозяйствующих субъектов, целесообразно формирование новой системы управления, обеспечивающей безопасность, устойчивость и эффективность производственной деятельности ППК, высокое качество транспортных услуг в пригородном пассажирском сообщении.

Опыт ведущих стран мира по структурному реформированию пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, анализ реформирования российских компаний в других отраслях экономически убеждают в эффективности создания в крупных компаниях централизованного органа управления большим количеством однопрофильных филиалов (дочерних обществ). Как правило, такой централизованный орган создается в форме структурного подразделения (филиала) или управляющей компании. Существует объективная необходимость в создании такого органа и для управления пригородным пассажирским комплексом ОАО «РЖД». При этом потребуются расширение функций ППК – возложение на них обязанностей повышения качества обслуживания населения не только в пригородном, но и в городском сообщении.

В эффективности железнодорожного пригородно-городского пассажирского транспорта убеждает положительный опыт ряда зарубежных стран, где такие системы уже созданы и успешно эксплуатируются (США, ФРГ, Англия, Франция, Япония и др.). Формирование сетей общественного пассажирского транспорта, объединяющего функции городских и пригородных путей сообщения, практически во всех странах мира базировалось на использовании существовавших ранее в черте города и пригородов железнодорожных линий (магистральных внутриузловых ходов, пригородных участков, подъездных путей промышленности). Опыт показал возможность реализации на таких сетях высокой пропускной и провозной способности.

Основные преимущества железнодорожного транспорта в городском сообщении по сравнению с другими видами наземного транспорта:

- возможность организации беспересадочных сообщений в зоне «город-пригород», одновременно обеспечивающих разгрузку привокзальных площадей и маршрутов городского транспорта;
- минимальная потребность в территориях, необходимых для размещения путевой инфраструктуры;
- более высокий уровень безопасности движения поездов;
- более высокая надежность и регулярность сообщений благодаря малой зависимости рельсового транспорта от погодных условий;
- возможность выполнения пассажирских перевозок по твердым графикам и расписаниям движения;
- двух-трёхкратное повышение эксплуатационной скорости движения электропоездов по сравнению с трамваем, троллейбусом и автобусом;
- меньшие эксплуатационные расходы и меньшая себестоимость перевозки пассажиров;
- минимальное отрицательное влияние на окружающую среду по сравнению с автомобильным транспортом.

Вместе с тем наземное расположение железнодорожных линий расчленяет планировочную структуру города, делает ее менее удобной для организации транспортных связей и требует сооружения дорогостоящих путепроводных развязок. Наземные железнодорожные линии при отсутствии достаточного количества путепроводных развязок увеличивают пробеги городского уличного транспорта.

Объективно оценивая все преимущества и недостатки железнодорожного обеспечения транспорта, надо признать, что настало время отказаться от принятого когда-то и устаревшего принципа – пригородного сообщения между городом и ближайшими пригородами не железнодорожным транспортом. В современных условиях такой подход не только устарел в теоретическом отношении, но и был отвергнут практикой развития железнодорожных устройств в узлах за истекшие десятилетия. Тем более в перспективе концепция сохранения в городах изолированных транспортных систем не может считаться обоснованной.

Список литературы

- 1 Дранченко, Ю. Н. Организация пассажирских железнодорожных перевозок в мегаполисной системе «город-пригород»: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Ю. Н. Дранченко. – М. : МИИТ, 2019. – 248 с.

2 Куренков, П. В. Железная дорога в городе: за и против / П. В. Куренков, Ю. Н. Дранченко // Транспорт: наука, техника, управление // ВИНТИ. – 2014. – № 1. – С. 26–34.

3 Куренков, П. В. Проблема безыточности пригородных перевозок / П. В. Куренков, Ю. Н. Дранченко // Экономика железных дорог. – 2016. – № 2. – С. 35–41.

4 Куренков, П. В. Научно-методические рекомендации по решению первоочередных задач для пассажирских перевозок в системе «город-пригород» / П. В. Куренков, Ю. Н. Дранченко, С. А. Волкова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. – № 1. – С. 4–12.

УДК 656.13

ПРОБЛЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫДЕЛЕННЫХ ПОЛОС ДЛЯ МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

ЛЮ ЮЙВЕЙ, С. В. СКИРКОВСКИЙ, Д. В. КАПСКИЙ
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Приоритетное движение маршрутных пассажирских транспортных средств (МПТС) организуют с целью уменьшения затрат времени пассажиров на поездки с использованием маршрутного пассажирского транспорта (МПТ), повышения эффективности использования МПТС, формирования оптимальной структуры транспортного потока на городской дорожной сети, повышения безопасности движения на маршрутах следования и, как следствие вышесказанного, повышения привлекательности МПТ для пассажиров [1–3].

Мероприятия по организации приоритетного движения МПТ по дорожной сети предусматривают комплексные планировочные и организационные решения, основанные на обследовании дорожных условий, характеристик транспортных и пешеходных потоков.

Приоритет движения МПТ может быть обеспечен выделением обособленных полос на проезжей части. Обустройство выделенных полос для маршрутного пассажирского транспорта (МПТ) – правильное и своевременное решение, направленное на повышение мобильности и эффективности транспортной системы современного города. Вместе с тем в процессе проведения натурных обследований и экспериментальных исследований условий движения МПТ выявляются проблемы устройства выделенных полос. Выявленный комплекс проблем можно разделить на общесистемные и организационно-планировочные проблемы [4, 5].

К первой группе можно отнести бессистемность и хаотичность сети выделенных полос, дублирование линий метрополитена и необходимость планировочных решений по изменениям улично-дорожной сети. Ко второй группе относятся необходимость проведения ряда планировочных решений по уширению и обустройству левоповоротных и правоповоротных полос; координация работы светофорных объектов в пределах сети МПТ; организация пешеходных переходов, регулируемых и скоординированных по всей магистрали в единый план координации с обеспечением приоритетного движения МПТ; оптимизация размещения остановочных пунктов для уменьшения задержек движения МПТ и обустройство правоповоротных съездов; организация движения с боковых съездов с исключением правоповоротного движения «сразу – в крайнюю левую полосу» и обеспечение безопасного и комфортного «встраивания» в поток при наличии на сети заездных карманов ОП МПТ следует их делать шириной не менее 3 м [5–7].

Увеличение скорости сообщения маршрутного транспорта за счет организации движения по выделенным полосам позволит повысить привлекательность маршрутного пассажирского транспорта и будет способствовать выбору этого вида транспорта как средства передвижения.

Однако отсутствие системности в применении мероприятий (отсутствие перехватывающих парковок и неудобная билетная система) не привели к существенному улучшению работы всей системы наземного маршрутного пассажирского транспорта в крупнейших городах страны (Минск, Гомель). Отказаться от личного автомобиля в пользу общественного транспорта пассажиры все еще не готовы. На некоторых участках (например, по ул. Притыцкого, пр-ту Независимости в Минске) введение выделенных полос ухудшило и без того непростую дорожную ситуацию, т. к. способствовало занятию личным транспортом полос, предназначенных для МПТ, поскольку нет должного контроля их занятости, особенно на ненагруженных участках движения МПТ при загрузке всех по-

лос движения личного транспорта. В некоторых случаях выделенные полосы наносятся без учета велодвижения.

Список литература

1 Димова, И. П. Повышение эффективности функционирования остановочных пунктов городского пассажирского транспорта и движения транспортных средств в зоне их влияния : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / И. П. Димова. – Тюмень, 2009. – 167 с.

2 Ермак, Е. М. Размещение остановочных пунктов городского пассажирского транспорта : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Е. М. Ермак. – Харьков, 2010. – 143 с.

3 Зедгенизов, А. В. Повышение эффективности дорожного движения на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А. В. Зедгенизов. – Иркутск, 2008. – 128 с.

4 Юйвэй, Л. Влияние условий организации движения на работу остановочных пунктов на магистральной сети крупнейших симбиотических городов / Л. Юйвэй, Д. В. Капский, С. В. Скирковский // Вестник Полоцкого гос. ун-та: Промышленность. Прикладные науки. Сер. В. – 2022. – № 10 (46). – С. 73–79.

5 Капский, Д. В. Исследование расположения остановочных пунктов на магистральной сети городов / Д. В. Капский, Ю. Лю, С. В. Скирковский // Проблемы международной транспортной политики : материалы Междунар. конф. – М. : 2022. – С. 55–58.

6 Рассоха, В. И. Факторы, влияющие на пропускную способность остановочных пунктов городского пассажирского транспорта / В. И. Рассоха, М. М. Исхаков // Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин : материалы Междунар. науч.-техн. конф., 8 апреля 2009 г. – Тюмень, 2009. – С. 281–286.

7 ТКП 45-3.03-227-2010 (02250). Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2011-07.01. – Минск : Минстройархитектуры, 2011. – 46 с.

УДК 656.02

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА МТК «СЕВЕР – ЮГ» ДЛЯ ПЕРЕВОЗОК ЭКСПОРТНОЙ ПРОДУКЦИИ БЕЛАРУСИ

В. С. МИЛЕНЬКИЙ, В. В. КОЗЛОВ

БелНИИТ Транстехника, г. Минск, Республика Беларусь

Республика Беларусь является производителем большого перечня товаров, реализуемых в зарубежные страны. При этом транспортная и логистическая деятельность являются одними из важных направлений для развития экономики страны и повышения качества жизни ее граждан. Санкции и ограничения, вводимые рядом зарубежных государств в отношении субъектов хозяйствования республики, стимулируют их к поиску новых маршрутов и рынков услуг. Например, страны Балтии и Польша, несмотря на то, что их стратегии развития транспорта основаны на широком использовании потенциала портовой инфраструктуры, закрывают возможность экспортерам продукции Беларуси перемещать свою продукцию по рациональным маршрутам. Эта ситуация создала предпосылки для планирования перевозок грузов по международному транспортному коридору (далее – МТК) «Север – Юг», что позволяет создать единый транспортный каркас на пространстве Большой Евразии и существенно сократить сроки доставки товаров.

МТК «Север – Юг» связывает северо-западную часть России и страны Скандинавии с государствами Центральной Азии, Персидского залива и Индийского океана. Коридор включает инфраструктуру железнодорожного, автомобильного и внутреннего водного транспорта, морские порты на Каспии (Астрахань, Оля, Махачкала, Баку / Алят, Актау / Курык, Туркменбаши, Энзели, Ноушехр, Амирабад), порты Персидского залива (Бендер, Аббас и Чабахар), международные автомобильные и железнодорожные пункты пропуска на границах стран. В последние годы повысилась актуальность перевозки грузов по МТК «Север – Юг» в результате активного взаимодействия стран ЕАЭС с Индией, Ираном и другими государствами (Азербайджан, Казахстан, Туркменистан). Этому способствовало открытие в 2014 г. железнодорожной линии «Жанаозен – Кызылкая – Берекет – Этрек – Горган» протяженностью более 900 км. Схема МТК «Север – Юг» и Транскавказским коридорами приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема МТК «Север – Юг» в сочетании с Северным евразийским и Транскавказским коридорами

В 2018 г. представители ЕАЭС подписали с Ираном временное соглашение об образовании зоны свободной торговли. В настоящее время проводятся переговоры по заключению договора о создании такой зоны между ЕАЭС и Индией. С 2022 г. МТК «Север – Юг» обрел важнейший геополитический статус для перевозок грузов в направлении южного Азербайджана, Средней Азии и Ближнего Востока, так как является пунктом пересечения с другими глобальными и региональными широтными транспортными коридорами, проходящими с востока на запад. Это позволяет применять его при реализации инициативы Китайской Народной Республики (далее – КНР) «Один пояс, один путь», а также при формировании макрорегиональной транспортно-логистической системы – «евразийского транспортного каркаса», в развитии которого заинтересованы многие страны Евразийского континента, особенно не имеющие выхода к морю.

Прогнозируемая к 2030 г. структура объемов контейнерных перевозок по МТК «Север – Юг», тыс. ТЕУ, приведена на рисунке 2.

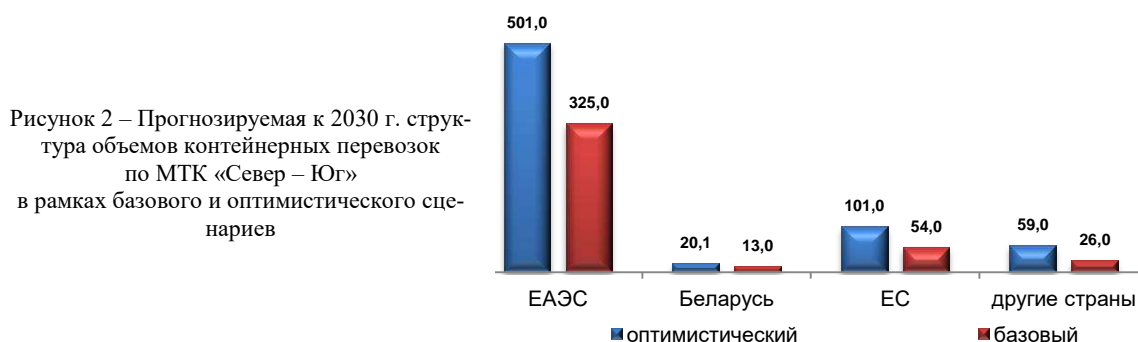


Рисунок 2 – Прогнозируемая к 2030 г. структура объемов контейнерных перевозок по МТК «Север – Юг» в рамках базового и оптимистического сценариев

В полном объеме выполняется подписанный в 2017 г. в ходе визита Президента Республики Беларусь в Индию меморандум о взаимопонимании между ОАО «Белорусская калийная компания» (далее – БКК) и компанией «Indian Potash Ltd.» по вопросам поставок белорусских калийных удобрений в Индию. По прогнозам экспертов Евразийского банка развития, к 2030 году доля белорусских экспортных грузов, перемещаемых по МТК «Север – Юг», будет варьироваться в пределах от

2,9 до 3,1 %. При этом прогнозируется, что в рамках сопряжения МТК «Север – Юг» с евразийскими широтными транспортными коридорами, связывающими Восток и Запад, объем перевозок грузов составит от 127 до 246 тыс. TEU (от 2,7 до 5,2 млн т), или порядка 40 % от совокупного объема контейнерных перевозок.

В соответствии со сложившейся географией и структурой потоков внешней торговли между странами, тяготеющими к коридору, увеличение объемов произойдет в направлении с Севера на Юг, т. е. из стран Скандинавии и северной части России в направлении Индии, Ирана, Пакистана. Прогнозируется, что к 2030 г. совокупный грузопоток контейнерных поездов составит от 9 до 18 пар в сутки. Увеличения пропускной способности железнодорожных линий, функционирующих в рамках коридора, не потребуется, поскольку ее максимальный потенциал составляет до 24 пар поездов в сутки. Структура распределения объемов работы основных операторов, которые организуют контейнерные перевозки грузов в рамках МТК «Север – Юг», приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Структура распределения объемов работы основных операторов по перевозке контейнеров в рамках МТК «Север – Юг»

Развитие контейнерных перевозок по МТК «Север – Юг» представляет значительный интерес для государств – членов ЕАЭС и для доставки грузов в страны Южной Азии и Персидского залива. Прогнозируемая к 2030 г. структура объемов контейнерных перевозок по МТК «Север – Юг», тыс. TEU, между государствами – членами ЕАЭС и странами Южной Азии и Персидского залива приведена на рисунке 4.

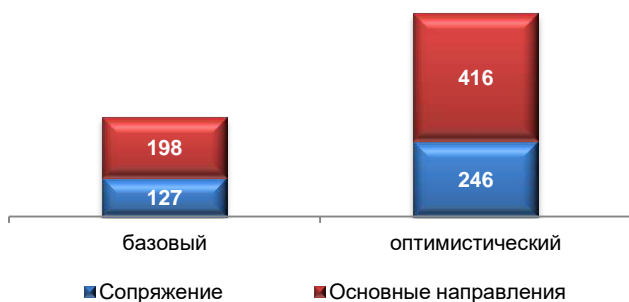


Рисунок 4 – Прогнозируемая к 2030 г. структура объемов контейнерных перевозок по МТК «Север – Юг» между государствами – членами ЕАЭС и странами Южной Азии и Персидского залива в рамках базового и оптимистического сценариев

Основной вклад в потенциальный объем контейнерных перевозок ЕАЭС вносят потоки грузов между России и Индией. Кроме того, для стран ЕАЭС является важным сопряжение МТК «Север – Юг» с широтным железнодорожным маршрутом Баку – Тбилиси – Карс, по которому контейнерные поезда смогут доставлять грузы в Грузию и Турцию.

Прогнозируемая до 2030 г. структура товарной номенклатуры, пригодной для контейнеризации из Беларуси, для перемещения в рамках МТК «Север – Юг», тыс. TEU, приведена на рисунке 5.

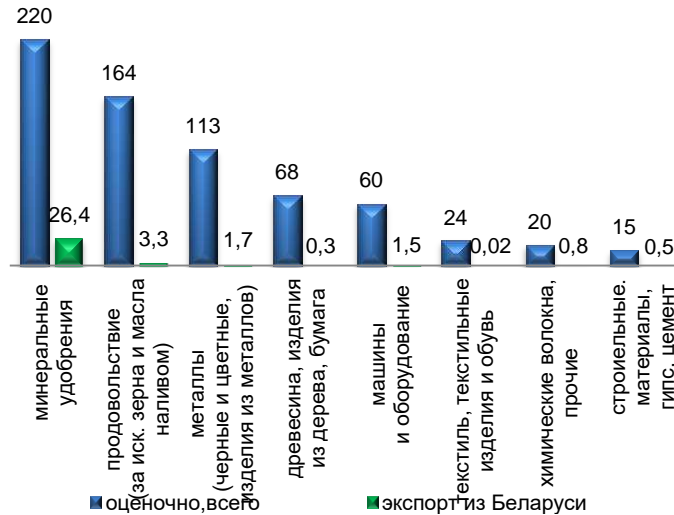


Рисунок 5 – Прогнозируемая до 2030 г. структура товарной номенклатуры, пригодной для контейнеризации из Беларуси, для перемещения в рамках МТК «Север – Юг»

К 2030 г. поток зерновых грузов по МТК «Север – Юг» может составить от 8,7 до 12,8 млн т [1]. Совокупный объем перевозок грузов по МТК «Север – Юг» может составить от 14,6 до 24,7 млн т. Структура объемов перевозок грузов в контейнерах к 2030 г. по МТК «Север – Юг», тыс. TEU, приведена на рисунке 6.

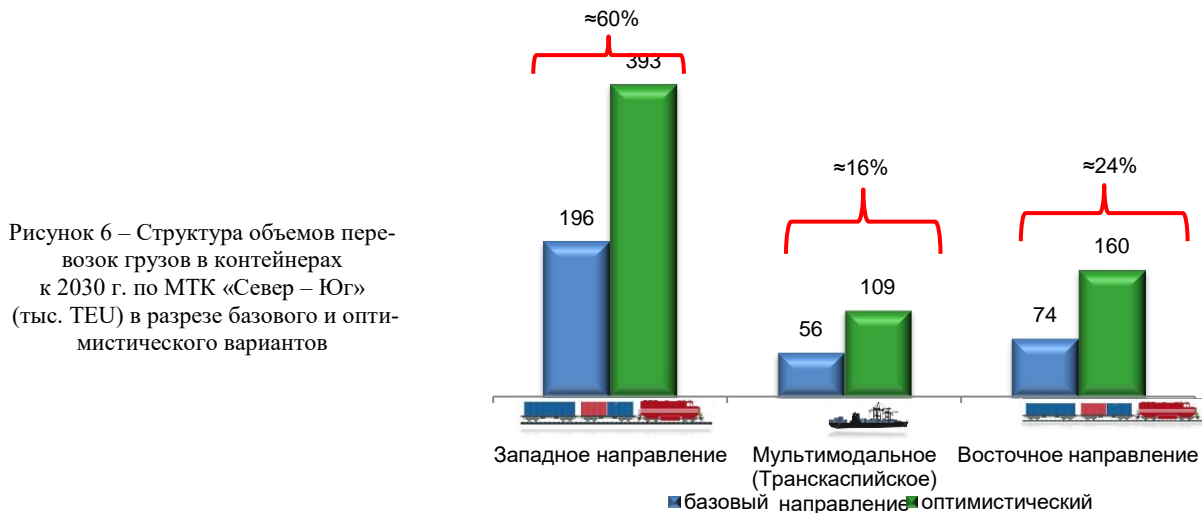


Рисунок 6 – Структура объемов перевозок грузов в контейнерах к 2030 г. по МТК «Север – Юг» (тыс. TEU) в разрезе базового и оптимистического вариантов

Все направления следования грузов по МТК «Север – Юг», представленные на рисунке 6, имеют значение для реализации экспортного потенциала Беларуси. Однако наибольший интерес представляет развитие Западного и Восточного железнодорожных направлений. Их удельный вес в общем грузопотоке составляет порядка 60 и 24 % соответственно. Это связано, прежде всего, с тем, что в Каспийском регионе железнодорожное сообщение развито в большей мере. По сравнению с другими видами транспорта улучшение качества железнодорожной инфраструктуры имеет наибольшее значение для увеличения объемов перевозки грузов по МТК «Север – Юг». Исследования показывают, что объемы торговли отдельными товарами снижаются с увеличением расстояния доставки продукции [2]. В то же время улучшение качества железнодорожной инфраструктуры на 0,1 балла создает условия для увеличения объемов внешней торговли в среднем на 5,8 %.

Развитие МТК «Север – Юг» является основой расширения транспортного потенциала в Евразии по сухопутным маршрутам. При этом должно быть реализовано сочетание преимуществ железнодорожного и автомобильного транспорта. Структура перевозок контейнерных и не контейнерных грузов, млн т, к 2030 г. по МТК «Север – Юг» приведена на рисунке 7.

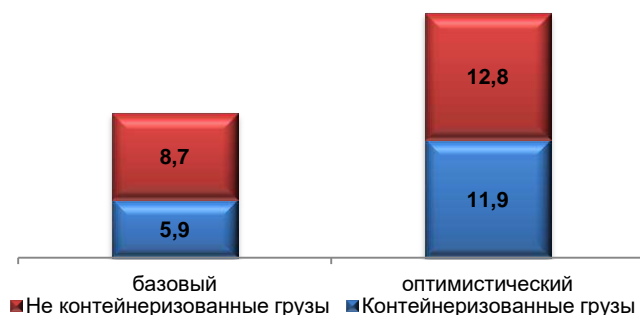


Рисунок 7 – Структура перевозок контейнерных и не контейнерных грузов (в млн т) к 2030 г. по МТК «Север – Юг» в разрезе базового и оптимистического сценариев

Ключевой страной МТК «Север – Юг» для развития международных автомобильных перевозок является Исламская Республика Иран. Одной из задач в части дальнейшего развития МТК «Север – Юг» является его трансформация в мультимодальный коридор, интегрированный с морскими линиями, соединяющими иранские, индийские, пакистанские и другие порты. Кроме того, необходимо создать условия для увеличения объемов перевозки грузов по Транскаспийскому маршруту МТК «Север – Юг», что позволит привлекать контейнерные грузы на Волжский водно-транспортный путь. В настоящее время потенциал автомобильных перевозок и перевозок внутренним водным транспортом по МТК «Север – Юг» значительно уступает железнодорожным перевозкам. К 2030 г. он оценивается в 45–50 тыс. TEU (или 0,9–1,1 млн т) и 10–20 тыс. TEU (0,2–0,4 млн т) соответственно. В то же время автомобильный транспорт продолжит играть важную роль при подвозе грузов к каспийским морским портам. Развитие внутреннего водного транспорта связано преимущественно с потенциалом Единой глубоководной системы России, соединяющей Каспийское море по реке Волге с Азово-Черноморским, Балтийским и Северным морскими бассейнами. Для перевозки белорусской экспортной продукции в Иран, Пакистан, Индию и другие страны Азии и Ближнего Востока по МТК «Север – Юг» целесообразно продолжить использование маршрутов доставки экспортной продукции через черноморские порты России и по сухопутному коридору через Турцию. Следует отметить, что при создании благоприятных условий для развития перевозок по МТК «Север – Юг» (ликвидация «узких мест» инфраструктуры, упрощение процедур пересечения границ, согласованная тарифная политика, формирование механизма по управлению коридором и т. д.) перечень заинтересованных стран – участниц соглашения может расширяться.

Учитывая сказанное выше, можно сделать следующие выводы.

1 С 2022 г. МТК «Север – Юг» обрел важнейший геополитический статус для перевозок грузов в направлении южного Азербайджана, Средней Азии и Ближнего Востока. Его сопряжение с широтными транспортными коридорами позволяет создать единый транспортный каркас на пространстве большой Евразии. Основным преимуществом МТК «Север – Юг» перед другими транспортными маршрутами является существенное сокращение сроков доставки товаров.

2 Развитие контейнерных перевозок по МТК «Север – Юг» представляет значительный интерес для государств – членов ЕАЭС по маршрутам в направлении стран Южной Азии и Персидского залива. К 2030 г. объемы перевозок грузов в Азербайджан, Иран, Индию и Пакистан могут составить от 245 до 501 тыс. TEU (от 4,4 до 9 млн т).

3 Основным импульсом для повышения значимости транспортных маршрутов по МТК «Север – Юг» является активное взаимодействие России с Индией, Ираном и другими странами южной части коридора в рамках реализации концепции Большой Евразии.

4 К 2030 г. совокупный грузопоток контейнерных поездов по маршрутам МТК «Север – Юг» может составить от 9 до 18 пар контейнерных поездов в сутки, что находится в пределах пропускной способности однопутных железнодорожных линий коридора (до 24 пар поездов в сутки). Совокупный потенциал контейнерных перевозок по МТК «Север – Юг», включающий в себя объемы перевозок по всем основным направлениям, может составить от 418,0 до 681,1 тыс. TEU (от 8,9 до 14,5 млн т).

Список литературы

1 МГИМО Консалтинг. Перспективы развития международного транспортного коридора «Север – Юг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://eurasian-strategies.ru/wp-content/uploads/2019/08/Sever-Jug.pdf>. – Дата доступа : 02.09.2023.

2 Carrère, C. Gravity without Apology: The Science of Elasticities, Distance, and Trade / C. Carrère, M. Mrázová, P. Neary // CESifo Working Paper. – 2020. – No. 8160. – 52 p.

УДК 656.2:658.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Логистика пассажирских перевозок стала актуальной в XXI в. Это связано с повышением сложности выполнения пассажирских перевозок, требований пассажиров к качественным параметрам выполнения пассажирской перевозки. Логистика пассажирских перевозок существенно отличается от логистики при работе с грузами и товарами. Это фактически новое научно-практическое направление хозяйственной деятельности, призванное содействовать созданию потребительской стоимости транспортных услуг населению с наименьшими общими издержками. Это позволяет сдерживать рост пассажирских тарифов, особенно на социально значимые перевозки в региональном и городском сообщениях.

Важным элементом логистики пассажирских перевозок является комплексное представление о методах и закономерностях построения логистических систем организации пассажирской перевозки, направленных на оптимальное управление ресурсами транспортных организаций. Основным объектом в ней является транспортный поток, выражаемый в двух формах: пассажиропоток и поток транспортных средств. При выполнении пассажирских перевозок используются следующие виды логистики:

– информационная – выполняет функции информационного обеспечения процесса перевозки (перемещения) пассажиров на всём маршруте следования, информирования потенциальных пассажиров об условиях поездки, особенностях работы видов транспорта, тарифах и приобретении проездных документов;

– сервисного обслуживания – включает в себя элементы логистики производственных процессов загрузочной логистики, которые выступают как часть логистики сервисного обслуживания пассажиров;

– транспортная – обеспечивает организацию непосредственной перевозки пассажиров по всем формам их транспортного обслуживания.

Информационная логистика при выполнении пассажирских перевозок предусматривает гибкость формирования потребительских свойств транспортной услуги для пассажиров. Она помогает пассажиру определиться с маршрутом выполнения поездки, доступностью для него по критериям платежеспособности, параметрам времени и ожидаемого комфорта. Информационная логистика имеет составляющие, характерные для производственного процесса транспортных организаций и для пассажиров. Для транспортных организаций она включает информационные сети – глобальные (интернет), внутри- и межведомственные (для обмена информацией между подразделениями внутри транспортного ведомства и между администрациями различных видов транспорта).

Глобальная информационная сеть (интернет) используется для актуализации коммерческой информации пассажиру: расписание движения поездов, условия приобретения проездных документов и поездки, тарифы, контактные пункты пересадки между видами транспорта и внутри железной дороги, возможности ресторации в пути следования и в конечных пунктах, гостиничного отдыха, реклама. Для служебных целей логистики при выполнении пассажирских перевозок интернет не

используется. Для этих целей на железной дороге имеется собственная система связи и информационного обеспечения.

Ведомственные сети связи используются в логистике операторами пассажирских перевозок различной формы (по видам перевозок, трансферов, туризма). Этот вид информационной логистики используется для служебных целей транспортных организаций:

- при выполнении управленческого учёта (для сбора статистической отчётности, планирования, прогнозирования, проведения маркетинга);
- межведомственных отношений при формировании маршрута поездки пассажира с использованием нескольких видов транспорта или видов сообщения;
- формировании маршрута движения поездов (при целевом использовании ночных или дневных поездов при различных условиях поездки пассажиров: день – ночь, дневной экспресс);
- при формировании сервиса поездки пассажира (питание в пути следования и на вокзалах, гостиничные услуги, досуг);
- предоставление пассажиру различного класса обслуживания: бизнес- или экономкласс.

В логистической информационной системе все уровни охвачены прямыми и обратными связями, обеспечивающими актуализацию транспортных услуг, предоставляемых железной дорогой, для населения. Качественное использование информационной логистики при выполнении пассажирских перевозок позволяет пассажирам сокращать продолжительность и стоимость начально-конечных операций (приобретение проездных документов через интернет, заказ места в отеле при невозможности прибытия в конечный пункт днём или необходимости пересадки в ночное или утреннее время суток).

Часть информационной логистической системы, используемая для пассажирских перевозок, включает подсистемы:

- сбора информации о возможностях и потребностях населения пользования транспортными услугами, возможностях транспортных организаций, которые обеспечивают подразделений (финансовой системы, таможенно-визовой, пограничной);
- пользователей информацией: населения, операторских компаний, транспортных организаций, органов государственного управления (при формировании заказа на перевозки населения);
- серверов для концентрации информации определенного назначения при обеспечении доступа пользователей.

В информационной логистике пассажирских перевозок главным требованием является наличие доброкачественной внутрипроизводственной и коммерческой информации. Это требование связано с обеспечением безопасности перевозок пассажиров, приемлемости условий поездки.

Логистика сервисного обслуживания пассажиров – набор технологических функций, выполняемых транспортными предприятиями, которые обеспечивают комфортабельное пребывание пассажира на объектах начально-конечных операций (вокзалах, посадочных платформах) и при выполнении поездки (передвижения). Она предусматривает следующие виды сервиса: билетно-кассовое обслуживание – обеспечение пассажирам возможности приобретения проездных документов в удобной для них форме; оказание «вокзальных услуг» по отправлению и прибытию; качество транспортных средств, предоставленных для перевозки; оказание дополнительных услуг в процессе перевозки; оказание услуг при пересадке на другой вид транспорта (трансфертных, кратковременного отдыха и питания).

Имеются также критерии сервиса логистики пассажирских перевозок:

- номенклатура и количество (вид класса обслуживания – бизнес-, эконом-, бюджетный, количество мест для сидения и стояния в транспортном средстве);
- качество обслуживания: высокое, низкое, среднее, конкурентоспособное;
- уровень обслуживания: с низкопрофессиональными навыками персонала, климатические условия поездки; состояние транспортных средств;
- цена (тариф), которая должна соответствовать качеству перевозки (в зависимости от скорости и сроков перевозки, состояния транспортных средств, периодичности движения, удобства времени отправления и прибытия);

– время – характеризуется точностью отправления и прибытия транспортных средств, увязанной с расписаниями движения на других (контактирующих) видах транспорта и продолжительностью поездки;

– безопасность – полное обеспечение безопасного проезда пассажира от момента приобретения им проездных документов до окончания поездки;

– надёжность – своевременность отправления и прибытия поездов в установленные сроки.

Логистика сервисного обслуживания пассажиров тесно связана с логистикой производственных процессов на видах транспорта: обновлением и содержанием транспортных средств, инфраструктуры, обеспечением топливно-энергетическими ресурсами, обучением персонала. Эффективность её работы достигается своевременной и комплексной поставкой транспортных средств для потребностей пассажирских перевозок (не в конце сезона, а в его начале); минимальными затратами на подготовку транспортных средств к сезону массовых перевозок; внедрением новой технологии перевозок и эффективных маршрутов перевозки пассажиров; обеспечением работоспособности технических устройств (пути, систем СЦБ и энергоснабжения на железной дороге, внутренних водных путей речных и морских портов, устройств навигации, аэропортов и аэровокзалов на воздушном транспорте, пограничных переходов).

От эффективности пассажирской логистики зависит величина тарифа на перевозки, стоимость выбранного логистического решения для удовлетворения спроса на перевозки. В результате возрастает спрос на железнодорожные пассажирские перевозки, при котором достигается их рентабельность для железной дороги.

УДК 656.2:658.5

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТАРИФОВ ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СХЕМ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

А. А. МИХАЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПАНГ ГУОСЮ

Цзименский университет, Китайская Народная Республика

Пассажирская логистика – неотъемлемая часть современной логистической железнодорожной отрасли. Она включает в себя транспортировку и управление персоналом и является важным звеном в коммерческой и общественной сферах. К характеристикам логистики пассажирских перевозок относятся высокая зависимость от транспортных средств, необходимость эффективного управления персоналом и обслуживания, высокие требования к безопасности и комфорту. Это отражается на построении тарифов для логистических схем пассажирских перевозок.

В мировой практике тарификации пассажирских перевозок при проезде пассажира в поездах межрегионального сообщения применяется общий пассажирский тариф, который построен с учетом снижения стоимости проезда одного пассажира. Пассажирский тариф учитывает не только затраты на перевозку, но и степень комфорта, предоставленного пассажиру (определяется классом обслуживания). Пассажирские перевозки в международном сообщении осуществляются в соответствии с соглашением о Межгосударственном пассажирском тарифе (МГПТ). Тарифы устанавливаются в тарифной валюте и применяются отдельно по железным дорогам-участницам за действительное расстояние поездки (билет) с доплатой за проезд в вагоне соответствующей категории железной дороги-собственницы (плацкарта). Финансовое покрытие тарифа на международную перевозку пассажиров выполняется в швейцарских франках. При переходе на межгосударственные расчёты в национальных валютах (рубли/юани) рассматривается возможность продажи проездных документов в рублях при продаже их на территории России и в юанях – на территории КНР.

Тарифы на перевозки пассажиров поездами международных и межрегиональных линий дифференцированы в зависимости:

– от класса обслуживания: VIP, бизнес- и экономкласс;

– типа вагона: купейного, плацкартного, общего (салонного типа);

– скорости движения поезда: скоростной, скорый, пассажирский.

С пассажиров взимаются дополнительные сборы:

– за оформление проездных документов в кассе вокзала или через интернет;

– переоформление проездного документа на ранее отправляющийся поезд или вагон другой категории;

– оформление возврата денег за неиспользованный проездной документ;

– восстановление испорченного проездного документа;

– резервирование мест в поездах для перевозки организованных групп.

Логистика железнодорожных пассажирских перевозок является достаточно новым и малоизученным направлением в транспортной логистике. В большинстве методических пособий отсутствует чёткое определение логистики железнодорожных пассажирских перевозок и её отражение в тарифах на пассажирские перевозки. Изучение этого вопроса и его особенностей представляется актуальным, так как недостаточное понимание проблемы приводит к ситуации, когда проезд по железной дороге намного дороже проезда на воздушном транспорте.

Объектом логистики железнодорожных пассажирских перевозок является железнодорожный пассажирский транспорт общего пользования. Он, в силу своей надёжности, регулярности, возможности перевозки пассажиров независимо от времени года и погодных условий, малой степени воздействия на окружающую среду (по сравнению с другими видами транспорта), небольшой энергоёмкости перевозочной работы (потребление энергии на железнодорожном транспорте в 6 раз меньше, чем в авиации, и в 3 раза меньше, чем на автотранспорте), широко используется как во внутренних, так и в международных связях, обеспечивает возможность доставки пассажиров на большие расстояния.

Предметом логистики железнодорожных пассажирских перевозок является комплекс задач, связанных с организацией перевозки пассажиров. Задачи логистики железнодорожных пассажирских перевозок, отражаемые при построении тарифов включают:

– выбор типа пассажирского железнодорожного транспорта общего пользования;

– создание оптимальных (рациональных) маршрутов доставки пассажиров;

– минимизацию транспортных затрат на пассажирские перевозки;

– планирование транспортных процессов на пассажирском железнодорожном транспорте.

Эффективная логистика железнодорожных пассажирских перевозок – это создание оптимальных маршрутов, на которых существует возможность в комфортных условиях доставить пассажира до нужных им станций в кратчайшие сроки с минимальными затратами.

Логистические подходы к построению тарифов пассажирских перевозок начали применять сравнительно недавно. Основные термины пассажирской логистики продолжают формироваться и толкуются до сих пор по-разному. Для обеспечения эффективной работы в этой сфере должны быть сформулированы единые понятия и описаны отличительные особенности перевозок, организуемых на базе логистических принципов. При этом подлежат рассмотрению такие понятия, как территориальная подвижность населения, мобильность пассажира, логистика пассажирских перевозок, логистическая цепочка перемещения пассажира, пассажирская транспортная система, мультимодальная перевозка в пассажирском сообщении, интермодальная перевозка в пассажирском сообщении.

Ценовая политика в сфере пассажирских перевозок существенно отличается от формирования тарифов на другие виды перевозок. Пассажирский тариф должен обеспечивать соответствие объёма и качества предоставляемых услуг платежеспособному спросу представителей практически всех слоев населения страны. Актуальность проблемы эффективности пассажирских перевозок железнодорожным транспортом после реформирования приобретает всё возрастающее значение. С одной стороны, это связано с неопределённостью решения вопросов необходимости использования рыночных методов построения тарифов. С другой стороны, отсутствие условий, обеспечивающих баланс интересов населения, регионов и государства. Кроме того, недостаточно разработаны и реализованы организационно-экономические механизмы регулирования тарифов на уровне пассажирских железнодорожных компаний во взаимосвязи с государственными интересами. В результате это привело к снижению спроса населения на перевозки железнодорожным транспортом из-за роста их стоимости и снижения качества оказываемых компанией услуг. Кроме того, это обусловило появление значительного количества убыточных компаний данной отрасли, устаревания их инфраструктуры.

Проведенные исследования показывают, что основным видом транспорта, обеспечивающим пассажирские перевозки в агломерациях РБ и КНР, является железнодорожный транспорт. Сове-

менный ритм жизни городских агломераций требует снижения транспортных издержек с точки зрения как затрачиваемого времени на перемещение, так и финансовых расходов. Основным объектом научных исследований в сфере пригородных пассажирских перевозок являются пассажиропотоки, обладающие пространственной и временной неравномерностью. При этом, как правило, исследуются существующие пассажиропотоки, сформировавшиеся под воздействием не только внешних, но и внутренних по отношению к транспорту факторов: расписание движения пригородных поездов, особенности инфраструктуры, комфортабельность подвижного состава.

Возникает потребность модели гибкого тарифного регулирования, чувствительного к интересам субъектов рынка, социально-экономическому положению региона и конкуренции на рынке, которая позволяет гармонизировать интересы всех субъектов рынка пассажирского транспорта. Используется моделирование зависимости пассажиропотока от величины тарифа и объема транспортной работы, что позволяет более эффективно сформировать тариф на перевозки пассажиров, особенно в международном сообщении. В процессе исследований выявлено, что в настоящее время основное внимание уделено нормативному методу ценообразования. Кроме того, современные методы тарифного образования рассматривают лишь две стороны процесса пассажирских перевозок перевозчиков и пассажиров, исключая интересы органов власти. Существующие методы формирования тарифа практически не учитывают транспортный спрос и предложение, принимая их за постоянную величину. Для решения данной проблемы целесообразно учесть результаты двух моделей: оптимальной и социологической. Такой подход приведет к более рациональному тарифному регулированию со стороны государства и отрасли.

УДК 656.2

РАЗВИТИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Г. И. НИКИФОРОВА, Т. Г. СЕРГЕЕВА, О. П. КИЗЛЯК

*Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Российская Федерация*

Развитие железнодорожных пассажирских перевозок должно рассматриваться в комплексе с расширением географии туристической индустрии, оценивать предстоящий спрос на такие перевозки, учитывать направления цепочек грузовых и т. д. [1–5]. Современная санкционная политика особенно повлияла на отечественный авиационный транспорт, в меньшей степени затронув железнодорожный, однако сильно отразилась на направлении грузо- и пассажиропотоков [6–8].

Эффективно выстраивать стратегию развития системы можно с использованием форсайт-исследования, которое обладает рядом преимуществ. Самое значимое положительное свойство форсайт-исследования – активное формирование будущего. Форсайтами в разное время занимались зарубежные и отечественные ученые [1–3, 5–8]. Форсайт-исследованиями в сфере железнодорожного транспорта известен П. В. Куренков [1, 7].

Методы форсайта образуют так называемый «ромб форсайта» (рисунок 1).

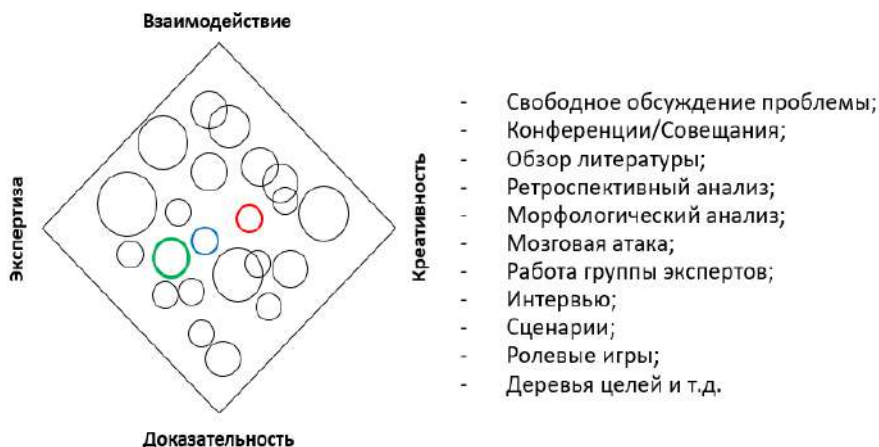


Рисунок 1 – Методы форсайт-исследования

Форсайт начинает работать при применении всего комплекса методов и эффективно себя показывает в ряде направлений исследований. Целесообразность развития пассажирского железнодорожного комплекса было бы результативно исследовать с использованием форсайта. Комплексность форсайта в отношении развития пассажирского кластера должна как минимум основываться на следующих тенденциях:

- развитие грузового движения в том числе по коридорам «Север - Юг» и «Запад – Восток»;
- развитие туристической сферы;
- общие тенденции развития транспортной сети, в том числе автотранспорта и авиационного транспорта, в связи с меняющейся геополитической обстановкой;
- мультимодальность пассажирских перевозок как перспективный тренд развития транспорта;
- платежеспособность населения сейчас и в будущем;
- рост продолжительности жизни;
- рост численности населения и распределение плотности населения по регионам РФ;
- экологические аспекты и т. д.

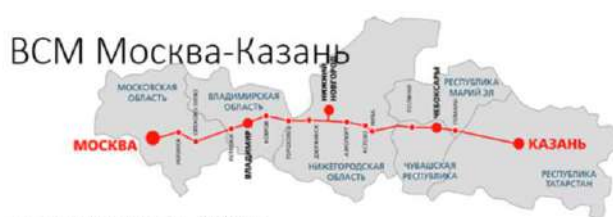
Полигон организации скоростного и высокоскоростного движения охватывает Северо-Запад, центральную Россию и юг страны. Проект реализации высокоскоростной магистрали (далее – ВСМ) Москва – Санкт-Петербург предполагает протяженность 680 км и время в пути для пассажира 2 часа 30 минут (рисунок 2).

ВСМ Москва - Санкт-Петербург



Рисунок 2 – Характеристики ВСМ Москва – Санкт-Петербург

Магистраль Москва – Казань протяженностью 800 км обещает время в пути 3 часа 10 минут (рисунок 3).



- протяженность 800 км
- время в пути 3 часа 10 минут
- скорость 350-400 км/час
- территория 7-ми субъектов Российской Федерации: Москвы и Московской области, Владимирской и Нижегородской областей, Чувашской Республики, Республики Марий Эл и Республики Татарстан.

Рисунок 3 – Характеристики ВСМ Москва – Казань

Общим ключевым фактором для этих проектов является протяженность до 1000 км. Мировой опыт организации высокоскоростного железнодорожного движения при существующих технических возможностях показывает, что именно на таком расстоянии ВСМ может эффективно конкурировать с воздушным транспортом.

Проект высокоскоростного грузопассажирского коридора «Евразия» общей протяженностью выше 7000 км, безусловно, амбициозный и значимый проект даже с позиции геополитического подхода. Однако вопрос, сможет ли общее время в пути от Москвы до Пекина (32 часа против обычных 132 часов) конкурировать с авиаперевозкой, требует дополнительного исследования. Этот проект должен иметь серьезное экономическое и социальное обоснование, которое и может дать форсайт-исследование. Ведь еще одним преимуществом форсайта является работа с длительным периодом будущего (более 50 лет). Например, известна методика оценки преимущества высокоскоростного железнодорожного сообщения [8] на расстояние до 1000 км и свыше 1000 км (рисунок 4).

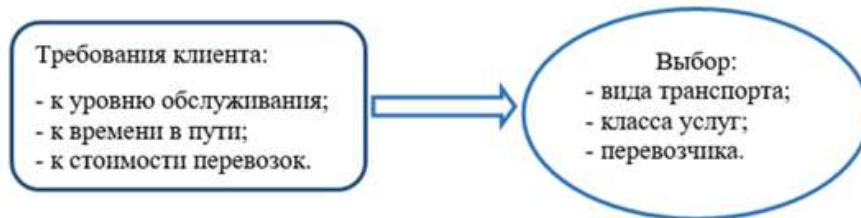


Рисунок 4 – Условия выбора вида транспорта, класса и услуг перевозчика пассажиром

Рейтинг того или иного перевозчика или вида транспорта по критериям выбора может быть подсчитан по формуле

$$G = \sum_{j=1}^n \frac{P_i}{j},$$

где P_i – критерий; j – ранг.

Также следует понимать, что тренд мультимодальности пассажирских перевозок требует исследования взаимодействия высокоскоростного пассажирского транспорта с другими видами транспорта, удобных высокотехнологичных транспортно-пересадочных комплексов. Особое внимание следует уделить оперированию такими перевозками и определению правового статуса возможного оператора пассажирских перевозок.

В связи с вышеизложенным можно сделать следующие выводы:

- развитие пассажирского кластера ОАО «РЖД», возможно, должно быть обосновано, с помощью форсайт-исследования;
- реализация проекта ВСМ на расстояния свыше 1000 км должна иметь серьезное социальное и экономическое обоснование;
- развитие пассажирского комплекса должно проходить в рамках мультимодальности;
- развитие мультимодальных перевозок предполагает выделение оператора пассажирских перевозок, который требует определения правового и технического статусов.

Список литературы

- 1 Влияние процессов глобализации и регионализации мировой экономики на развитие транспортной отрасли / П. В. Куренков [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 4 (100). – С. 67–70.
- 2 Покровская О. Д. Совершенствовании эксплуатационной работы пассажирских и технических станций / О. Д. Покровская, П. К. Паршин // Транспорт: наука, техника, управление : Научный информационный сборник. – 2023. – № 8. – С. 26–33.
- 3 Афанасьев, Г. Э. Что такое форсайт? Попытки определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://stra.teg.ru/library/global/Prognoz/foresight/4>. – Дата доступа : 02.09.2023.
- 4 Балацкий Е. В. Технологии предвидения будущего: от сложного к простому [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kapitalrus.ru/articles/article/64>. – Дата доступа : 02.09.2023.
- 5 Гохберг, Л. М. Новые тенденции в российской практике форсайт-исследований / Л. М. Гохберг // Форсайт. – 2009. – № 3 (11). – С. 5.
- 6 Третьяк, В. П. Формирование Форсайта и развитие гражданского общества / В. П. Третьяк // Управление наукой и наукометрия. – 2007. – № 2. – С. 141–146.
- 7 Куренков П. В. Применение форсайт-технологий в управлении транспортным комплексом / П. В. Куренков, М. А. Нехаев, Н. В. Мойсевич // Вестник транспорта. – 2012. – № 3. – С. 36–44.
- 8 Оценка конкурентоспособности высокоскоростного железнодорожного и авиационного транспорта на расстояние перевозки до 1000 км / А. С. Кожевникова [и др.] // Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ–2022) : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А. Ю. Паньчева, Т. С. Титовой, О. Д. Покровской; отв. за выпуск А. В. Сугоровский [и др.]. – СПб. : 2022. – С. 253–257.

РАСЧЕТ МАРШРУТОВ СЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В СЕТИ

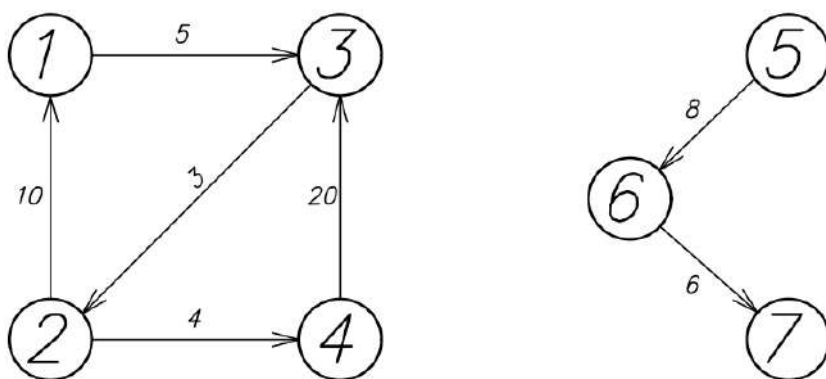
Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, Е. В. ЩЕРБИНИНА

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Рассмотрим транспортную сеть, в которой протекают транспортные потоки однородной продукции. Основным критерием, определяющим выбор оптимального варианта маршрутов следования транспортных потоков по сети, является минимизация затрат, которые связаны с продвижением этих потоков по участкам сети. Прежде чем определить оптимальный вариант маршрутов, необходимо проверить связность сети – наличие возможности добраться из каждого пункта сети в любой другой. Определение связности сети позволит определить ее узкие места – пункты или группы пунктов, не имеющие с остальными существующих возможных маршрутов, по которым возможно обеспечить движение транспортных потоков, или пункты, связанные однонаправленно, то есть имеющие либо только входящие потоки, либо исходящие. Знание наличия узких мест позволит определить необходимость прокладки новых маршрутов, которые сделают сеть связанной.

Для решения этой задачи предлагается использовать теорию графов и алгоритм Флойда – Варшалла.

Рассмотрим предлагаемый метод на примере решения следующей задачи. Заданы: полигон, состоящий из 7 пунктов возможного зарождения или погашения транспортных потоков 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, существующие пути сообщения между пунктами, затраты, связанные с продвижением транспортного потока от одного пункта к другому. Представим данный полигон в виде взвешенного ориентированного графа $G = (V(G), E(G))$, где пункты возможного зарождения и погашения транспортных потоков – это вершины $V(G)$, при этом существующие пути сообщения – это дуги $E(G)$, вес которых – затраты на перемещение транспортных единиц из одного пункта в другой. Орграф G приведен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Расчетный полигон, представленный в виде орграфа G

Составим входную матрицу смежности для орграфа G . Элементы матрицы принимают значение в соответствии с формулой 1, где $D_0[i, j]$ – элемент матрицы смежностей, v_i и v_j – две произвольные вершины орграфа G , e_{ij} – вес ребра e , соединяющего вершины v_i и v_j , E – множество ребер орграфа G [2].

$$D_0[i, j] = \begin{cases} 0, & \text{если } i = j \\ e_{ij}, & \text{если вершина } v_i \text{ смежна } v_j, i \neq j, (i, j) \in E, \\ \infty, & \text{если } i \neq j, (i, j) \notin E \end{cases} \quad (1)$$

Составим матрицу предшествования B_0 , которая показывает, каким путем мы идем из вершины v_i в v_j . Элементы матрицы принимают значение в соответствии с формулой (2), где $B_0[i, j]$ – элемент матрицы; V – множество вершин орграфа G .

$$B_0[i, j] = i, \quad i \neq j, \quad i \in V. \quad (2)$$

Матрица смежностей D_0 и матрица предшествования B_0 представлены на рисунке 2.

j \ i	1	2	3	4	5	6	7
1	0	∞	5	∞	∞	∞	∞
2	10	0	∞	4	∞	∞	∞
3	∞	3	0	∞	∞	∞	∞
4	∞	∞	20	0	∞	∞	∞
5	∞	∞	∞	∞	0	8	∞
6	∞	∞	∞	∞	∞	0	6
7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0

j \ i	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6	7
2	1	2	3	4	5	6	7
3	1	2	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	7
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7

Рисунок 2 – матрица смежностей D_0 и матрица предшествований B_0 орграфа G

Теперь, используя алгоритм Флойда – Варшалла найдем кратчайшие пути между всеми парами вершин. При каждой итерации k элементы матрицы принимают значения в соответствии с формулой (3) [3], где $D_k[i, j]$ – элемент матрицы инцидентности k -й итерации, e_{ij}^{k-1} – значение элемента матрицы $k-1$ итерации, $e_{i,k}^{k-1} + e_{k,j}^{k-1}$ – сумма элементов матрицы k -й итерации, проходящих через вершину k . При этом элементы матрицы предшествий B_k принимают значения в соответствии с формулой (4):

$$D_k[i, j] = \min(e_{ij}^{k-1}, e_{i,k}^{k-1} + e_{k,j}^{k-1}), \quad i \neq j, (i, j) \in E, (i, k) \in E, (k, j) \in E \quad (3)$$

$$B_k[i, j] = \begin{cases} 0, & \text{если } i=j, \\ i_{k-1}, & \text{если } D_k[i, j] = D_{k-1}[i, j], i \neq j, (i, j) \in E, \\ i_k, & \text{если } D_k[i, j] \neq D_{k-1}[i, j], i \neq j, (i, j) \in E \end{cases} \quad (4)$$

Значения матриц D_k и B_k с полученными кратчайшими маршрутами представлены на рисунке 3, жирным шрифтом отмечены ячейки матриц, которые были изменены в ходе итераций, конечное число итераций – 7.

j \ i	1	2	3	4	5	6	7
1	0	8	5	12	∞	∞	∞
2	10	0	15	4	∞	∞	∞
3	13	3	0	7	∞	∞	∞
4	33	23	20	0	∞	∞	∞
5	∞	∞	∞	∞	0	8	14
6	∞	∞	∞	∞	∞	0	6
7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0

j \ i	1	2	3	4	5	6	7
1	1	3	3	3	5	6	7
2	1	2	1	4	5	6	7
3	2	2	3	2	5	6	7
4	3	3	3	4	5	6	7
5	1	2	3	4	5	6	6
6	1	2	3	4	5	6	7
7	1	2	3	4	5	6	7

Рисунок 3 – Результат расчета кратчайших маршрутов графа G: D_7 – матрица инцидентности 7-й итерации; B_7 – матрица предшествий – маршрут следования из каждой вершины в любую другую

На рисунке 3, наглядно видно, что рассматриваемый граф несвязный: столбцы и строки 5, 6, 7 – заполнены знаком «∞» относительно столбцов и строк 1, 2, 3, 4. Это означает, что пункты возможного зарождения или погашения транспортных потоков 5, 6, 7 не имеют связи с пунктами 1, 2, 3, 4, или можно сказать, между ними отсутствуют возможные маршруты следования транспортных потоков. Если в орграфе знаком «∞» заполнена только одна ячейка или часть ячеек строки или столбца, это означает, что рассматриваемый орграф является слабо связным, т. е. связным неориентированным графом, полученным из орграфа путем замены дуг на рёбра [3]. Так как рассматривается транспортная сеть, слабо связный орграф указывает на пункты, связанные с остальными однонаправленно, то есть данный пункт имеет только либо входящие транспортные потоки, либо только исходящие. В рассматриваемом примере подграф 5, 6, 7 является слабо связным: вершина 5 имеет только исходящую дугу, а вершина 7 – только входящую. Результат анализа рисунка 3 – рассматриваемая транспортная сеть несвязанная.

Сделаем сеть связанной. Для этого необходимо орграф G сделать связным. Граф называется связным, если любые две его вершины связаны [1]. Так как мы рассматриваем орграф, то, чтобы обеспечить его связность, необходимо и достаточно, чтобы в каждую вершину входило и выходило минимум по одной дуге [3]. Соединим каждую из вершин 1, 2, 3, 4 с вершинами 5, 6, 7 так, чтобы каждая имела минимум по одной входящей и исходящей дуге, зададим вес дугам. Примечание: вес дуг определяется затратами, связанными с продвижением транспортных потоков по новым маршрутам. Полученный орграф G' представлен на рисунке 4. Рассмотренным выше методом составим матрицы смежности D'_0 и предшествий B'_0 (представлены на рисунке 5, а) и определим кратчайшие маршруты в орграфе. Результат расчетов представлен на рисунке 5, б).

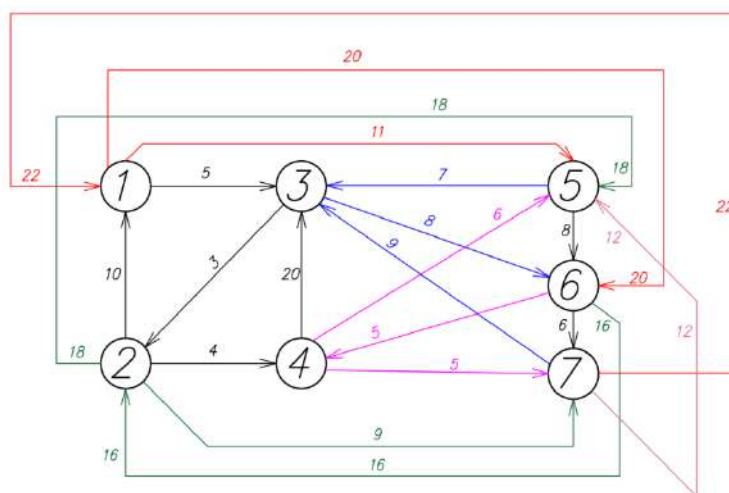


Рисунок 4 – Расчетный полигон с добавленными дугами, представленный в виде орграфа G'

В соответствии с полученными результатами откорректирован граф G' : дуги 1–5 и 2–5 не используются при построении кратчайших маршрутов. Откорректированный граф представлен на рисунке 6, где пунктирными линиями показаны дуги 2–9 и 7–2, от которых можно отказаться, тогда маршрут из вершины 7 в вершину 1 пройдет через вершины 7–3–2–1, длина полученного маршрута – равняется весу дуги 7–1 – 22 у. е., а во всех маршрутах, в которых задействована дуга 2–7, последнюю можно заменить дугами 2–4–7. Данные маршруты остались задействованы в матрице инцидентности D'_7 орграфа G' , так как они были в матрице смежностей, которая является «исходными данными» для расчета, а в соответствии с формулой (4) новое значение ячейке таблицы присваивается только если оно меньше существующего. Таким образом, в зависимости от требований, предъявляемых к транспортной сети, полученные данные необходимо подвергать логическому контролю. Необходимость сохранения полученных новых маршрутов, таких как 7–1 и 2–7, определяется параметрами существующей транспортной сети: пропускная способность участков, перерабатывающая способность пунктов возможного зарождения или погашения транспортных потоков. В случае если пропускная способность участка 4–7 или 3–2 исчерпаны, то маршруты 7–1 и 2–7 необходимы; если же пропускная способность участков 4–7 и 3–2 позволяют обеспечить пропуск потока, курсирующего по полученному маршруту 7–1 и 2–7, то от этих маршрутов можно отказаться.

С перерабатывающей способностью промежуточных пунктов аналогично: если мощности промежуточных пунктов на маршруте следования (для назначения 7–1 промежуточными пунктами будут 3, 2, для назначения 2–7 – пункт 4) позволяют обрабатывать транспортные потоки маршрутов 1–7 и 2–7, то от новых маршрутов можно отказаться, в противном случае их нужно оставить.

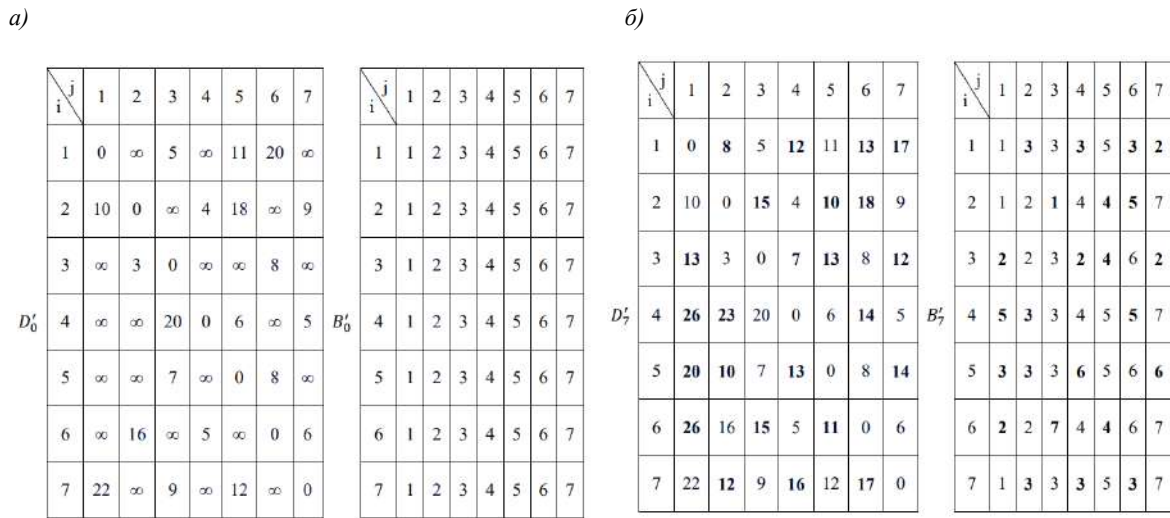


Рисунок 5 – Матрица смежностей D_0 и матрица предшествований B_0 орграфа G' (а), результат расчета кратчайших маршрутов орграфа G' (б)

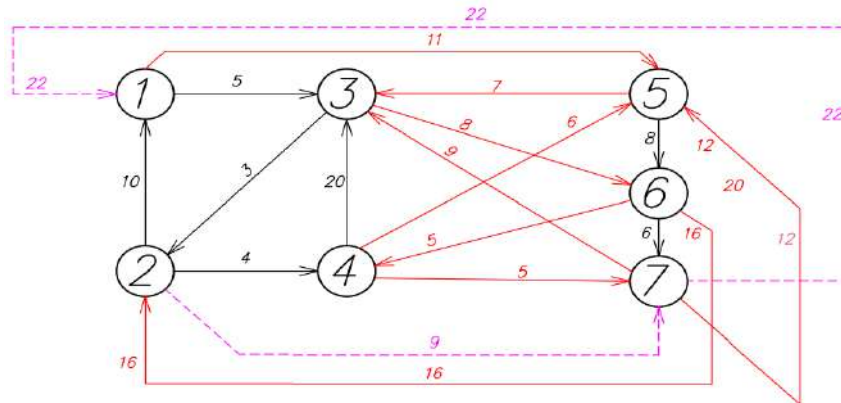


Рисунок 6 – Граф G' с участвующими в коротких маршрутах дугами

В статье рассмотрен простой пример транспортной сети – при его графической реализации (см. рисунок 1) наглядно видно отсутствие связей между пунктами, однако при работе с транспортными сетями с большим количеством пунктов возможного зарождения или погашения транспортных потоков, с большим числом возможных маршрутов следования транспортных потоков между ними определить связанность сети затруднительно. Предложенная методика позволяет наглядно в табличном виде представить транспортную сеть и определить ее связанность, в том числе определить между какими конкретными пунктами связь отсутствует. Также методика позволяет определить наиболее экономически выгодные варианты прокладки новых маршрутов, которые обеспечат связанность транспортной сети. Одним из достоинств данного метода является возможность его автоматизации – написание компьютерной программы.

Список литературы

- 1 Теория Графов / Д. В. Карпов. – М. : МЦНМО, 2022. – 560 с. – ISBN : 978-5-4439-1690-3.
- 2 Алгоритмы: построение и анализ / Т. Х. Кормен [и др.]. – 2-е изд. – М. : Вильямс, 2009. – ISBN : 978-5-8459-0857-5.
- 3 Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари ; пер. с англ. и предисл. В. П. Козырева ; под ред. Г. П. Гаврилова. – 2-е изд. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 296 с. – ISBN: 5-354-00301-6.

УДК 007.52: 656.11

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ГОРОДСКОЙ МОБИЛЬНОСТИ

А. П. ПЕТРОВ-РУДАКОВСКИЙ, В. А. ПРОХОРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие информационных и телекоммуникационных технологий (далее – ИКТ), которые являются движущей силой достижения целей в области устойчивого развития, повлияло на многие позитивные изменения в городской среде за последнее десятилетие. Многие авторы отмечают, что развитие ИКТ позволяет оптимально решать проблемы пробок на дорогах, личной мобильности, загрязнения окружающей среды и обращения с отходами. В этом смысле ИКТ становятся ядром «умного города», объединяя данные из различных источников для проведения дальнейшего анализа и принятия обоснованных административных, т. е. управленческих, решений. Цифровая трансформация городской среды стимулируется необходимостью быстрой адаптации к изменениям в социальной и деловой средах, что требует корректировки программ городского развития и совместных действий всех заинтересованных сторон.

Однако стоит помнить, что потенциальные преимущества и риски внедрения ИКТ не всегда очевидны. С одной стороны, это дает положительный эффект с точки зрения рациональности используемых ресурсов, улучшения экологической ситуации, повышения мобильности и качества транспортных услуг. С другой стороны, действующее нормативно-правовое регулирование, определяющее правила обработки данных, безопасность и ограничения использования технологий, а также разрыв в компетенциях, наблюдаемый как у обычных, так и у профессиональных пользователей, создают разрыв между поэтапным развитием и внедрением инноваций в механизм управления городским развитием.

Возможность широкополосного доступа в интернет и стоимость сенсоров, датчиков, систем хранения и передачи данных сыграли значительную роль в цифровом преобразовании. Это расширило возможности и улучшило качество использования Интернета вещей, а также расширило охват сети «подключенных» устройств, в том числе моторизованные транспортные средства, портативные персональные устройства, объекты инфраструктуры, жилые и офисные помещения, светофоры и т. д. Создав мощный поток информации, собираемой с подключенных устройств, возникла необходимость анализа и обработки этих наборов данных, что установило новые требования не только, например, к архитектуре ИКТ, но и к подходам по обеспечению цифровой безопасности. Иные сферы, на которые оказала влияние цифровая трансформация, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технологии цифровой трансформации городской среды и их наличие в реальной жизни

Сфера применения	Список технологических инструментов	Статус
Безопасность	Система умного видеонаблюдения с распознаванием лиц. Система безопасности в жилых помещениях. Носимые камеры. Оптимизация работы экстренных служб	Всё реализовано и используется в полном объеме
Здравоохранение	Электронные записи пациентов к врачу. Единая база аптек, удобная для любителей	
Мобильность	Транспортная информация в режиме реального времени, включая мультимодальные. Система электронных платежей. Планово-предупредительный ремонт дорожной инфраструктуры. Мобильность как услуга (т. е. использование приложений, например, расписание общественного транспорта)	
Энергетика	«Умное» освещение улиц. Управление электроприборами с помощью системы «умный дом»	
Водоснабжение	Система автоматического полива	
Отходы	Система электронных платежей за сбор и утилизацию отходов. Построение маршрутов автотранспорта по сбору отходов	
Экономика и бизнес	Цифровые услуги для бизнеса. Цифровые образовательные программы. Порталы открытых данных	
Социальная сфера	Цифровые услуги для граждан; Возможности для гражданской активности	

Еще одним глобальным фактором цифровой трансформации стала разработка платформенных решений, т. е. широко применяемых способов ухода от разовых разрозненных разработок, которые

разрабатываются под каждую отдельную задачу и конкретного заказчика и реализуют себя в различных областях производства: автомобилестроении, ИТ (программное обеспечение, системы проектирования, системы автоматизации управления), приборостроении и многих других. Именно платформенные решения позволили внедрить множество новых бизнес-моделей, в том числе в области городской мобильности. Цифровые платформы помогают сбалансировать спрос и предложение за счет более эффективного использования имеющихся ресурсов и оптимизации эффективности городских услуг на основе собранных данных. Таким образом, положительными результатами применения платформ совместного использования являются сокращение числа владельцев автомобилей в густонаселенных городских районах, сокращение среднего пробега и выбросов парниковых газов, а также снижение спроса на парковочные места.

Подробнее цифровая трансформация в городской мобильности будет рассмотрена на некоторых примерах применительно к транспортной системе мегаполиса с описанием как позитивных, так и негативных аспектов.

Одним из направлений технологических инноваций является активное развитие электромобилей. Современные промышленные технологии, позволившие за последние 10 лет увеличить емкость аккумуляторов и снизить их стоимость на 80 %, превратили электромобили из экзотики в полноценного конкурента традиционным бензиновым и дизельным двигателям. Доля мирового рынка электромобилей неуклонно растет, и если в 2020 году она составила 12 %, то к концу 2023 года ожидаются результаты в размере 18 % от продажи электромобилей в общих продажах транспортных средств.

Основными преимуществами электромобилей в городских условиях являются более низкие затраты на техническое обслуживание по сравнению с традиционными двигателями, а также более высокая эффективность запуска и остановки. Эти факты, а также желание развитых стран внедрить и реализовать программы зеленой экономики побудили автопроизводителей выпускать двигатели с минимальным уровнем выбросов. Таким образом, решение автомобильного гиганта General Motors Company (GM) о переходе на электромобили к 2035 году стало первым подобным решением среди автомобильных корпораций Детройта. Хотя не все автомобильные гиганты готовы объявить о полном переходе на электромобили, расширение и увеличение их доли в общем объеме производства стали частью стратегических целей большинства автомобильных компаний на ближайшие 5–7 лет. Многие автопроизводители признают перспективы рынка в сегменте автомобилей с электрическими или гибридными двигателями.

Хотя многие страны поддерживают производство и продажу электромобилей, существуют ограничения, которые препятствуют этому процессу. Несмотря на то, что общая стоимость электромобиля ниже, чем у автомобиля с бензиновым или дизельным двигателем, многих покупателей останавливает высокая начальная цена. Еще более насущной проблемой является недостаточное количество зарядных станций, хотя их можно установить практически везде. Следует отметить, что владельцам электромобилей не хватает зарядных станций в начальной и конечной точках маршрута – им нужна промежуточная инфраструктура, которая в настоящее время отсутствует полностью или частично в большинстве городов и на автомагистралях.

Не стоит забывать и об экологических проблемах, которые проявляются в утилизации литий-ионных батарей. Без разработки эффективных мер по переработке отходов могут возникнуть значительные экологические риски. Правовая основа управления жизненным циклом батарей и контроль за переработкой батарей развивается и осуществляется за рубежом, однако на территории Республики Беларусь отсутствие стандартов, плохо сформированная цепочка переработки батарей и низкий уровень развития предприятий по обращению с отходами сохраняют экологические риски на очень высоком уровне.

Отдельный сегмент в экономике мегаполисов составляют платформы совместного использования, т. е. шеринговые платформы (велошеринг, кикшеринг и каршеринг), реализующие модель совместного потребления. Прокат велосипедов доступен по всему миру: BCycle (США) охватывает 47 городов, Velib в Париже насчитывает более 20 000 велосипедов на 1450 станциях, а сеть Nextbike работает в Восточной Европе, Украине; в России – «Велобайк». В Республике Беларусь во многих городах также используются шеринговые проекты, например, KoloBike. Цифровые платформы помогают сбалансировать спрос и предложение за счет более эффективного использования имеющихся ресурсов и оптимизации эффективности городских услуг на основе собранных данных.

Положительные результаты использования шеринговых платформ включают сокращение числа владельцев автомобилей в густонаселенных городских районах, сокращение среднего пробега и выбросов парниковых газов, а также снижение спроса на парковочные места. В то же время ряд

проблем остается нерешенным. К ним относятся вопросы безопасности дорожного движения при использовании микромобильных транспортных средств (электросамокатов) на дорогах общего пользования, правовые проблемы при рассмотрении каршеринга в качестве арендуемых автомобилей, недостаточное развитие транспортной инфраструктуры, адаптированной к использованию микромобильных транспортных средств.

Развитие транспортной системы городов неразрывно связано с цифровой трансформацией, которая является основой для решения проблем мобильности граждан. Основное внимание в этом направлении уделяется оптимальному управлению дорожным движением, развитию экологического транспорта, использованию технологических инноваций (использование автономных транспортных средств и электромобилей, разработка шеринговых платформ, разработка интеллектуальных транспортных систем и приложений). Несмотря на значительные преимущества, сопутствующие процессу цифровой трансформации городской среды в целом и транспортной системы в частности, этот процесс должен осуществляться на основе научных исследований и учета рисков. Эти риски включают угрозы кибератак, сбои в программном обеспечении, обеспечивающем работу объектов инфраструктуры, и сбои в цифровых каналах связи. Существенным препятствием и риском одновременно является отсутствие в Беларуси технологий и производственных мощностей для производства мощных компьютеров. Тиражирование многих инновационных решений для цифровой транспортной инфраструктуры ограничено нехваткой финансовых ресурсов в большинстве городов и квалифицированным персоналом как в сфере ИКТ, так и в сфере транспортной инфраструктуры.

В целом следует отметить, что цифровая трансформация имеет огромный потенциал для повышения мобильности города и его устойчивости, безопасности и комфорта для всех граждан. Этот процесс требует сотрудничества городских властей, транспортных компаний, промышленности и общества в целом для достижения наилучших результатов и создания современных, интегрированных и устойчивых систем городского транспорта.

Список литературы

1 **Завьялов, Д. В.** Процессы и инструменты трансформации городской среды [Электронный ресурс] / Д. В. Завьялов // Экономика, предпринимательство и право : электрон. науч. журн. – 2022. – Т. 12. – № 3. – Режим доступа : <https://1economic.ru>. – Дата доступа : 15.09.2023.

2 **Кравченко, Л. А.** Глобальные тренды трансформации транспортной отрасли в цифровой экономике: международный опыт [Электронный ресурс] / Л. А. Кравченко, Е. А. Фурсова // Журнал экономических исследований : электрон. науч. журн. – 2020. – Т. 6, № 3. – Режим доступа : <https://naukaru.ru>. – Дата доступа : 15.09.2023.

УДК 656.13

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОСТАВОВ МОДУЛЬНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ РЕГУЛЯРНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ ПАССАЖИРОВ В ГОРОДАХ

Д. Н. СТАРОСТЕНКО

ОАО «Гомельоблавтотранс», Республика Беларусь

С. А. АЗЕМША

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Величина пассажиропотока на маршруте определяет количество и вместимость пассажирских транспортных средств (ПТС), а также интервалы их движения и период работы. Величина пассажиропотока не является постоянной и может меняться ежедневно в зависимости от различных факторов, влияющих на транспортную подвижность населения. В то же время на практике количество ПТС, работающих на маршруте, их вместимость и интервалы движения изменяются только в зависимости от типа дня недели (будни / выходные) и сезона (летнее / зимнее расписание). Такой подход к организации работы ГОПТ зачастую приводит к избытку провозных возможностей по сравнению с имеющейся мощностью пассажиропотока. В свою очередь это ведет к неоправданному росту себестоимости работы ГОПТ и увеличению нагрузки на бюджет. Поэтому создание условий, при которых провозные возможности ПТС будут максимально приближаться к величине пассажиропотока, позволит повысить окупаемость работы ГОПТ.

Для целей снижения затрат на работу ГОПТ в [1] предложено использование составов модульных ПТС, которые позволяют уменьшать или увеличивать пассажироместимость в зависимости от величины пассажиронапряженности для каждого выполняемого рейса (рисунок 1). Тем самым снижается себестоимость выполнения перевозки и растет окупаемость работы ГОПТ. Так, в период спада пассажиропотока уменьшается пассажиронапряженность и коэффициент пассажиронапряженности [2] и рейс выполняется составом модульного ПТС, состоящим из одного модуля (см. рисунок 1, а). При росте пассажиропотока на конечных остановочных пунктах в состав модульного ПТС добавляется необходимое количество модулей (см. рисунок 1, б). При этом для минимизации себестоимости выполнения такого рейса разница между вместимостью состава модульного ПТС и пассажиронапряженностью должна быть минимальной и положительной.

Для предварительной оценки предложенного способа организации работы пассажирского транспорта регулярного сообщения произведен анализ данных об изменении пассажиронапряженности на 25-м автобусном маршруте г. Гомеля при выполнении рейса с началом в 7:00 с остановочного пункта «Ратон». Такие наблюдения велись в течение календарного года.

Установлено наличие неравномерности пассажиронапряженности при выполнении одного и того же рейса. Показано, что такая неравномерность обусловлена следующими факторами: день недели, месяц года, тип дня недели, прогнозируемое наличие и вид осадков, прогнозируемая температура ночью и днем. Применением методов интеллектуального анализа данных, реализованных в [3], получена модель, позволяющая прогнозировать значения пассажиронапряженности на каждый рейс. С применением такой модели спрогнозированы значения пассажиронапряженности на прямой и обратный рейс рассматриваемого маршрута. С учетом этих прогнозных значений пассажиронапряженности моделировалась работа составов модульных ПТС с учетом подстройки их вместимости под прогнозное значение пассажиронапряженности. Расчеты показали, что использование составов модульных ПТС позволяет повысить окупаемость работы на данном оборотном рейсе на 39 % (с 79,8 до 110,6 %), а также снизить себестоимость выполнения оборотного рейса на 41 % (с 24,6 до 14,6 руб.). Реализация предлагаемой схемы организации работы городского пассажирского транспорта в г. Гомеле, основанной на использовании составов модульных ПТС, позволит сэкономить порядка 7,57 млн руб. в год. Ориентировочный срок окупаемости такого проекта не превышает двух лет.

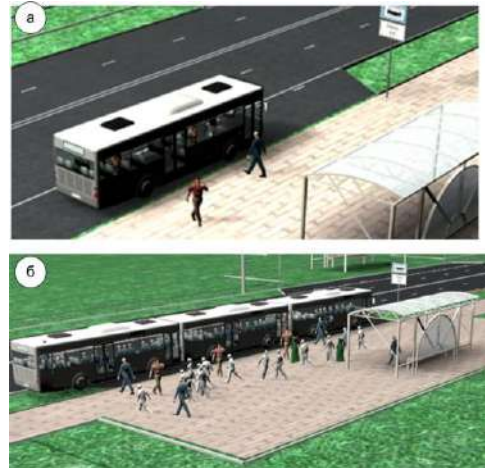


Рисунок 1 – Использование составов модульных ПТС с различным количеством модулей:
а – один модуль при спаде пассажиропотока;
б – три модуля в период роста пассажиропотока

Список литературы

- 1 Аземша, С. А. Разработка предложений по повышению эффективности работы общественного городского пассажирского транспорта // Вестник СибАДИ : – 2019. – 16 (5). – 544–557. – DOI : org/10.26518/2071-7296-2019-5-544-557.
- 2 Аземша, С. А. Определение статистической связи между параметрами пассажиропотока и маршрута при городских перевозках пассажиров в регулярном сообщении / С. А. Аземша // Логистический аудит транспорта и целей поставок : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (26 апреля 2019 г.) / отв. ред. С. А. Эртман. – Тюмень : ТИУ, 2019. – С. 8–15.
- 3 Statistica 13.3 (Serial number JRR709H998119TE-A).

УДК 629.067

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В МЕТРО

Г. В. СТРУЖКО, Д. И. ШАЛИК, В. В. КОПЫТКОВ
Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Минск

Метро является одним из самых популярных и многочисленных видов общественного транспорта в крупных городах. Однако в случае возникновения возгораний в поезде на транспорте во время перегона между станциями, может быть большое количество жертв в связи с невозможностью быстрого прибытия пожарных подразделений. И если к оборудованию метрополитена можно предъявить требования по огнестойкости, то к перевозимым в вагонах метро вещам такие предъ-

явить требования не представляется возможным. Поэтому целью работы является анализ современных способов тушения пожаров в метро на наиболее удаленных участках.

В случае возгорания опасным фактором является не только огонь, но и дым. И если для удаления дыма используются современные системы дымоудаления, то для прекращения горения в туннеле не всегда возможна оперативная подача воды, а применение газового пожаротушения с использованием углекислого газа требует больших финансовых затрат и наличия дорогостоящего оборудования.

В то же время газовые огнетушащие вещества (составы) могут осуществлять тушение пламени объемным или локально-объемным способом. Они являются одними из наиболее эффективных огнетушащих веществ, обладающих рядом преимуществ (например, минимальный ущерб при воздействии на защищаемые от огня материалы и оборудование). Кроме того, многие используемые газовые составы неэлектропроводны и не оставляют следов на оборудовании объекта защиты; после тушения пожара легко удаляются с помощью вентилятора.

Существует два механизма тушения пламени газовыми огнетушащими веществами [1].

Первый – разбавляющие атмосферу газы. К этой группе относятся такие сжатые газы, как аргон, азот, углекислый газ и их смеси, например, инерген и аргонит. Принцип разбавления атмосферы состоит в том, что при вводе газа в помещение содержание кислорода понижается до значения менее 12 %, то есть создаются условия, не поддерживающие горение.

Второй – ингибиторы. Они имеют механизм тушения, основанный на химическом ингибировании реакции горения. Попадая в зону горения, эти вещества интенсивно распадаются с образованием свободных радикалов, которые вступают в реакцию с первичными продуктами горения. При этом происходит понижение скорости горения до полного затухания.

Необходимая концентрация газов для прекращения горения может варьироваться в широком диапазоне [1] (таблица 1).

Таблица 1

Название огнетушащего средства	Полное название огнетушащего средства	Основа огнетушащего средства	Минимальная объемная огнетушащая концентрация, % об., при тушении n-гептана
Углекислота	Диоксид углерод жидкий (сварочный)	CO ₂	28
Азот	Азот газообразный технический	N ₂	31
Элегаз	Гексафторид серы	SF ₆	9
Хладон 114 В2 (Halon 2402)	Тетрафтор-дибромэтан	C ₂ F ₄ Br ₂	2,4
Хладон 13 В1 (Halon 1301)	Трифторбромметан	CF ₃ Br	37
Состав 7	Состав «7»	20 % бромэтила, 80 % бромметилена	3
БФ-2		73% бромэтила, 27 % дибромтетра-фторэтана	4,6
Четыреххлористый углерод	Четыреххлористый углерод	CCl ₄	15

В работе проанализированы достоинства и недостатки конструкций для хранения и додачи огнетушащих веществ, которые при распылении в концентрации до 3 % об. эффективно прекращают горение.

Список литературы

1 Газовые огнетушащие вещества (составы) (ГОТВ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://fireman.club/insekloperia/gazovyye-ognetushashhie-veshhestva-sostavyi>. – Дата доступа : 10.08.2023.

2 **Илюшов, Н. Я.** Пожаровзрывобезопасность. Огнетушащие вещества : учеб. пособие / Н. Я. Илюшов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. – 123 с.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ГРУЗОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЯХ НА ПРИМЕРЕ ООО «КРОНОХЕМ»

М. В. ТОТОРОВ, Д. В. БЕЗМЕН, В. В. КОПЫТКОВ
Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Минск

На территории Республики Беларусь имеются химически опасные предприятия, на которых работают несколько сотен людей, а территория может занимать свыше 10 га. Кроме того, такие предприятия в силу технологических процессов могут располагаться рядом. К примеру, заезд на предприятие ООО «Кронохем», осуществляется через проходную завода ИООО «Кроноспан ОСБ», для нужд которого производят карбамидоформальдегидные и фенолформальдегидные смолы [1].

Для обеспечения пожарной безопасности при перевозке опасных грузов железнодорожным и автомобильным видами транспорта давно разработаны требования [2], при соблюдении которых возникновение чрезвычайных ситуаций практически исключено. В то же время выгрузка химически опасных веществ зависит от вида самого вещества и может осуществляться различными способами. К примеру, для снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций на ООО «Кронохем», разгрузка (слив) метанола из вагона-цистерны в емкости хранения на станции разгрузки автоматизирована (рисунок 1).



Рисунок 1 – Железнодорожная станция разгрузки на ООО «Кронохем».

В связи с тем, что в процессе работы на станции разгрузки может возникнуть необходимость проведения дополнительных работ, не предусмотренных технологической картой (устранение каких-либо неисправностей и др.), данные работы, согласно технологической карте, необходимо производить по решению и под руководством представителя ООО «Кронохем» (ответственного за безопасное производство погрузочно-разгрузочных работ).

С учетом технологических возможностей как самого предприятия, так и расположенных в трех километрах от предприятия частей пожарного аварийно-спасательного отряда Могилёвского областного управления МЧС Республики Беларусь предложены варианты ликвидации разлива метанола.

Список литературы

- 1 Оперативный план тушения пожара ООО «Кронохем». – Могилев : Могилевское областное управление МЧС Респ. Беларусь. – 23 с.
- 2 Об утверждении Правил по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом. [Электронный ресурс] : постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь от 28.12.2021 г. № 85.

УДК 656.07(476)

АПРОБАЦИЯ ПРИНЦИПОВ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е. А. ФЕДОРОВ, А. А. ЕРОФЕЕВ, И. М. ЛИТВИНОВА, М. А. КИЛОЧИЦКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

К. Н. БОЯР
Белорусская железная дорога, г. Минск

Для развития системы нормативных правовых актов (НПА) Республики Беларусь в области комплексного планирования транспортного обслуживания населения регионов необходимо разработать ряд нормативных документов, регламентирующих правовые, организационные, технические, экономические условия обеспечения транспортного обслуживания в регионах Республики Беларусь. Одним из таких документов являются Методические рекомендации по формированию Комплексного плана транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь (далее – Методические рекомендации), которые предназначены для оценки и обоснования правовых и социально-экономических норм, технических возможностей транспорта, экономической эффективности функционирования видов транспорта общего пользования, регламентации организационного взаимодействия организаций транспорта с органами государственного управления.

Методические рекомендации базируются на методах системного анализа объемов и структуры пассажиропотоков в регионах, состояния транспорта и инфраструктуры, методах социально-экономического анализа развития регионов, методах выбора системы транспортного обслуживания, организации движения и иных методах и способах, позволяющих решить следующие задачи:

– регламентировать нормы нормативно-правового регулирования отношений между субъектами рынка пригородных пассажирских перевозок, в том числе местными исполнительными органами, перевозчиками, пассажирами, владельцами инфраструктуры и другими заинтересованными сторонами;

– установить и научно обоснованно рассчитать исходные, расчетные и целевые параметры транспортного обслуживания и гарантировать, что цели и ключевые параметры транспортного обслуживания, определяемые стратегическими и программными НПА, будут соответствовать потребностям и интересам общества, а также основным направлениям развития региональных пассажирских перевозок;

– сформировать типовые подходы к определению целевых параметров единой модели транспортного обслуживания, что обеспечит создание равноправных условий для всех участников рынка региональных пассажирских перевозок в Республике Беларусь;

– установить потребности в маршрутах и транспортных ресурсах перевозчиков, провести технико-экономическую оценку мер развития регионов, выполнить расчеты по экономической эффективности и долгосрочной инвестиционной привлекательности региональных пассажирских перевозок и предоставления услуг транспортной инфраструктуры.

Методические рекомендации должны включать в себя набор инструментов по определению целевых параметров транспортного обслуживания для формирования стратегических подходов к развитию региональных пассажирских перевозок, сравнительному анализу целевых параметров с показателями социально-экономического развития региона. Использование Методических рекомендаций позволяет разрабатывать целевую модель регионального государственного заказа на оказание услуг в части пригородных пассажирских перевозок, повысить эффективность использования бюджетных средств для финансирования приоритетных направлений развития транспортного обслуживания.

В целях научно-практического обоснования реализации Комплексных планов транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь (далее – Комплексный план) была реализована апробация положений Методических рекомендаций на примере полигона транспортного обслуживания участка Минск – Осиповичи с охватом г. Минска, Минской и Могилевской областей.

Государственным объединением «Белорусская железная дорога», Минским городским исполнительным комитетом, Минским областным исполнительным комитетом и Могилевским областным исполнительным комитетом по предоставлению от операторов автомобильных перевозок пассажи-

ров и автомобильных перевозчиков, осуществляющих городские, пригородные, междугородные внутриобластные, междугородные межобластные автомобильные перевозки пассажиров в регулярном сообщении, были предоставлены данные по маршрутам и рейсам, относящимся к исследуемому участку для разработки Комплексного плана.

Этапами апробации было предусмотрено решение следующих задач:

- социально-экономическая и техническая оценка существующего состояния транспортного обслуживания населения региона в части региональных (пригородных) и городских пассажирских перевозок, содержащая характеристику транспортной и маршрутной сетей региона, параметры внутрирегионального транспортного баланса и параметры транспортного обслуживания населения в части региональных (пригородных) и городских пассажирских перевозок;

- разработка целевой модели транспортного обслуживания населения региона, содержащей ключевые приоритеты и целевые параметры транспортного обслуживания населения, а также направления оптимизации схемы транспортного обслуживания;

- формирование дорожной карты, формализующей основные подходы к достижению целевого состояния транспортного обслуживания населения региона, содержащей подходы к формированию программы организационно-технических мер по реализации комплексного плана транспортного обслуживания населения, потребные транспортные ресурсы, организационное обеспечение перевозок, экономическое обеспечение, эффекты от реализации комплексного планирования;

- разработка требований к параметрам регионального плана (заказа) осуществления региональных (пригородных) и городских пассажирских перевозок, определение объекта и предмета заказа, а также значений параметров государственного заказа.

Ключевыми принципами качества разработки Комплексного плана являются:

- обеспечение выполнения требований социальных стандартов транспортного обслуживания населения региона в соответствии с действующими НПА;

- достижение положительной динамики изменения расходов на организацию региональных (пригородных) и городских пассажирских перевозок;

- снижение величины убытков и размеров государственных субсидий на компенсацию расходов по организации транспортного обслуживания населения региона;

- эффективность инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры, обновление транспортных средств, внедрение новых более производительных объектов и устройств, средств информационного обеспечения.

Для достижения указанных принципов при разработке Комплексных планов необходимо оценивать и использовать систему мероприятий оптимизационного характера по установленным критериям. В качестве таких мероприятий могут выступать варианты оптимизации схемы и способов транспортного обслуживания:

- отмена курсирования поезда, автомобильного транспортного средства по конкретному рейсу;

- изменение типа подвижного состава, автомобильного транспортного средства, обслуживающего конкретный рейс (уменьшение либо увеличение вместимости подвижного состава, автомобильного транспортного средства);

- замена обслуживания рейса одним видом транспорта на другой;

- изменение протяженности маршрута по конкретному рейсу (увеличение протяженности маршрута, сокращение протяженности);

- назначение новых маршрутов и введение дополнительных рейсов на существующих маршрутах;

- ряд других мероприятий, предлагаемых перевозчиками, операторами пассажирских перевозок и иными участниками перевозочного процесса.

Отдельные результаты апробации принципов и методики комплексного планирования транспортного обслуживания населения участка Минск – Осиповичи с охватом г. Минска, Минской и Могилевской областей, содержащие предлагаемые мероприятия и эффект от их реализации, сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты апробации методики оценки мер при комплексном планировании транспортного обслуживания населения участка Минск – Осиповичи

Вид транспорта	Маршрут	Мероприятия	Эффект от реализации мероприятий (снижение убытков), руб. в неделю
Железнодорожный	Минск – Осиповичи	Отмена поездов 6902, 6914, 6928 ежедневного обращения	35127
	Осиповичи – Минск	Отмена поездов 6911, 6919, 6929 ежедневного обращения	34010
	Минск – Талька	Отмена поезда 6916	5445
	Талька – Минск	Отмена поезда 6927	6228
	Минск – Пуховичи	Отмена поезда 6930, курсирование поезда 6926 только по рабочим дням	8573
	Пуховичи – Минск	Отмена поезда 6901, курсирование поезда 6903 только по рабочим дням	9026
Автомобильный	ДС «Серова» – Дубовый лес	Организация движения по маршруту 385 ДС «Серова» – Михановичи	5911
		Организация движения по маршруту 442 Дубовый лес – ДС «Серова»	
Суммарный эффект от реализации комплексного плана на полигоне			104320

Таким образом, предлагаемые мероприятия по оптимизации системы транспортного обслуживания населения на примере участка Минск – Осиповичи с охватом г. Минска, Минской и Могилевской областей позволяют достичь целевых принципов комплексного планирования транспортного обслуживания населения и обеспечить снижение величины убытков и размеров государственных субсидий на компенсацию расходов по организации транспортного обслуживания на 104320 рублей в неделю.

Апробация Методических рекомендаций позволила верифицировать предложенные методики решения задач плана, подтвердить актуальность и достоверность принципов разработки целевых показателей и целевой модели, обоснованности мер дорожной карты развития региона для оказания потребных и качественных услуг населению в перевозках.

Список литературы

- 1 Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 23.03.2021 г. № 165.
- 2 О железнодорожном транспорте : Закон Респ. Беларусь от 06.01.1999 г., № 237–3.
- 3 Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках : Закон Респ. Беларусь от 14 августа 2007 г. № 278-3.
- 4 Об основах транспортной деятельности : Закон Респ. Беларусь от 5 мая 1998 г. № 140-3.

УДК 338.262.8

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА В СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

О. А. ХОДОСКИНА, М. А. ДОРОШКОВА, Т. Г. ПОТЁМКИНА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современная экономическая система государства является очень динамичной структурой, имеющей значительный потенциал различного характера, который может быть реализован на пользу страны. Транспортно-логистическая составляющая имеет в нем немаловажное значение ввиду необходимости обеспечения постоянной взаимосвязи между элементами экономической системы. Развитие интеграции мировой экономики и глобализация бизнеса содействуют созданию международных логистических систем и глобальных цепей поставок: международная логистическая деятельность становится более комплексной, а такие проблемы, как размещение производства и центров дистрибьюции, выбор видов транспорта, типов сервиса, методов управления запасами,

проектирование адекватных коммуникационных и информационных систем требуют новых подходов логистического управления.

В современных геополитических условиях, когда Республика Беларусь столкнулась с рядом проблем, обусловленных санкционной политикой ряда стран, включающей резкое сокращение рынков сбыта, а также уменьшение транспортных транзитных пассажиро- и грузопотоков, ряд белорусских компаний утратил доступ производимой продукции на рынки стран Евросоюза и к портам Балтийского и Азово-Черноморского бассейнов, Республика Беларусь была вынуждена переориентироваться и начать поиск новых маршрутов доставки экспортных и импортных грузов.

В связи с этим необходимо отметить, что в актуальных экономических условиях в целях динамичного развития национальной экономической системы наша страна определила следующие перспективы развития транспортно-логистического потенциала.

1 Развитие перевозок отдельных видов грузов через транспортные коридоры, проходящие по территориям Республики Беларусь и Российской Федерации, в связи с чем 30 марта 2023 г. был подписан закон о ратификации соглашения между Республикой Беларусь и Российской Федерацией, направленный:

- на создание альтернативных маршрутов поставки экспортной белорусской продукции через морские порты и наземную транспортную инфраструктуру России.

- гарантии объемов перевозок продукции экспортеров контейнерными поездами транзитом по территории России назначением в Китай на период до 2024 года.

Следует отметить, что ключевыми инфраструктурными объектами в рамках ратификации соглашения с РФ о сотрудничестве в сфере грузоперевозок являются многофункциональный морской перегрузочный комплекс (ММПК) «Бронка» и морской порт «Мурманск».

Обслуживающие терминалы ММПК «Бронка» включают контейнерный терминал, а также терминал накатных и генеральных грузов. В настоящее время порты задействованы в перевозке удобрений, пиломатериалов, химических веществ, а также грузовых автомобилей. В ближайшей перспективе планируется выйти на проектную мощность объемом порядка 21 млн т в год. Другим перспективным направлением для реализации транспортно-логистического потенциала белорусской экономики является международный транспортный коридор (МТК) «Север – Юг». Указанный коридор позволяет белорусским и российским компаниям расширить географию перевозок как в страны, традиционно к нему тяготеющие (Индию, Пакистан, государства Персидского залива и Средней Азии), так и в сообщении с Европой через Турцию и Азербайджан в рамках сопряжения с МТК ТРАСЕКА, соединяющего Европу с Азией через Кавказ, минуя Россию. Также речь идет о сообщении со странами Африки и Латинской Америки через турецкие порты и странами Азиатско-Тихоокеанского региона через иранские порты Персидского залива для замещения портов стран Балтии [1]. Потенциал всех поставок по коридору в краткосрочной перспективе составляет порядка 15 млн т. Наиболее перспективными для осуществления поставок по этим направлениям являются зерновые грузы и транспортировка контейнерных грузов. Еще одно перспективное направление для реализации транспортно-логистического потенциала белорусской экономики – вступление республики в Шанхайскую организацию сотрудничества (ШОС), которая на сегодня является международной глобальной организацией нового типа, специализирующейся в области безопасности, энергетики, транспорта, а в будущем – науки, образования и туризма. Объем взаимной торговли между странами ШОС сегодня достигает 500 млрд дол. США в год [3]. Сотрудничество Беларуси со странами ШОС определено так называемой возможностью взаимодополняемости экономик, а также перспективой объединения железнодорожной инфраструктуры, что позволит ускорить железнодорожные перевозки и станет основой функционирования механизма встраивания стран – членов ШОС в международную цепь создания добавленной стоимости транспортных и транспортно-логистических услуг.

Сегодня Республика Беларусь экспортирует в страны-участники ШОС преимущественно калийные удобрения, древесину и бумагу, металлы, сельскохозяйственную продукцию. Для расширения ассортимента экспортируемой продукции страна планирует участие в программах продовольственной безопасности ШОС и с их помощью – увеличение экспорта сельскохозяйственной продукции и минеральных удобрений. Также важнейшим направлением реализации экономического потенциала сотрудничества со странами ШОС для Беларуси выступает интенсификация цифровой трансформации. В этой сфере Беларусь (наравне с Индией, Арменией, а также Россией) доби-

лась высоких результатов в области разработки программного обеспечения, а Китай выступает мировым лидером по производству компьютерно-коммуникационной техники [4].

Важно отметить, что сотрудничество с Китайской Народной Республикой сегодня несет в себе значительные перспективы для реализации не только транспортно-логистического, но и производственного и экономического потенциала страны в целом. В связи с этим 1 сентября 2022 года Беларусь и Китай подписали Совместную декларацию об установлении отношений всепогодного и всестороннего стратегического партнерства, в которой государства определили увеличение взаимных прямых инвестиционных поступлений, проектирование и создание общих высокотехнологичных инновационных предприятий, развитие совместного бизнеса между экономическими субъектами двух стран, а также поощрение предпринимательской инициативы в качестве главных направлений дальнейшего взаимодействия [2]. Основными статьями белорусского экспорта товаров в КНР являются калийные удобрения, лесоматериалы, целлюлоза древесная. При этом из продовольственных товаров основными позициями импорта являются мясо и пищевые субпродукты домашней птицы – 208,11 млн дол.; замороженная говядина – 204,74 млн дол.; молоко и сливки стуженные и сухие – 93,80 млн дол.; рапсовое масло – 59,02 млн дол.; молочная сыворотка – 44,82 млн дол.

С другой стороны, сотрудничество со странами Африки также позволит реализовать практически все составляющие экономического потенциала Беларуси. Республика Беларусь уже установила дипломатические отношения с 51 из 54 стран африканского континента и всеми государствами ближневосточного региона. При этом ключевым направлением сотрудничества Республики Беларусь с государствами Африки в торгово-экономической сфере является в первую очередь расширение экспорта продукции и услуг. В то же время наиболее перспективным направлением взаимодействия со странами Персидского залива и Израилем является развитие инвестиционного сотрудничества.

В заключение необходимо отметить, что основной интерес Беларуси к международным транспортно-логистическим проектам – создание условий для увеличения через территорию Республики грузового потока Азия – ЕС, а также расширение возможностей для активного включения белорусской почты в азиатско-европейскую электронную торговлю. Вместе с тем следует учитывать значительные различия в масштабах экономик, стадиях развития и темпах экономического роста, что является на сегодня одной из основных проблем эффективного выстраивания взаимовыгодных отношений.

Список литературы

- 1 Международный транспортный коридор «Север – Юг»: инвестиционные решения и мягкая инфраструктура [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://eabr.org>. – Дата доступа : 02.09.2023.
- 2 Отношения всепогодного и всестороннего стратегического партнерства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.belta.by/politics/view>. – Дата доступа : 02.09.2023.
- 3 Современные подходы Китая к Шанхайской организации сотрудничества [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.valdaiclub.com>. – Дата доступа : 02.09.2023.
- 4 Экономические возможности Беларуси в ШОС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.nbrb.by>. – Дата доступа : 02.09.2023.

УДК 629.067

К ВАРИАНТАМ ЗАЩИТЫ ПОСТРАДАВШИХ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ ПРИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ

П. С. ШИНКАРЁВ, В. В. КОПЫТКОВ

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси, г. Минск

За последнее десятилетие во всём мире среднегодовой прирост продажи электромобилей составляет 60 %. Это колоссальный рост. В 2022 году было продано 10,5 млн электрокаров и плагин-гибридов. Их доля составила 13 % продаж [1]. По прогнозам, к 2030 году в мире их доля достигнет уже 30 %. Республика Беларусь идёт в ногу со временем и следит за тенденциями новейших технологий. Первый электромобиль появился в Беларуси ещё в августе 2013 года. Тогда же появилась первая заправка для электромобилей – в Новой Боровой. За пять месяцев 2023 года продано

74 электромобиля Geely. Но несмотря на всю технологичность электромобилей, они обладают повышенной опасностью при повреждении аккумуляторной батареи. Чаще всего причиной самовозгорания тяговых АКБ является короткое замыкание между анодом и катодом, возникающее вследствие механического повреждения корпуса. После того как произошло короткое замыкание, аккумулятор начинает нагреваться. Когда температура достигает 70–90 °С, ион-проводящий защитный слой на аноде начинает разрушаться.

Общая схема устройства электромобиля представлена на рисунке 1 [2].

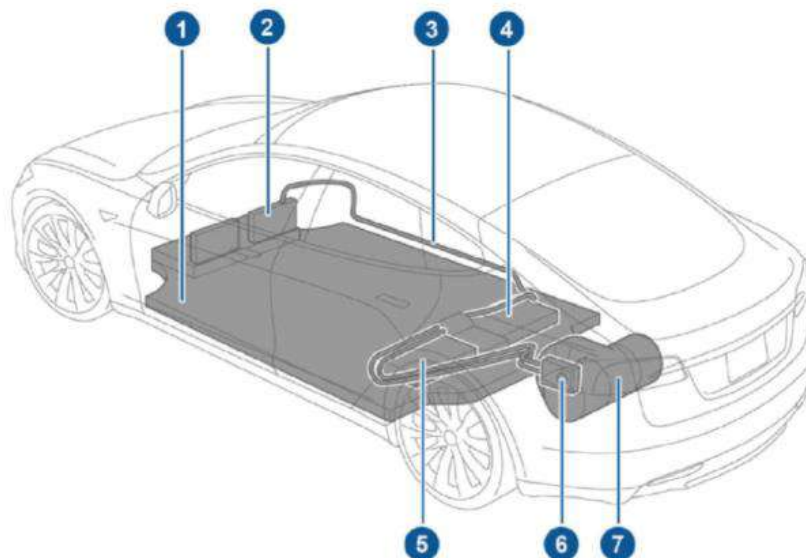


Рисунок 1 – Общая схема устройства электромобиля:

- 1 – тяговая АКБ; 2 – преобразователь напряжения (инвертор); 3 – высоковольтный кабель;
4 – главное бортовое зарядное устройство – конвертор; 5 – дополнительное зарядное устройство;
6 – зарядный разъем; 7 – двигатель

Материалами, представляющими собой наибольшую пожарную опасность и токсичность в составе тяговых АКБ, являются щелочные металлы, в частности, литий, взаимодействующий с водой с нагреванием до температур, превышающих 100 °С, и органические растворители: этиленкарбонат и диэтилкарбонат, пары которых могут стать причиной взрыва и/или отравления людей после повреждения защитной оболочки тяговой АКБ [2].

Основой многих электромобилей является платформа, объединяющая силовые блоки двигателя или двигателей на осях, высоковольтную часть и тяговую литий-ионную батарею, вес которой составляет от 15 до 30 % общего веса электромобиля.

В соответствии с нормативными документами МЧС Беларуси по прибытии подразделений к месту ДТП задействованные работники обеспечиваются средствами индивидуальной защиты, в том числе и дыхательными аппаратами с применением диэлектрических средств защиты, заземлением ствола и насоса пожарной аварийно-спасательной техники, соблюдением безопасных расстояний (не менее 4 м).

При ДТП за пределами города, в зависимости от расстояния до ближайшей пожарной аварийно-спасательной части, прибытие из неё подразделений МЧС может занять длительное время, а токсичные вещества могут привести к гибели зажатого металлом пострадавшего.

Предложены варианты как фильтрующих, так и изолирующих самоспасателей, которыми возможно комплектовать электромобили и которые способны обеспечить органы дыхания чистым воздухом.

Список литературы

- 1 Точка.by [Электронный ресурс] : портал. – Режим доступа : <https://tochka.by>. – Дата доступа : 09.09.2023.
2 Рекомендации по тушению пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций в электромобилях и электробусах. – 2021. – 45 с.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ МАРШРУТНОГО ТАКСИ

В. Н. ШУТЬ, А. А. КОЗИНСКИЙ

Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

В Брестском государственном техническом университете ведутся исследования, посвященные повышению эффективности городских пассажирских перевозок ([1–3] и др.). Имеющийся опыт разработки позволил сформулировать основные требования к программной системе эффективного управления перевозки пассажиров маршрутным такси. В основу системы положена модель, включающая следующие компоненты: QR-код остановки, мобильные клиенты, сервер базы данных. Субъектами системы являются пассажир и водитель маршрутного такси. Опишем указанные компоненты.

Все остановки маршрута снабжаются QR-кодом. Пассажир с помощью имеющегося на его смартфоне приложения считывает QR-код остановки. С момента считывания кода в систему поступает запрос на обслуживание пассажира по конкретному маршруту с указанием начальной и конечной остановок. Сервер позволяет вести учет заявок и сообщать о накоплении достаточного количества пассажиров на маршруте движения. Обслуживание пассажиров начинается при условии наличия на маршруте достаточного их количества. Пассажир – это первый участник (субъект) системы. Второй участник системы – водитель маршрутного такси. Если целью пассажира является минимизация времени ожидания, то цель водителя – обеспечение максимальной загрузки салона транспортного средства. На настоящий момент, выезжая с начального (конечного) пункта, водитель не знает, сколько пассажиров ожидают обслуживания на маршруте. Однако для обеспечения рентабельности перевозок важно рассчитывать момент выезда на маршрут. Возможны две крайности: при раннем начале движения по маршруту вероятно движение с «полупустым салоном», поздний выезд – это вероятность отказа в перевозке пассажиров из-за отсутствия свободных мест.

Предлагаемое техническое решение позволяет значительно снизить вероятность двух указанных крайностей, так как водитель в любой момент времени со своего смартфона может видеть число заявок пассажиров на перевозку, распределенную по всем остановкам по маршруту движения. Причем из опыта водителя, подкрепленного статистикой предыдущих поездок, система регулирует время для оптимального момента выезда маршрутного такси. Технический результат заявленной полезной модели заключается в упрощении процесса взаимодействия пользователей системы между собой (пассажира и водителя), повышении качества обслуживания пассажиров маршрутного такси за счет вычисления сроков подачи маршрутного такси клиенту, оптимизации перевозки пассажиров за счет создания единой базы данных заказов и вычисления эффективного времени выезда на маршрут.

Поставленная задача решается следующим образом. В систему вызова маршрутного такси, управления и контроля перевозок пассажиров, содержащую сервер системы, который соединен по линии интернет со смартфоном пассажира и смартфоном водителя маршрутного такси, дополнительно включены QR-коды остановок маршрута. При этом система взаимодействия с пользователями выполнена по клиент-серверной технологии. Клиент-серверная система управления базой данных (СУБД) располагается на сервере вместе с базой данных (БД) и осуществляет централизованную обработку данных всех клиентских запросов. Клиент-серверная система состоит из приложения-сервера, приложений-клиентов для пассажира и водителя. Последние выполнены для мобильных устройств под управлением операционной системы Android.

Система вызова маршрутного такси, управления и контроля перевозок пассажиров работает следующим образом. Пассажир, подойдя к остановке, при помощи своего смартфона считывает QR-код остановки. По считанному QR-коду остановки смартфон пассажира подключается через интернет к серверу системы. С этого момента смартфон пассажира начинает скачивание клиентского приложения для пассажира. Если в смартфоне пассажира уже установлено это приложение, скачивание не выполняется. Инициализация пассажира в системе выполняется путем внесения его

идентификатора в базу данных системы (рисунок 1). Запрос инициализации также включает время отправления заявки пассажира на обслуживание от начальной остановки, идентификатор остановки. Таким образом, система фиксирует заявку пассажира, связанную с остановкой отправления. Конечную остановку поездки пассажир указывает через клиентскую часть системы, установленной на смартфоне. Таким образом, система получает достаточную информацию для фиксации заявки на обслуживание пассажира. Аналогично формируются заявки на перевозку от других пассажиров на остановках всех городских маршрутов нерегулярного транспорта.

Водитель маршрутного такси получает информацию о запросах по маршруту движения. Момент выезда маршрутного такси на линию может быть получен путем анализа следующих данных: общее число заявок пассажиров на линии (N) и их распределение по маршруту, вместимость салона маршрутки, опыт, имеющийся у водителя, время суток, статистика предыдущих заявок и др.

Схема взаимодействия компонентов системы представлена на рисунке 1.

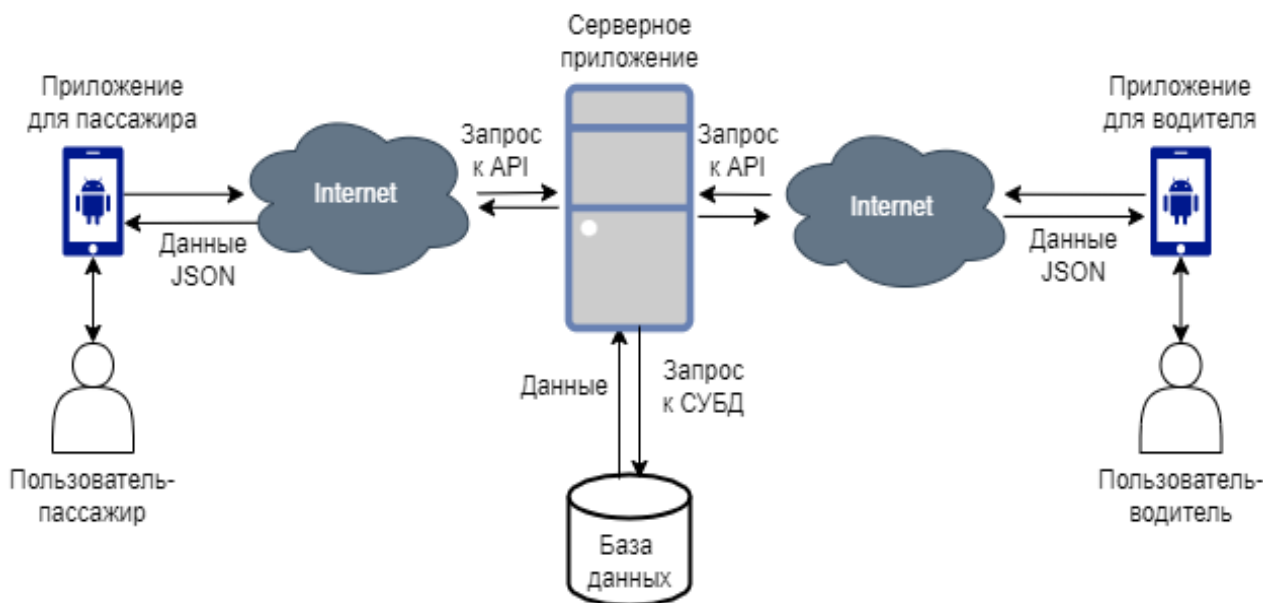


Рисунок 1 – Схема взаимодействия компонентов программной системы перевозки пассажиров маршрутным такси

Программная часть системы включает клиентский компонент пассажира, клиент для водителя, реализацию сервера. Пользовательская часть системы в виде двух клиентов ориентирована на использование мобильных устройств (см. рисунок 1). Сервер системы выступает центральным элементом системы. Сервер обеспечивает управление потоками запросов от клиентов и сохранение данных в базе данных. База данных обеспечивает хранение информации о заявках пассажиров без их авторизации, информацию о водителях, авторизованных в системе, маршрутах, остановках.

Список литературы

1 **Kazinski, A.** // Reliability and Statistics in Transportation and Communication / A. Kazinski, A. Puptsau : selected Papers from the 22nd International Multidisciplinary Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication: Artificial Intelligence in Transportation, RelStat-2022, Riga, Latvia, October 20–21, 2022 / ed. by. I. Kabashkin, I. Yatskiy, O. Prentkovskis. – Springer, 2022. – Vol. 640. – P. 15–25.

2 **Козинский, А. А.** Управление перевозочным процессом в городской пассажирской транспортной системе [Электронный ресурс] / А. А. Козинский, В. Н. Шуть, Е. Е. Пролиско // Applied Questions Of Mathematical Modelling. – 2020. – Т. 3, № 2.1. – С. 216–223. – Режим доступа : <https://ojs.kntu.net.ua/index.php/aqmm/article/view/22>. – Дата доступа : 29.03.2023.

3 Анализ проблемы при зарядке электрических автобусов городского транспорта / А. А. Козинский [и др.]. // Наука и техника. – 2020. – Т. 19, № 4. – С. 349–355.

СРАВНЕНИЕ ИТС И КЛАССИЧЕСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

В. Н. ШУТЬ, Е. В. ШВЕЦОВА

Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь

Устоявшаяся технология городских пассажирских перевозок (рисунок 1) предполагает такие этапы, как [1]:

- определение транспортной потребности;
- определение вида и объема транспортных средств;
- определение требуемого числа транспортных средств;
- составление маршрутного расписания и графиков движения для каждого транспортного средства; контроль исполнения перевозки;
- оценка эффективности перевозки; необходимая корректировка параметров перевозки.



Рисунок 1 – Этапы технологии городских пассажирских перевозок

Эта технология отработана на практике в течение десятилетий осуществления пассажирских перевозок на государственном уровне. Ее основными достоинствами являются регулярность курсирования транспорта (пассажир может быть уверен, что в течение интервала движения транспортных средств транспортное средство прибудет на остановку) и доступная стоимость поездки за счет массовости перевозки и дотационности общественного транспорта. Однако эта технология имеет и существенные недостатки:

- отсутствие своевременной и адекватной информации о спросе на перевозку в режиме реального времени, которое препятствует принятию эффективных решений и влечет экономические потери: заполненность салона транспортных средств наблюдается лишь во время поездки населения на работу (между семью и девятью часами утра) или во время возвращения с работы (между пятью и семью часами во второй половине дня). В остальное время общественные транспортные средства курсируют практически полупустыми;

- неадаптивное расписание движения и зачастую неадекватное число транспортных средств из-за использования при принятии решений ограниченной выборки исторических данных и нескольких постулатов: передвижение на работу и с работы; рабочие, праздничные и выходные дни;

- сложившаяся номенклатура транспортных средств нацелена на удовлетворение спроса на перевозку в пиковые моменты работы транспортной системы, что приводит к полупустым салонам во время спада интенсивности пассажиропотока.

На рисунке 2 представлена схема организации городских пассажирских перевозок в информационно-транспортной системе (далее ИТС). Все процессы в ней (сбор и анализ данных, прогнози-

рование и организация перевозок) выполняются единым информационным сервером в режиме реального времени при минимальном участии человека. А вся номенклатура транспортных средств сведена к электрокарам малой вместимости (до 20 человек), которые способны объединяться в касеты (несколько транспортных средств движутся совместно), образуя транспортное средство нужной вместимости [2]. Такое сочетание управляющей системы (информационный сервер ИТС) и объектов управления (электрокары) дает возможность быстрой адаптации к колебаниям спроса на перевозку, т. к. на маршрут высылаются только необходимое число транспортных средств [3].



Рисунок 2 – Схема организации городских пассажирских перевозок в ИТС

Основной причиной проблем традиционной технологии городских пассажирских перевозок является отсутствие возможности получать в «режиме реального времени» актуальную информацию об изменениях спроса на перевозку, оперативно реагировать на него, осуществлять прогнозирование на точных исторических данных (основными методами сбора информации о транспортной подвижности населения на данный момент являются анкетный метод, глазомерный метод, опросный метод и т. д., позволяющие собирать информацию непостоянно и зачастую «на глазок»), а неточная и неактуальная информация приводит к ошибкам в принятии решений по управлению перевозками.

Подход к пассажирским перевозкам, основанный на использовании интеллектуальных информационных технологий и беспилотных транспортных средств лишен перечисленных выше недостатков традиционной технологии пассажирской перевозки, т. к. построен на постоянном сборе и анализе информации о транспортной активности населения, и все решения по организации перевозки принимаются информационной системой на основе обработки собранных данных интеллектуальными алгоритмами в «режиме реального времени». Анализ достаточного объема накопленных точных данных о спросе на перевозку позволяет получать глубокое представление о характере пассажиропотоков и более эффективно осуществлять перевозку населения с позиции интересов как перевозчика, так и пассажира.

Список литературы

- 1 Блатнов, М. Д. Пассажирские автомобильные перевозки : учеб. для автотранспортных техникумов / М. Д. Блатнов. – 3-е изд. – М. : Транспорт, 1981. – 222 с.
- 2 Швецова, Е. В. Интеллектуальный транспорт с разделяющимися частями / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. XXXIII Междунар. науч. конф. : в 12 т. Т. 3 / под общ. ред. А. А. Большакова. – СПб. : Изд-во Политехнического университета, 2020. – С. 87–93.
- 3 Shviatsova, A. The Smart Urban Transport System / A. Shviatsova, V. Shuts // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System. – Minsk : Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. – P. 349–352.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Г. Н. ЯННИС

Афинский национальный технический университета, Греция

Пассажирские перевозки должны выполняться с максимальным уровнем обеспечения безопасного их выполнения. Безопасность пассажирских перевозок во многом связана с новым форматом их выполнения, который обозначен во многих странах мира [1]. Этот формат напрямую увязывается с безопасностью пассажирских перевозок по направлениям:

- использование безопасного подвижного состава;
- организация движения транспортных средств в безопасном режиме их эксплуатации: 1) организация движения по безопасным параметрам; 2) безопасное размещение пассажиров в транспортном средстве в процессе их перевозки;
- эффективное использование транспортной инфраструктуры по условиям безопасности для целей пассажирских перевозок.

Для эффективной организации безопасного выполнения пассажирских перевозок пересмотрены основные принципы маркетинга, которые коснулись новых аспектов [2]. Рассматривается возможность расширения безопасных транспортных услуг с учётом небольших размеров территории страны и условий географического размещения её в Европе. При обеспечении безопасности перевозок этот рынок оказался интегрированным в основные направления перевозок пассажиров. При выходе транспортной системы пассажирских перевозок в самостоятельное функционирование возникла необходимость развития национального рынка транспортных услуг по основным направлениям с учетом усиления безопасности исполнения: модернизация транспортной инфраструктуры по европейским стандартам; создание современной производственной и ремонтной основ на имеющихся национальных машиностроительных предприятиях; образовательных организаций по обучению менеджеров рынка транспортных услуг; определение потребности в ресурсах для освоения предлагаемого объёма транспортных услуг в стране.

Исследования безопасности перевозок международных рынков транспортных услуг в области пассажирских перевозок базируются на их привязке к видам транспорта, обслуживающим национальную территорию страны и иностранных государств. Принципиальных отличий между исследованием внутренних и внешних рынков безопасного оказания транспортных услуг для населения не существует. И в том, и в другом случае используются одни и те же принципы и методы. Однако определенная специфика, порождаемая особенностями функционирования зарубежных рынков транспортных услуг и условиями работы на них национальных перевозчиков, придает обеспечению обязательного уровня безопасности транспортных услуг черты, которые необходимо учитывать:

- требуется анализ спроса, предложения и их соотношения, перспектив развития рынка безопасных транспортных услуг для населения;
- развитие новых форм и методов безопасного предоставления услуг пассажирам;
- оценка возможностей транспортных компаний для реализации запроса потребителей транспортной услуги;
- оценка деятельности конкурентов по условиям безопасности их выполнения по критерию безопасности по всем направлениям её обеспечения;
- изучение коммерческой практики, транспортных, правовых, социально-политических и других условий, на которые отражается безопасность пассажирских перевозок.

Исследование возможностей производителей транспортных услуг предполагает анализ не только их хозяйственной деятельности, действий реальных и потенциальных конкурентов, но и уровень безопасного выполнения перевозок пассажиров. При современном состоянии транспортных коммуникаций выше уровень безопасности у железнодорожного транспорта. Причины этого фактора кроются в следующем: увеличены скорости движения автотранспорта на большинстве автомагистралей, которые пользуются повышенным спросом у автолюбителей; они приносят наибольший процент аварий на автомобильных дорогах, в том числе и с общественным транспортом.

Большое значение для обеспечения безопасности пассажирских перевозок имеет конкурентоспособность их выполнения между видами транспорта и на видах транспорта между различными перевозчиками. В «гонке за пассажиром» транспортные организации снижают уровень ответственности по фактору безопасности, который является наиболее финансово затратным: используется подвижной состав с большими сроками эксплуатации, увеличивается межремонтный цикл, упрощается технология технической эксплуатации транспортных средств.

На безопасность пассажирских перевозок также влияет доброкачественное проведение маркетинга. От его результатов зависит безопасное выполнение перевозок. По фактору безопасности используются следующие способы проведения маркетинга:

– кабинетные – проводятся, как правило, на основе вторичной информации, которая может быть получена в результате изучения правительственных отчетов по безопасности, предоставляемых службами безопасности транспортной отрасли, досье ведомственной отчетности транспортных организаций, компьютерных банков данных. Они не дорогие и позволяют достаточно быстро получить ответы на ряд интересующих перевозчика вопросов в области безопасности пассажирских перевозок;

– полевые – в данном случае представляют собой исследование интересующего транспортную организацию уровня безопасности на месте. Это исследование является самым эффективным методом изучения факторов безопасности пассажирских перевозок, поскольку позволяет получить уникальную первичную информацию в данной области. В то же время это исследование является наиболее дорогим и сложным. Поэтому к нему прибегают в основном лишь крупные транспортные организации. Преимущество этого метода состоит в том, что он дает возможность устанавливать личные контакты с потенциальными потребителями услуг, проводить анкетные опросы с ними для выяснения отношения к уровню безопасности и условиям их обеспечения.

Выбор целевых рынков пассажирских перевозок во многом связан с безопасностью их выполнения видами транспорта. Он предусматривает поиск удовлетворения запросов всех потребителей, присутствующих на данном рынке по условиям безопасности. После этого разрабатывается предложение для потребителей транспортных услуг в пассажирском секторе и предлагается им несколько альтернативных вариантов отдельной услуги при различных условиях безопасности её реализации. Очевидно, что выбор потребителей с учетом их различий в потребностях независимо от условий безопасности варьируется весьма значительно. Возникает противоречие: с одной стороны, имеем потребителей услуг с различными запросами, а с другой – хотим удовлетворить все потребности одним видом транспортной услуги. Следовательно, транспортная организация должна создавать свой уникальный комплекс исследований для каждого сегмента рынка транспортных услуг с учетом условий безопасности их выполнения и при этом учитывать стоимостные и потребительские свойства таких услуг [3]. Предоставление услуг пассажирам по классу бизнес, эконом или бюджетному не может ориентироваться только на условия безопасности выполнения перевозок. Для этого вводится значение уровня безопасности, по результатам которого пассажирам не будет нанесен ущерб, противоречащий условиям транспортного страхования.

В заключение следует отметить следующее:

– позиционирование рынка пассажирских перевозок предполагает рассмотрение конкурирующих участников по условиям безопасности;

– при обеспечении достаточного уровня безопасности рассматриваются две ситуации: 1) пассажиры не видят существенных различий по условиям безопасности выполнения перевозок, предлагаемых различными компаниями; 2) предлагаемые транспортные услуги различных организаций по условиям безопасности не отличаются друг от друга.

Список литературы

1 **Михальченко, А. А.** Новое направление развития пассажирских перевозок в стране / А. А. Михальченко, Т. А. Власюк, О. А. Ходоскина // Проблемы безопасности на транспорте : матер. VII междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 144–145.

2 **Mikhalchenka, A. A.** Modern aspects of marketing of the national market of transport services of Belarus / A. A. Mikhalchenka // International transport infrastructure, industrial centers and corporate logistics : material scientific and technical intl. conf. – Kharkov : DUZNT, 2019. – P. 42–44.

3 **Liu, Z. H.** Techniques for damage estimation of traffic accidents: analysis on applicability based on operational definition / Z. H. Liu, A. A. Mikhalchenka // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2020. – P. 1137–1141.

11 ИСТОРИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 355.41

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ

И. С. АВЕРИН

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

Транспортное обеспечение имело и имеет огромное военное значение во все времена, во всех странах. История войн знает не мало примеров срыва проведения стратегических операций, когда из-за нарушения работы транспорта или слабого развития путей сообщения проигрывались военные кампании и в целом войны.

Вопросам развития транспортного обеспечения вооруженных сил иностранные государства уделяют огромное внимание и немалые затраты.

Формирования транспортных войск или их аналоги имеются в вооруженных силах более чем двух десятков европейских государств, США и Канады. Отдельные эксплуатационные и восстановительные подразделения имеются в вооруженных силах Турции, Индии, Пакистана, Кореи, Тайваня и Филиппин. Анализ их состава говорит о том, что железнодорожные и дорожные войска европейских государств немногочисленны [1].

Особый интерес представляет анализ организации транспортного обеспечения в вооруженных силах США, НАТО и Российской Федерации, так как они имеют опыт организации транспортного обеспечения в условиях реальных боевых действий.

В конце XX века произошло значительное изменение в направленности военной стратегии США, выразившееся в переходе от стратегии «передового базирования» к стратегии «передового присутствия».

Эти изменения внесли коррективы и в способы использования ВС США. Так, например, ВВС США практически трансформировались в экспедиционные силы, базирующиеся в основном на континентальной части страны и готовые к переброске при возникновении любой угрозы в любом регионе мира. Несомненно, такой подход всецело зависит от мощной и гибкой системы транспортировки сил и грузов, а основной составляющей поддержки воздушных перебросок и дозаправок стала глобальная система обеспечения воздушных перебросок (ГСОВП) Командования воздушных перебросок (КВП) ВВС США [2].

Эта система дает возможность осуществлять воздушные перевозки военных формирований и воинских грузов, их использование, длительную поддержку и обратную доставку независимо от типа и объема решаемой задачи.

Кроме этого, приоритетным направлением в области организации транспортного обеспечения вооруженных сил является широкое привлечение к переброске войск и воинских грузов различных коммерческих организаций и негосударственных структур. Основной целью такой политики является уменьшение финансовых затрат на транспортные операции.

В целом приоритетными остаются вопросы пересмотра системы перевозок Министерства обороны (МО), внедрения достижений частного сектора, таких как сопровождение грузов в движении и электронный обмен данными, координация действий между МО и другими государственными ведомствами и организациями.

Происходит дальнейшее совершенствование техники тыла, связанной с перевозками войск. Широкое распространение получили разработанные для нужд ВС стандартные погрузочно-разгрузочные платформы на основе 16,5-тонных грузовиков с прицепом, способных самостоятельно загружаться и разгружаться в течение 5 мин. Внедрение механизации обеспечивает повышение производительности труда на погрузочно-разгрузочных и складских операциях в три-четыре раза, снижение затрат – в два-три раза, а также позволяет сократить время простоя автомобильного транспорта под грузовыми операциями.

Проблемы транспортного обеспечения войск постоянно рассматриваются военными теоретиками и специалистами-практиками Российской Федерации.

Сегодня, несмотря на изменения, произошедшие в армии в целом, в структуре тыловых органов, в построении системы обеспечения войск, проблема эффективного использования транспортных средств остается фактически нерешенной. Целесообразна ли централизация? Этот вопрос, по мнению специалистов в области транспортного обеспечения вооруженных сил, остается актуальным и сегодня [3].

В условиях всевозрастающего объема и неравномерной потребности в перевозках, сокращения сроков на их осуществление важнейшую роль будут играть: широкое применение сил и средств, сокращающих сроки погрузочно-разгрузочных работ; подвоз материальных средств «транзитом», минуя их передачу в ряде звеньев тыла, и другие эффективные методы работы [4].

Нашло дальнейшее применение в практике организации перевозок и подвоза при помощи использования модульного способа, который позволяет перемещать уже готовые объекты тылового обеспечения войск с помощью как железнодорожного, так и автомобильного транспорта на различные расстояния с наименьшими затратами времени и сил на установку и развертывание этих объектов [4]. В Вооруженных Силах Российской Федерации проводятся работы по дальнейшему совершенствованию специальной техники тыла [5].

В современных условиях, когда задачи по борьбе с терроризмом, бандформированиями выполняются несколькими ведомствами одновременно, возникает проблема эффективного обеспечения войск. Ее решению способствует создаваемая единая система материального обеспечения войск (сил), в основе которой должен находиться принцип единого, централизованного использования транспорта, обеспечивающий значительную экономию транспортных ресурсов, а следовательно, бюджетных средств.

Проведенный анализ изменений, происходящих в организации транспортного обеспечения вооруженных сил иностранных государств в условиях современных локальных войн и антитеррористических операций, позволяет сделать следующие выводы:

1 Основу транспортного обеспечения в вооруженных силах иностранных государств составляет организация перевозок войск и воинских грузов.

2 Приоритетным направлением в области организации транспортного обеспечения вооруженных сил является широкое привлечение к переброске войск и воинских грузов различных коммерческих организаций и негосударственных структур.

3 Специалисты в области транспортного обеспечения Вооруженных Сил России и ряда европейских государств наряду с централизацией рассматривают и децентрализованный способ использования сил и средств транспортного обеспечения.

4 Происходит дальнейшее совершенствование техники тыла, связанной с перевозками войск, применение модульного способа в практике организации перевозок и подвоза.

5 Широкое применение получили различные автоматизированные системы контроля передвижения транспорта, технологии информационной интеграции, создание глобальной сети управления перевозками, которое обеспечивает централизованное управление потоками движения в мирное и военное время.

6 Разрабатываются программы по обеспечению войск роботизированными средствами, которые самостоятельно смогут доставлять грузы между местами дислокации армейских подразделений, по использованию нетрадиционных путей доставки материальных средств боевым подразделениям, находящимся в непосредственном боевом соприкосновении с противником.

7 Дальнейшее развитие должны получить логистические принципы и модели, которые позволяют обеспечить четкое взаимодействие экономики государства, военной промышленности, снабженческих баз и транспорта.

Список литературы

- 1 Полянский, Л. Б. Роль, место и значение транспортного обеспечения в системе национальной безопасности государства / Л. Б. Полянский, А. А. Родионов // Наука и военная безопасность. – 2005. – № 3. – С. 13–15.
- 2 Тимошенко, Р. Силы глобальных перевозок / Р. Тимошенко // Независимое военное обозрение. – 2005. – № 30.
- 3 Бичик, В. С. К вопросу о централизации использования транспорта в обеспечении войск / В. С. Бичик // Военно-экономический вестник. – 2004. – № 3. – С. 20–26.
- 4 Южаков, В. М. Пути повышения эффективности использования автомобильного транспорта / В. М. Южаков // Военно-экономический вестник. – 2004. – № 9. – С. 85–98.
- 5 Бронированные грузовики: современность и перспективы // ВТС. – 2006. – № 31.

ОСНОВОПОЛОЖНИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ*А. Б. БЕССОЛЬНОВ**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожный транспорт является важнейшей инфраструктурной отраслью России и Беларуси. Постройка уже первых железнодорожных магистралей в 40–60-х годах XIX века привела к бурному росту промышленного производства, освоению новых территорий, росту общей культуры населения, повышению его мобильности. Историю железнодорожного транспорта делали труженики стальных магистралей и его лидеры. У истоков его создания в Российской империи стояли офицеры Корпуса инженеров путей сообщения и Корпуса горных инженеров. Наибольший вклад в дело создания и развития нового вида транспорта внесли П. П. Мельников, Н. О. Крафт, М. С. Волков, А. И. Баландин, С. В. Кербедз, Н. И. Липин, С. В. Гурьев и др. Они с энергией и последовательностью боролись за поддержку проектов железнодорожного строительства и часто выдвигали ценные транспортные проекты и изобретения, опережавшие современную им инженерную мысль на Западе. Это они закладывали основы железнодорожной науки в России, готовили кадры будущих строителей железных дорог, а позднее возглавляли строительство первых железнодорожных линий.

К железнодорожному строительству в России привлекались и иностранные специалисты. К таковым относится Франц Антон Герстнер, чех по национальности, инженер, предприниматель, ставший проектантом и техническим руководителем строительства первой в России Царскосельской железной дороги в 1836–1937 годах.

Заслуги Ф. А. Герстнера и русского ученого, руководителя и первого министра путей сообщения Павла Петровича Мельникова следует отметить особо.

Мельников П. П. (1854–1880 гг.) являлся инженером, генералом, профессором, почетным членом Российской академии наук, членом Государственного совета, Главноуправляющим путей сообщения и публичными зданиями (11.10.1862–16.06.1865), министром путей сообщения (16.06.1865–20.04.1869). Окончил Институт Корпуса инженеров путей сообщения в 1925 году, был оставлен в нем репетитором, с 1833 г. назначен профессором прикладной механики, одновременно преподавал в Петербургском артиллерийском училище и Институте горных инженеров.

П. П. Мельников являлся одним из основоположников железнодорожного дела, автором первой книги «О железных дорогах» (1835 г.). В 1938–1839 годах он был командирован за границу с целью ознакомления с состоянием железных дорог и водных перевозок.

Павел Петрович был одним из авторов проекта строительства железнодорожной магистрали Петербург – Москва. Он впервые в России разработал методику выбора основных технических параметров и определения расходов при эксплуатации железной дороги при проектировании магистрали Петербург – Москва. 7 февраля 1842 года был подписан высочайший Указ о сооружении железной дороги Санкт-Петербург – Москва. П. П. Мельников в 1842–1851 годах возглавлял Северную дирекцию строительства этой магистрали, затем проводил изыскания для строительства железной дороги от Москвы до Черного моря [2, с. 50, 52].

В 1858 году П. П. Мельников был назначен членом Совета Главного управления путей сообщения и главным инспектором частных железных дорог, с 11 октября 1862 года – Главноуправляющим путей сообщения и публичными домами. 16 июня 1865 года вышел указ о переименовании Главного управления путей сообщения в Министерство путей сообщения России. Первым министром путей сообщения был утвержден П. П. Мельников [3, с. 15].

П. П. Мельников совершенствовал структуру возглавляемого им ведомства, при нем были переданы в другие ведомства учреждения, которые не имели прямого отношения к железным дорогам, сухопутным и водным путям. Он проводил ряд мероприятий по улучшению подготовки кадров для транспортного ведомства. В 1864 году Институт инженеров путей сообщения был преобразован в открытое гражданское учебное заведение; с 1867 года военная организация Корпуса инженеров путей сообщения в гражданскую. В 1869 году в г. Ельце было открыто первое железнодорожное училище, явившееся прототипом ПТУ и техникумов в России [3, с. 15]. В 1869 году состоялся

первый общий съезд представителей русских железных дорог. На нем было принято решение о введении прямого пассажирского и товарного сообщения на всей территории России. За время управления П. П. Мельниковым Министерством путей сообщения сеть российских железных дорог увеличилась на 7062 км.

В связи с возрастом и болезнью 20 апреля 1869 года П. П. Мельников был освобожден от должности и назначен членом Государственного Совета.

Ф. А. Герстнер прибыл в Петербург в августе 1834 года по приглашению горного ведомства. Он уже был известным в Европе специалистом в области строительства рельсовых дорог, хорошо знал состояние железнодорожного дела в Англии. Для ознакомления с особенностями ландшафта России, климатическими особенностями страны Герстнер совершил поездку в направлении Москва – Казань – Урал протяженностью более 4000 км и продолжительностью более чем три месяца. Результатом поездки была его обстоятельная записка императору Николаю I, где отмечалась настоятельная необходимость строительства железных дорог в России. В ней предлагалось строить железные дороги от Петербурга до Москвы, от Москвы в направлении Казани или Нижнего Новгорода.

У идеи строительства первых железных дорог было немало противников и оппонентов, которые, в частности, полагали, что эксплуатация железнодорожных линий в зимний период невозможна из-за снежных заносов, а в летнее время – из-за слабости грунта и железнодорожной насыпи. Поэтому Герстнер первоначально предложил построить небольшую железную дорогу, опыт использования которой опроверг бы этих скептиков.

В январе 1835 года на личном приеме у императора Николая I Ф. А. Герстнер получил высочайшее дозволение на постройку Царскосельской железной дороги. Для ее постройки была учреждена акционерная кампания с уставным капиталом в 3 млн рублей. Учредителями кампании помимо Ф. А. Герстнера были назначены А. А. Бобринский, Б. Б. Крамер, И. К. Плитт. Герстнер был утвержден в качестве руководителя строительства линии.

В записке от 31 января 1836 года Ф. А. Герстнер изложил проект Царскосельской дороги, а в марте опубликовал специальную брошюру. В ней приводились строительные, технические характеристики будущей линии и необходимые экономические расчеты. Планировалось, что железная дорога будет перевозить не менее 300 тыс. человек в год, что обеспечит 500 тыс. рублей чистого дохода. За 1938 год Царскосельской дорогой было перевезено 598 тыс. пассажиров, а через год их число достигло 726 тыс. [2, с. 34].

Официальное открытие железной дороги Петербург – Царское село состоялось 30 октября (11 ноября) 1837 года. Расстояние в 23 км поезд, управляемый Герстнером, преодолел за 35 минут. На обратном пути Герстнер, желая показать все возможности железной дороги и паровоза, развил фантастическую по тем временам скорость, покрыв весь путь за 27 минут при средней скорости 51 км/ч [2, с. 328]. Так была открыта эпоха железнодорожного строительства в России.

Список литературы

- 1 **Виргинский, В. С.** Возникновение железных дорог в России до начала 40-х годов XIX века / В. С. Виргинский. – М. : Государственное транспортное издательство, 1949. – 272 с.
- 2 История железнодорожного транспорта России / под общ. ред. Е. Я. Красковского, М. М. Уздина : в 2 т. Т. 1.: 1836–1917 гг. – СПб., 1994. – 336 с.
- 3 История организации и управления железнодорожным транспортом России. Факты, события, люди. К 200-летию транспортного ведомства и образования на транспорте России / под ред. А. А. Тимошина. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 466 с.

УДК 656.2

ИЗ ИСТОРИИ ДВУХПАЛУБНИКОВ

А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Прототип первого двухэтажного троллейбуса СССР был собран компанией English Electric Company в 1933 году. Он назывался АЕС 664Т и мог перевозить до 74 пассажиров, из которых

32 сидели на 1-м этаже и 42 на 2-м. Троллейбус оснащался двумя двигателями мощностью по 74 кВт, что обеспечивало достаточную мощность и неплохую скорость.

Первый 2-этажный троллейбус ЯТБ-3 был выпущен на линию в Москве 15 декабря 1939 года. Троллейбус покрасили в синий цвет и дали ему номер 1. Он курсировал по маршруту № 17 от станции метро «Комсомольская» до станции «Сокол».

Заводская газета «Автомобилист» за 15 апреля 1936 года: «Еще в 1935 г. по заданию Моссовета и <...> Н. С. Хрущева <...> в Англии были заказаны два опытных одноэтажных и один двухэтажный троллейбусы. Для оформления договора на предмет приобретения троллейбусов и документации был командирован <...> инженер Осепчугов В. В.».

Даблдекер доставили морем до Ленинграда, оттуда по шоссе до Калинина (Твери), а потом опять по воде – на барже до Химок.

5 сентября 1937 года, газета «Правда»: «...начал курсировать недавно привезенный из Лондона двухэтажный троллейбус. Он ходит по Ленинградскому шоссе от Белорусского вокзала до Коптево и обратно». 1 октября, «Вечерка»: «Двухэтажный троллейбус <...> с сегодняшнего дня прекратил работу. Троллейбус снят для изучения его эксплуатации» (тогда это слово писали через О. Прим. Ф. Л.) [1].

В декабре журнал «За рулем» подробно рассказал про английский даблдекер: он проработал всего 25 дней, после чего был отправлен в Ярославль. Машину обслуживали сразу два кондуктора (один продавал билеты, второй регулировал пассажиропоток), она прошла 5725 км (то есть примерно по 230 км в день), и ЯГ перевезла 60861 пассажира. Уверяется, что простое не было даже из-за обрывов контактной сети, поскольку при необходимости троллейбус «переходил на батареи», т. е. уже тогда применяя автономный ход, который сейчас внедряют наши производители.

Тем временем АЕС в Ярославле разобрали и микрометрировали. Правда, до конца 1937 года не успели – судя по документам, завершили это в 1938-м, затратив почти 33 тысячи рублей вместо запланированных 22 тысяч с небольшим. Обратная сборка (ее закончили только в 1939-м) обошлась еще дороже: в смете указаны 35 тысяч рублей.

Чтобы ускорить работы, кузов скопировали методом дрефта, вычертив его обводы в натуральную величину на окрашенном белилами деревянном щите размером 5,5 на 3 метра. Кстати, в современных исторических публикациях утверждается, что высоту ЯТБ-3 уменьшили относительно АЕС, пожертвовав комфортом пассажиров. Мы сравнили данные – и что же? Ярославская машина действительно ниже на 20 см, но высота ее этажей отличается всего на несколько сантиметров!

Каркас кузова впервые для советских троллейбусов варили из стальных профилей (у других ЯТБ он был деревянным). А вот наружную облицовку сделали не из стальных листов, как у АЕС, а из алюминиевых – видимо, для облегчения (впрочем, машина все равно получилась тяжелее английской примерно на 700 кг).

«Для предотвращения шума и скрипа» места соприкосновения обшивки с каркасом проклеивались дерматином и войлоком. Алюминиевыми были и другие элементы: каркас лестницы, рамки открывающихся окон и панели, которыми были облицованы деревянные «каркасы дверинок».

Кстати, известно, что две двери (спереди и сзади) вначале были только у одного экземпляра, но «при модернизации» их получили и другие машины. Еще экземпляры различались внутренней окраской (у трех машин – коричневая, у двух – зеленоватая, у остальных – голубая) и крышей: у восьми экземпляров она, как и у «англичанина», была однослойной (металлическая обшивка поверх дуг каркаса), а на последних двух установили еще и внутреннюю обшивку потолка – из фанеры, оклеенной дерматином.

Сиденья были «обиты ковровым материалом (в учебнике «Троллейбусы» указывается, что плюшевым. – Прим. Ф. Л) и отделаны хромовой кожей», поручни покрыты черным нитролаком, дуги каркасов сидений (а также бамперы и вентиляционные решетки) хромированы, оконные рамы покрашены под красное дерево, к спинкам сидений второго этажа привинчены опрокидывающиеся пепельницы. Красота! А чтобы пассажиры не мерзли, в салоне смонтировали «20 электропечей по 50 Вт». Из прочих любопытных деталей – подсвеченная табличка с надписью: «Мест нет» (как у английского прототипа), которую зажигал кондуктор, и примитивные контрольные приборы – лампочка, сигнализирующая о положении дверей, и электрорезонатор «кондуктор – водитель». Ну а в под-

готовке электрической части даже помогли англичане: 27 марта 1938 года «Правда» со ссылкой на The Manchester Guardian упомянула об английском инженерере, который три года проработал консультантом на заводе «Динамо» [1].



Первый двухэтажный троллейбус ЯТБ-3 в Москве:
а – на площади Революции, 26 сентября 1938 г.; б – у Тверской заставы, 26 апреля 1938 г.

В последующие годы количество ЯТБ-3 в Москве росло. В 1940-м в городе было уже 10 двухэтажных троллейбусов, которые курсировали по 12 маршрутам. При этом практика эксплуатации показала, что такой транспорт плохо подходит для местных условий. В итоге двухэтажники решили больше не выпускать – поскольку (цитируем архивный документ) «для наших городов, особенно в зимнее время, когда снег и наледи ухудшают устойчивость машин с высоким центром тяжести, их достоинства становятся сомнительными». Новый троллейбусный цех к войне так и не закончили: в 1941 году были готовы только фундамент и часть стен, а уже после войны корпус достроили и отдали под сборку дизелей. Да и выпуск троллейбусов в Ярославле с началом Великой Отечественной завершился на отметке 922 экземпляра: стало не до них.

ЯТБ-3 был одним из самых популярных троллейбусов в Москве во время ВОВ. Он использовался для перевозки пассажиров, раненых и военных грузов. Транспорт был вместительным и удобным, что делало его идеальным транспортным средством для военных целей. Во время войны ЯТБ-3 использовались на разных направлениях. Они перевозили пассажиров с окраин Москвы в центр города, а также раненых и военные грузы с передовой в тыловые районы. Троллейбусы применялись для эвакуации населения из районов, которые находились под угрозой оккупации. ЯТБ-3 сыграли важную роль в обеспечении транспортной связи во время ВОВ. Они помогли перевезти миллионы людей и тонны грузов, что сыграло важную роль в победе над врагом [2].

Список литературы

- 1 Лапшин, Ф. История советских двухэтажных троллейбусов / Ф. Лапшин, М. Чемерис // Авторевю – 2020. – С. 31–36.
- 2 Сенько, В. И. История городского транспорта : [монография] / В. И. Сенько, А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 246 с.

РОЖДЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ

С. А. ДУДКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В 1848 г. В Центральной и Западной Европе грянули революции. В истории эту эпоху называют «весной народов». Однако в целом ситуация во многих европейских странах была далека от весенней идиллии, приобретая всё более сложные и запутанные политические формы. Более всего ситуацию обострило то обстоятельство, что требования демократических реформ переплелись со стремлением многих народов к независимости, наряду с этим многие нации, расколотые на куски, принадлежащие разным государствам, стремились объединиться в новых национальных образованиях. Всё это рушило границы многих европейских государств, уже устоявшиеся после эпохи наполеоновских войн.

Наиболее тяжелой выглядела политическая ситуация в Австрии, которую по причине многочисленности населявших ее народов называли «лоскутной империей». Пришедшее к власти в Венгрии революционное правительство Лайоша Кошута взяло курс на полное государственное отделение от Австрии и создание независимой республики. Для Вены положение в Венгрии особенно обострялось тем, что практически все части венгерской армии перешли на сторону революционного правительства, за независимость Венгрии фактически в полном составе с начала революции выступили все офицеры и генералы имперской армии венгерского происхождения.

Весной 1849 года генерал Артур Гёргей, возглавивший армию Венгрии, нанес австрийским войскам ряд серьезных поражений, ситуация в Австрийской империи становилась все более сложной и неуправляемой. Все это не могло оставить императора Николая I безучастным наблюдателем происходящих в Австрийской империи событий. Вакуум, который должен был образоваться на месте распавшейся Австрийской империи, заполнила бы новая европейская держава – Венгрия. При этом ряд ведущих командных должностей в венгерской армии занимали польские генералы, принимавшие участие в антироссийском восстании 1831 года. В состав Венгрии вошла бы и украинская Галиция, где в 1846 году украинские крестьяне устроили резню польских помещиков. Поляки хотели поставить «украинское быдло на место», а затем сделать Галицию базой для формирования польских вооруженных сил, а затем и вторжения в русскую Польшу.

Естественно, Николая I и польского наместника фельдмаршала Ивана Федоровича Паскевича такой сценарий развития событий совершенно не устраивал, тем более что австрийцы буквально молили о помощи. 3 мая 1849 года в Варшаву прибыл австрийский фельдмаршал граф Кабога, который передал фельдмаршалу Паскевичу официальное письмо от главы австрийского правительства князя Шварценберга, в котором тот сообщал, что венгерские войска находятся в нескольких переходах от Вены и без помощи русских войск падение имперской столицы неизбежно. Фельдмаршал Кабога буквально умолял Паскевича: «Спасите Австрию! Каждый день, каждый час дорог!»

Фельдмаршал Паскевич оказался в сложнейшей ситуации. Ему, прошедшему «огонь, воду и медные трубы»: войну 1812 года, череду русско-турецких и русско-персидских войн, – требовалось принимать немедленное решение. При средствах связи XIX века получить санкцию императора на дальнейшие действия можно было только через дней 15–20 – срок совершенно неприемлемый. И тогда фельдмаршал принял единственно верное решение. В качестве «пожарной команды» был сформирован 10-тысячный отряд генерал-лейтенанта Панютина. Но как перебросить войска к Вене, ведь счет времени шел уже на дни. И тогда фельдмаршал Паскевич принимает решение посадить войска в вагоны и перебрасывать поездами по Варшавско-Венской железной дороге в столицу Австрии. Это был первый в русской военной истории случай переброски войск по железной дороге. А с учетом численности перебрасываемого воинского контингента в рамках конкретной армейской операции, эта железнодорожная перевозка войск не имела аналогов в европейской военной истории до середины XIX века. Таким образом, без всяких исторических натяжек мы можем считать 1849 год годом рождения железнодорожных армейских перевозок и годом рождения железнодорожных войск России.

К сожалению, необходимые нововведения зачастую осуществлялись в Российской империи недопустимо медленными темпами. Опыт железнодорожной переброски войск во время операции 1849 года не был должным образом осознан, более того, не было осознано, что появление железных дорог коренным образом меняет весь процесс снабжения армии на отдаленном театре военных действий. Все это отозвалось тяжелыми последствиями в дальнейшем, и прежде всего во время Крымской войны.

Конечно, поражение Российской империи в Крымской войне было обусловлено целым рядом причин. Как правило, историки среди них отмечают две главные причины. Прежде всего формирование мощной антироссийской коалиции. Османская империя, с которой начался конфликт, переживала в середине 19-го века упадок и представляла для России лишь ограниченную угрозу. Однако вступление в войну на стороне турок Франции и Великобритании коренным образом поменяло соотношение сил, особенно на море. Британский флот был самым мощным в мире, французский флот – вторым по численности, российский черноморский флот по своей численности и техническому оснащению не мог противостоять флоту англо-французской коалиции. Второй причиной стало отсутствие у России союзников. Австрия и Пруссия, которые император Николай I считал дружественными странами, отказались от союза с Российской империей, а позднее австрийский император и вовсе пригрозил вступить в войну на стороне противников Российской империи, сполна «отблагодарив» своего царственного брата императора Николая I за спасение австрийской монархии в 1849 году.

Однако наряду с этими причинами историки выделяют в числе главных еще одну: техническое и технологическое отставание России, и прежде всего транспортные проблемы. Англо-французские союзники, высадив десант в сентябре 1854 года в Евпатории, первым делом проложили железную дорогу Евпатория – Севастополь. Как следствие, пополнение и боеприпасы перебрасывались из турецких черноморских портов пароходами до Евпатории, а затем максимально быстро по железной дороге доставлялись к бастионам Севастополя. Русская же армия снабжалась так же, как и в славную эпоху наполеоновских войн, гужевым транспортом на волах и лошадях. Проект железной дороги Москва – Курск с последующим строительством железных дорог от Курска до Одессы и Ростова был отложен в долгий ящик (его реализовали уже в годы правления императора Александра II). Как следствие, в весеннюю распутицу и в летнюю жару по степи в Крым медленно ползли обозы российской армии. С учетом огромных расстояний Российской империи очевидно, насколько большую роль в поражении России в Крымской войне сыграло отсутствие хотя бы одной-двух железных дорог от Москвы на юг империи.

Лишь после поражения в Крымской войне в Российской империи осознали стратегическую необходимость развития большой сети железных дорог, осознали развитие железнодорожного транспорта не только для экономического развития государства, но и для обеспечения его обороноспособности.

Поэтому уже через несколько лет после окончания Крымской войны в Российской империи начала осуществляться масштабная программа строительства железных дорог. Во время царствования императора Александра II началось строительство южных железных дорог, отсутствие которых оказалось столь пагубным для Российской империи в годы Крымской войны. Наконец-то поезда из Санкт-Петербурга и Москвы дошли до Курска, Харькова, Киева, а затем до Одессы и Ростова. Но истине грандиозная программа железнодорожного строительства начала осуществляться в Российской империи в годы царствования императоров Александра III и Николая II. Среди тогдашних железнодорожных проектов прежде всего выделяют строительство Транссиба – грандиозной железнодорожной магистрали, которая по своей протяженности тогда не имела мировых аналогов. Но, нисколько не умаляя значение Транссибирской магистрали, мы должны склонить благодарные головы перед императором Николаем II и выдающимся государственным и финансовым деятелем Российской империи графом С. Ю. Витте за осуществленный под их руководством проект строительства стратегических западных железных дорог.

Список литературы

- 1 Митюрин, Д. В. Паскевич. Умиротворитель Европы. Серия «Великие имена» / Д. В. Митюрин. – СПб. : Северная Венеция, 2015. – 304 с.
- 2 Айрапетов, О. Р. История внешней политики Российской империи : в 4 т. Т. 2. Внешняя политика императора Николая I. – М. : Кучково поле, 2017. – 622 с.

К ЮБИЛЕЮ ЛИБАВО-РОМЕНСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ (история создания и техническое описание дороги)

А. А. ЕРОФЕЕВ, А. А. ВАСИЛЬЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

С 1867 г. в связи с успехами в строительстве и эксплуатации рельсовых путей в России началась настоящая «железнодорожная горячка» [1]. В декабре 1868 г. Комиссия по развитию железных дорог и Совет министров России утвердили проект строительства железной дороги Либава – Шавли (Шяйуляй) – Ковно (с предоставлением государственной гарантии). 27 декабря 1868 г. решение правительства утвердил император Александр II. Было создано акционерное общество – Общество Либавской железной дороги, председателем которого стал Иван Блох. Строительство железной дороги продолжалось два года. В начале сентября 1871 г. из Либавы выехал первый поезд до станции Жасляй (7 км к востоку от Кошедар). Было открыто движение по этой линии пассажирских и товарных поездов. В апреле 1870 г. состоялась торжественная закладка первого камня Либавского железнодорожного вокзала.

В 1870 г. Комитет министров определил «высочайше утвержденную» сеть важнейших железных дорог. В общий перечень была включена линия от Конотопа до Ландварово (через Гомель, Бобруйск, Минск). Позже было предложено продлить Ландварово-Конотопскую железную дорогу вглубь Полтавской губернии – до Ромен.

Концессия и устав частной Ландварово-Роменской железной дороги были «высочайше утверждены» 9 мая 1871 г. Срок окончания строительства был определен 3 годами, а время владения – 81 годом со дня окончания постройки [2].

Летом 1871 г. началось строительство железной дороги со стороны г. Вильно. Движение на участках открывалось последовательно. Первый из них – от Вилейки до Минска (173 версты) – был открыт для движения 14 января 1873 г. Второй – до Бобруйска (139,5 версты) – 16 сентября того же года. С открытием участка Минск – Ново-Вилейск на белорусской земле появился первый железнодорожный узел Минск, работавший сначала на три направления. В день открытия движения до Бобруйска появилось четвертое направление. Третий участок – до Гомеля длиной в 141,3 версты – открылся 17 ноября 1873 г. Четвертый – до Бахмача (184 версты) – 12 января 1874 г. Пятый – до Ромен (72,7 версты) – 15 июля 1874 г., то есть на 14 дней раньше срока. Общая протяженность линии составила 711,1 версты.

В соответствии с техническими условиями Ландварово-Роменская железная дорога строилась в один путь. В Минске по путепроводу она проходила над рельсами Московско-Брестской железной дороги.

После завершения строительства Ландварово-Роменской железной дороги стало очевидно, что эта дорога сможет работать прибыльнее и рациональнее, если будет иметь выход непосредственно к Балтийскому морю (к порту Либава). Формальная передача Либавской дороги в заведование управления Ландварово-Роменской железной дороги состоялась 1 июля 1876 г. Фактически делопроизводство и счетоводство были переданы 1 сентября 1876 г. И, наконец, с 20 мая 1877 г., когда был высочайше утвержден новый устав общества Либаво-Роменской железной дороги, слияние дорог получило юридический статус.

Либаво-Роменская железная дорога состояла из трех участков: Либавского, Калкунского и Роменского. Длина главного пути – 1191,19 версты. Общее направление линии от Либавы к Ромнам – на юго-восток. Либавский участок, длиной 294 версты, начинался в Виленской губернии от ст. Кошедары С.-Петербурго-Варшавской железной дороги и, пересекая Ковенскую и Курляндскую губернии подходил к берегу Балтийского моря у г. Либавы, который служил его конечным пунктом. На ст. Можейки к линии примыкала Риго-Митавская железная дорога и на ст. Радзивилишки от нее отделялся Колкунский участок [2]. Калкунский участок, протяженностью 186 верст, начинаясь у ст. Колкуны С.-Петербурго-Варшавской железной дороги в четырех верстах от г. Двинска, проходил по Курляндской и Ковенской губерниям. Конечным пунктом служила станция II класса Либавского уч. Радзивилишки. Общее направление линии от Калкун к Радзивилишкам – на запад. Роменский

участок, протяженностью 711 верст, начинался на ст. Вилейской С.-Петербурго-Варшавской железной дороги, проходил по губерниям: Виленской, Минской, Могилевской, Черниговской и Полтавской – и оканчивался на ст. Ромны, где соединяется с Харьковско-Николаевской железной дорогой.

На ст. Минск имелась соединительная ветвь к Московско-Брестской железной дороге; на ст. Гомель – ветвь к Полесским железным дорогам и на ст. Бахмач – ветвь к Киево-Воронежской железной дороге. В четырех верстах от ст. Вилейской Либаво-Роменская железная дорога соединялась с С.-Петербурго-Варшавской железной дорогой особой ветвью, назначенной исключительно для пропуска императорских поездов из С.-Петербурга на Юг и обратно. От ст. Низковка идет Корюковская ветвь к сахарному заводу [2].

На Либавском участке земляное полотно на всем протяжении было устроено под два пути шириною 4,60 сажень. На Калкунском и Роменском участках полотно под один путь шириной 2,60 сажень. Откосы насыпей и выемок полуторные, одернованные и обсеянные.

На Либавском и Калкунском участках были допущены наибольшие уклоны в 10 ‰, на Роменском – 8 ‰. Предельный радиус кривых – 300 сажень. В общем итоге протяжение уклонов и кривых главного пути, выраженное в процентном отношении к длине пути 1191,19 верст, составили: горизонталей – 54,5 ‰; уклонов до 6 ‰ – 21; от 6 до 8 ‰ – 23; от 8 до 10 ‰ – 1,5; прямых – 83,2; кривых радиуса более 300 сажень – 16 ‰.

Нормальная ширина балласта попереху – 1,50 сажени, толщина – 0,18 сажени.

При постройке дороги путь был уложен железными рельсами со стыками на шпалах, двумя плоскими накладками и подкладками на стыковых шпалах.

Всего имелось 779 ИССО, а именно: 613 мостов общим протяжением отверстий 1962,38 сажень и 166 труб – 78,06 сажень.

В 1889 г. на Роменском и в 1891 г. на Либавском участках приступили к сплошной замене стальных рельсов типа 21²/₃ фунта в погонном футе стальными же рельсами весом 22¹/₂ фунта в погонном футе при скреплении двумя фасонными накладками. К 1 января 1896 г. было уложено 324 версты рельсами типа 22¹/₂ фунта, 867 верст рельсами типа 21²/₃ фунта. Шпалы укладывались на всех участках исключительно сосновые, непропитанные, брусковые и пластинные. Клеймение их производится металлическими клеймами Коргина.

Пассажи́рские здания на дороге были различных типов: на Либавском участке – двухэтажные каменные, на Калкунском – исключительно деревянные, на Роменском, на станциях Гомель, Ромны и Талалаевка – каменные, на станциях II класса – лишь средняя часть каменная, на остальных же станциях – деревянные.

Пассажи́рские и междупутевые платформы – земляные с подпорными стенками из пластин, забранных между рельсовых стоек; крытые платформы устроены лишь на ст. Либавка, Минск и Макошино. Жилые дома на станциях, путевые здания были устроены преимущественно на кирпичных столбах с забранными пластинами цоколем; станционные здания – на кирпичных фундаментах с такими же цоколями. Так, было устроено: казарм – 122; полуказарм – 50; двойных сторожевых домов – 34, одиночных сторожевых домов – 1716.

Для хранения товаров на станциях были устроены крытые и открытые товарные платформы и пакгаузы. Открытые платформы частично деревянные на деревянных столбах, частично земляные мощеные с деревянными или каменными подпорными стенками. Крытые товарные платформы и пакгаузы исключительно на деревянных столбах.

Из имеющихся на дороге 109 остановочных пунктов водоснабжение было устроено на 65 станциях, причем на 39 – отдельные водоподъемные здания, на остальных машины были помещены в каменных водоподъемных зданиях с деревянной надстройкой для помещения бака [3].

Список литературы

1 История железнодорожного транспорта России. Т. 1. 1836–1917 / под общ. ред. Е. Я. Красковского, М. М. Уздина. – СПб., 1994. – 336 с.

2 **Ерофеев А. А.** К юбилею Либаво-Роменской железной дороги (история образования, техническое описание дороги) / А. А. Ерофеев, А. А. Васильев // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2023. – № 1 (46). – С. 88–94.

3 Либаво-Роменская железная дорога. Краткое описание дороги. – Минск : Паровая типолитография Х. Я. Дворжеца, 1896. – 41 с.

ТОПЛИВО, ПРИМЕНЯЕМОЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ю. М. ЗЕМСКОВ, Л. С. КУЩЕНКОВА

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения, г. Нижний Новгород,
Российская Федерация*

Исходя из названия первых машин – паровозов – на железной дороге, работу их двигателя обеспечивал пар, а для его производства было необходимо топливо, и это был знаменитый уголь. Несколько позже, в районах, где шла добыча нефти, использовали для паровозных локомотивов тяжёлое мазутное топливо. Но всё же в масштабе нашей России, на территории Европейских стран и на Американском континенте изначально топливом для паровоза служил только уголь. В лихую годину революционных дней, а также в период Гражданской войны, в паровозных топках сжигали древесину или торф, иногда в качестве уже совсем экзотического топлива использовалась сушёная рыба. На паровозном локомотиве в качестве хранения угольного топлива служил тендер. В таком вагоне хранились и запасы воды. На локомотивах, у которых отсутствовал подобный тендер, всё своё угольное топливо и вода хранились на самом паровозе. По этой причине такая модификация локомотива получила название «паровозного танка».

Твёрдое топливо сгорало в котловой топке. Для обеспечения его сгорания использовалась колосниковая решётка. Отходы в качестве шлака и золы собирались в так называемом зольнике, предварительно проходя через сито специальной решётки.

С помощью большого количества жаровых и дымогарных труб происходил теплообмен и осуществлялся нагрев воды в котле, образуя тот самый пар, который направлялся непосредственно в паровую машину, чтобы обеспечить движение локомотива, активизируя кривошипно-шатунный механизм, что в итоге трансформировалось во вращательное движение паровозных колёс.

Следует отметить, что инженеры-создатели паровозного чуда шли весьма сложным путём, изобретая свою машину. Изначально они больше полагались на свою интуицию, чем на конкретные расчёты.

Техника, которая совершенствовалась, могла долго служить людям. В этом случае инженеры находились на правильном пути, будучи в постоянном творческом и техническом поиске, в том числе и новых видов топлива. Для этих целей энтузиасты предлагали научиться правильно сжигать угольную пыль, что в значительной степени могло увеличить коэффициент полезного топлива используемого древесного угля. При этом топочные объёмы могли не увеличиваться. Но все эти предложения были лишь теоретическими выкладками, не имея под собой твёрдой практической почвы. В итоге угольная пыль не стала служить в качестве топлива, поскольку изобретатели так и не добились эксплуатационной надёжности пылеугольных единиц паровозных локомотивов. Обуздать процесс сгорания угольной массы, в том числе и угольной пыли, именно при высоких температурах в полной мере не удалось. Поэтому от этой разновидности топлива отказались.

После этого началась эра поиска и создания дополнительного оборудования для повышения эффективности используемого угольного топлива. Так появились первые стокеры «Дуплексы», которые обеспечили двухстороннюю подачу твёрдого топлива в топочное жерло. В СССР аналогичное было установлено на паровозных модификациях «ИС» и «ФД».

Американские изобретатели предложили паровозникам так называемые механические устройства: «пушеры», которые успешно производили разрыхление смёрзшегося угля непосредственно в тендере. В итоге уже разрыхлённое топливо посредством транспортёра подавалось непосредственно на стокер.

В двадцатом веке появились транспортные единицы в виде тепловозов, на которых применялось уже дизельное топливо для силовых установок. Это мог быть непосредственно дизельный двигатель или устанавливалась газовая турбина. Дизельное топливо, применяемое для тепловозов, должно обладать следующими свойствами:

- хорошо распыляться, обеспечивать плавное и полное сгорание, не вызывать стуков, образования сажи, дымного выхлопа и обеспечивать легкий запуск двигателей, а также независимо от времени года и климатических условий хорошо прокачиваться по топливной системе;
- не вызывать коррозии емкостей и топливной аппаратуры;
- обеспечивать необходимую смазку топливной аппаратуры, не образовывать смолистых и лаковых отложений на иглах распылителей форсунок, приводящих к их зависанию;
- иметь высокое цетановое число, т. е. обладать малым периодом задержки самовоспламенения;

– не образовывать нагаров и отложений в камере сгорания, в цилиндрах двигателя, на поршнях и выпускном тракте;

– обладать высокой теплотой сгорания и иметь малый удельный расход;

– быть стабильным при транспортировке, хранении и применении.

Для того чтобы дизельное топливо удовлетворяло перечисленным выше требованиям, оно должно обладать определенными физико-химическими свойствами, оцениваемыми Государственным общесоюзным стандартом (ГОСТом), в котором имеются 17 различных показателей качества. По этим показателям судят об эксплуатационных свойствах топлива и о влиянии на процессы топливоподачи, смесеобразования, самовоспламенения, сгорания и т. д.

В двигателях тепловозов должно применяться специальное дизельное топливо по ГОСТ 10489–63 и по ГОСТ 4749–49. Дизельное топливо для транспортных дизелей получают как прямой перегонкой нефти, так и смешением продукта прямой перегонки с гидроочищенными и другими компонентами, которые применялись при изготовлении образцов топлива и прошли государственные испытания с положительными результатами.

Дизельное топливо для транспортных дизелей по ГОСТ 10489–63 вырабатывают следующих сортов:

– ТЛ – топливо летнее, применяемое при температуре окружающего воздуха до минус 10 °С на железных дорогах Юга, Кавказа, Средней Азии и на некоторых дорогах центральной полосы в течение круглого года, а на железных дорогах Дальнего Востока, Западной Сибири, Урала и Севера – в весенне-летний и осенний периоды года;

– ТЗ – топливо зимнее, применяемое при низких температурах атм. воздуха. Оно имеет несколько облегченный фракционный состав, пониженную вязкость, температуру застывания минус 35 °С;

– для двигателей тепловозов и дизельных поездов применяют также дизельное топливо, вырабатываемое из малосернистых нефтей по ГОСТ 4749–49. Это топливо получают путем прямой перегонки. Оно является одним из лучших сортов дизельных топлив, вырабатываемых в СССР, и предназначено для использования в быстроходных двигателях.

За последнее время летнее дизельное топливо по ГОСТ 4749–49 стали вырабатывать путем гидроочистки и из сернистых нефти на ряде заводов. По этому ГОСТу вырабатывают топливо четырех сортов:

– арктическое дизельное марки ДА, применяемое при температуре окружающего воздуха ниже минус 30 °С. Это топливо имеет малую вязкость и облегченный фракционный состав, что обеспечивает нормальный запуск и работу дизеля в зимних условиях при особо низких температурах. Для тепловозов железнодорожного транспорта указанное топливо не поставляется;

– зимнее дизельное марки ДЗ, применяемое при температуре окружающего воздуха до минус 30 °С. Благодаря облегченному фракционному составу и низкой температуре застывания это топливо широко используется в дизелях тепловозов зимой;

– летнее дизельное марки ДЛ, применяемое в весенне-летний и осенний периоды года при температуре окружающего воздуха выше 0 °С. Это топливо имеет несколько утяжеленный фракционный состав и большую вязкость. Оно является одним из основных марок, которое получает железнодорожный транспорт;

– специальное дизельное марки ДС, применяемое для быстроходных судовых дизелей. В двигателях тепловозов такое топливо не применяется.

Затем появились первые электровозы, которые изначально потребляли в качестве топлива электрическую энергию постоянного тока. В последующем постепенно стали переходить на использование уже переменного тока. Данная разновидность транспортных единиц зарекомендовала себя как экологически чистый транспорт. Выброс вредных веществ значительно сократился.

Поезд на водороде. Почему этот газ еще не стал заменой «грязного» топлива? Вот уже несколько десятилетий водород называют топливом будущего и считают его наиболее привлекательным с точки зрения экологии. Водород можно добывать из воды путем электролиза, а его сжигание в двигателях транспорта сопровождается выбросами водяного пара, а не вредного парникового углекислого газа, который негативно сказывается на изменении климата. Почему этот вид топлива при всей его экологичности еще не стал доминирующим на планете? В каких сферах уже используют водород? И может ли он быть «зеленым» на все 100 %? Объясняем на конкретных примерах.

«Чистый водород в настоящее время получает беспрецедентный импульс в политическом и деловом планах, а количество направлений и проектов во всем мире быстро растет. Настало время для расширения технологий и снижения затрат, чтобы водород получил широкое распространение», –

говорится в отчете Международного энергетического агентства, посвященном будущему водородной энергетики. Этот отчет готовили летом прошлого года по запросу японского правительства. Там ему прочат великое будущее в энергетическом переходе к экологически чистой экономике. Вот только отмечают при этом, что необходимо активно внедрять водород в секторах, в которых он практически полностью отсутствует, в т. ч. в транспортном.

Водородные поезда в Германии.

С 2018 года в немецкой федеральной земле Нижняя Саксония по железным дорогам между городами бегут-качаются голубые вагончики. Это подвижные составы Coradia iLint – прорывные экспериментальные поезда на водородном топливе. На крыше такого поезда установлены цистерна с водородом и топливный элемент, в котором происходит соединение кислорода с водородом и вырабатывается электроэнергия. Побочный продукт – конденсированная вода и пар. Никаких вредных выхлопов, как от дизельных поездов, никакой зависимости от электрификации участка железной дороги.

Впервые Coradia iLint продемонстрировали на отраслевой выставке InnoTrans 2016 в Берлине. Его разрабатывали специально для неэлектрифицированных линий железной дороги как альтернативу дизельным поездам. Он экологичнее и тише. Два состава Coradia iLint с тех пор так и катаются по Нижней Саксонии, не выезжая за ее пределы.

Coradia iLint развивает скорость до 140 км/ч. В Нижней Саксонии они уже накатали более 180 тыс. километров, испытания признаны успешными, и в 2022 году количество составов увеличили до 14 штук, построят водородную заправочную станцию. Еще 27 поездов поступят в распоряжение Rhein-Main-Verkehrsverbund – транспортной ассоциации земли Гессен в Германии. Там тоже построят водородную заправку.

Отсутствие заправочной инфраструктуры для водородных поездов два года назад называли одной из преград на пути их массового внедрения. Ситуация медленно, но меняется. Площадки выбраны, строительство началось. Вскоре в Германии «зеленые» поезда смогут избавиться от необходимости пользоваться мобильными заправщиками, что повысит оперативность и позволит расширять парк подобной техники. Остается вопрос с тем, насколько все-таки «зеленое» водородное топливо.

Чтобы получить водород, воду надо расщепить на водород и кислород. Чтобы это сделать, требуется затратить энергию. А чтобы ее затратить, необходимо сперва ее добыть. И тут возникает дилемма. Чтобы водородное топливо без каких-либо оговорок можно было назвать экологичным, на его добычу надо затрачивать такую же экологичную энергию. Ведь если сжигать уголь для того, чтобы получить «зеленое» топливо, то в глазах общественности такое достижение уже не будет столь прорывным.

С 1975 года производство водорода для промышленных потребителей выросло в 3 раза. Почти весь этот водород вырабатывается из ископаемого топлива. На его производство идет 6 % потребляемого природного газа в мире и еще 2 % мирового угля. Таким образом, производство водорода приводит к выбросам углекислого газа в размерах, сравнимых с выбросами Великобритании и Индонезии вместе взятых. Статистика не из приятных.

Промышленности водород нужен не в качестве источника энергии, а как составляющая при производстве аммиака и очиститель сырой нефти от серы. Химическую и нефтяную промышленность мало интересует, каким образом был произведен водород, поступающий на завод. А вот адептов экологичной энергетики это волновать должно. Именно поэтому мощности по производству водорода для топливных ячеек транспорта планируют обеспечивать с помощью расположенных рядом ветроэнергетических установок. Радиационная промышленность извлекает водород по большей части из ископаемого топлива и биомассы. Основным источником на сегодня – это природный газ. На его долю приходится три четверти годового глобального производства водорода (70 млн тонн). Небольшая часть производится за счет угля, нефти и электричества.

Однако интерес к производству водорода через электролиз воды растет за счет снижения затрат на возобновляемую электроэнергию. Правда, процесс это небыстрый, природный газ и уголь до сих пор остаются наиболее экономичными источниками для создания водорода. К 2030 году стоимость производства водорода из возобновляемых источников энергии может упасть на 30 %. Это способно повысить привлекательность водородного топлива.

Пока же на электролитический водород приходится около 0,1 % мирового производства. Оно и понятно: сейчас нет достаточного количества экологичных источников электричества, которые можно было бы направить на производство таких объемов водорода. Представьте: если бы весь промыш-

ленный водород вырабатывали с помощью электричества, то на эти цели было бы потрачено около 3600 ТВт·ч – это больше годового производства электроэнергии в Европейском союзе.

Тем не менее в водороде видят возможность. Он может стать одним из вариантов для аккумуляции и хранения энергии из возобновляемых источников на протяжении дней, недель и месяцев. В таких богатых на солнце и ветер регионах, как Австралия и Чилийские Анды, водород может аккумулировать излишки энергии, которые будут доставлять в более удаленные регионы. И тут встает другая проблема хранения и транспортировки этого топлива до потребителей – пускай даже не промышленным, а самым обычным. Если мы говорим об экологичном топливе, то чаще всего сворачиваем на дорожку личного транспорта.

На станции Uno-X под Осло заправлялись электромобили на топливных элементах – преимущественно владельцы марок Toyota и Hyundai. Их не так много. Toyota в Норвегии в прошлом году продала 7 таких авто, Hyundai – 21. И станций было немного – 2. Их все потом прикрыли на время расследования, продажу автомобилей на топливных элементах приостановили. В одном из резервуаров на АЗС была утечка водорода. Он легко воспламеняется и хорошо горит. Проект не умер, в этом году станции продали более успешной компании, которая попробует из пионера водородных заправок сделать гиганта.

Несмотря на это, водородные станции продолжают открываться по всему миру. Несколько десятков работает в Калифорнии, почти по две сотни – в Европе и Азии. Водород для них производят в подавляющем большинстве случаев паровой конверсией метана. Это самый дешевый способ его добычи, который связан с выбросами углекислого газа.

Список литературы

1 В Германии появится поезд на водородном топливе. – Режим доступа : <https://34travel.me/post/vodorodnyy-poezd>. – Дата доступа : 01.10.2023.

2 Российский поезд на водороде. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskiy-poezd-na-vodorode-dalyokaya-mechta-ili-blizkaya-realnost/viewer>. – Дата доступа : 01.10.2023.

УДК 625.1 (476)

СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

С. В. КИРИК, Д. П. ГОЛИК, М. П. ГОЛИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Во второй половине XIX века правительство России организовало строительство железнодорожных линий, которые связывали центральные районы России с западными губерниями и портами Балтики. Это были Риго-Орловская, Московско-Брестская, Либаво-Роменская и Полесские железные дороги.

Рига-Орловская железная дорога. В самом начале 1856 года подполковник инженерных путей сообщения Марченко предложил построить железную дорогу из Динабурга (Даугавпилс) в Курскую губернию через Лепель, Оршу, Климовичи, Мглин и Трубчевск для быстрой доставки хлеба из черноземной полосы в рижский порт.

Строительство Риго-Динабургской железной дороги инициировалось Рижским биржевым комитетом, который для производства изысканий и предварительных работ пригласил швейцарского инженера Гонзбача. По предварительным предложениям, Риго-Динабургская железная дорога должна была пройти через Митаву и Бауск по левому берегу Западной Двины, но из-за признания в высших инстанциях такого направления недопустимым в силу стратегических соображений она была запроектирована и сооружена на правом берегу той же реки.

Утверждение в высших правительственных инстанциях Устава общества Риго-Динабургской железной дороги состоялось 23 января 1858 года. Движение поездов на железной дороге Рига – Динабург открылось 12 сентября 1861 года.

Динабурго-Витебская железная дорога была однопутной. К работам по ее строительству приступили 18 июля 1863 года. Сооружение дороги производилось английскими инженерами.

Первый участок от Динабурга до Полоцка длиной в 151 версту был открыт для движения 24 мая (5 июня) 1866 года, а второй участок от Полоцка до Витебска – в октябре этого же года. Большая часть иностранных инженеров не обременяла себя поиском лучших технических решений при строительстве

железной дороги. Примером этому может служить конечная станция Витебск. Хотя в период ее проектирования было известно, что железнодорожная линия будет продолжена, станцию расположили так, что она стала заездной, то есть все транзитные поезда должны были менять направление следования.

1 января 1895 г. Орловско-Витебская, Двинско-Витебская, Риго-Двинская и Митавская железные дороги были объединены в одну – Риго-Орловскую. 10 мая 1896 г. к ней была присоединена и Риго-Тукумская железная дорога. Пассажирское и грузовое движение по всей линии Риго-Орловской железной дороги было открыто 24 декабря 1902 г. В ведение Риго-Орловской железной дороги перешла линия Витебск – Орша – Могилев – Жлобин как часть будущей магистрали Петербург – Юг.

В 1898 г. начались работы по строительству вторых путей на участках Смоленск – Витебск и Витебск – Полоцк – Двинск.

Строительством Орловско-Витебской дороги завершилась магистраль, соединяющая внутренние губернии с Балтийским морем.

Московско-Брестская железная дорога Планы строительства железной дороги от Москвы до Варшавы обсуждались в обществе задолго до рассмотрения этого вопроса на официальном уровне. В 1866 г. по ходатайству наместника Царства Польского графа Берга было получено высочайшее повеление о проведении исследования местности в этом направлении. В феврале 1866 г. Смоленское губернское земское собрание выступило с ходатайством перед правительством России о соединении железной дорогой Москвы со Смоленском.

В 1867 г. частное общество, учредителями которого были Рижский торговый дом Александра Шепелера и К^о и Банкирский дом Зульцбах из Франкфурта-на-Майне, строит Московско-Смоленскую дорогу.

18 декабря 1869 г. было издано распоряжение о создании проекта сети железных дорог, согласно которому ежегодно должно было строиться около 500 верст железных дорог. В 1870 г. было дано разрешение на строительство трех дорог новой сети, в том числе и Смоленско-Брестской железной дороги.

В феврале 1867 г. наместник Царства Польского граф Берг ходатайствовал об утверждении главной линии от Смоленска до Бреста с ветвью от местечка Сельц до Пинска. Согласно проекту, ветка должна была проходить от Бреста через Кобрин, Сельц, Слоним, Минск, Могилев, Горки в обход Смоленска для соединения с Орловско-Витебской железной дорогой.

Внося 19 мая 1867 г. в Комитет железных дорог свое представление по поводу проекта графа Берга, министр путей сообщения П. П. Мельников указал на преимущества направления на Бобруйск и Пинск перед направлением на Минск. При одном, правда, условии: должно быть проведено тщательное предварительное исследование болотистой местности. Проведенные изыскания показали, что более выгодно строить дорогу не на Могилев, а по кратчайшему направлению – на Оршу, Борисов и Минск.

16 (28) августа 1870 г. в Столбцах состоялось торжество по случаю освящения закладки вокзала и других железнодорожных сооружений. Дождливая погода не смогла помешать торжеству, которое началось речью священника Иоанна Янушевского о важности Московско-Смоленско-Брестского железнодорожного пути «в деле объединения Западного края на началах православия и русской народности с центральной Россией и с Москвою в особенности».

В воскресенье, 23 августа (4 сентября) 1870 г., была совершена закладка станции Минск.

Строительство железной дороги продвигалось довольно успешно. Уже 24 сентября (6 октября) 1870 г. на втором участке дороги началось сквозное рабочее движение. А в 6 часов вечера в Минск прибыли поезда: один – из Смоленска, а второй – из Бреста.

Открытие участка для постоянной эксплуатации было назначено на 16 (28) ноября 1871 г. Вот как описано это событие в «Минских губернских ведомостях»: «...В назначенный день в 11 часов утра открытие совершено в присутствии начальника губернии и приглашенных управляющим дорогою лиц города Минска. После благодарственного молебствия, отслуженного Его Преосвященством, Преосвященнейшим Александром, Епископом Минским и Бобруйским, два пассажирских поезда по окроплении их святою водою отправились одновременно один в Москву, а другой в Брест при громких и радостных приветствиях многочисленных жителей Минска, собравшихся на это знаменательное для города событие». В первый день работы станции Минск был продан 21 билет, во второй – 82.

В 1877–1879 годах были проложены вторые пути от Москвы до Кубинки и от Смоленска до Бреста. В течение 1891–1892 годов железная дорога на всем протяжении стала двухпутной.

В мае 1912 г. в связи с 100-летним юбилеем Отечественной войны 1812 года Московско-Брестская дорога переименована в честь Александра I в Александровскую.

14 апреля 1868 г. введена в строй железнодорожная линия от предместья Варшавы – Праги до станции Тересполь. Для соединения этой линии с Брестом было проложено 6 верст дополнительного пути. С началом движения на Московско-Брестской магистрали решился вопрос о прямом сообщении Москва – Варшава.

В июле 1873 г. было закончено строительство участка Ковель – Брест, являвшегося частью большой железнодорожной линии Брест – Бердичев.

В прокладке этой линии были заинтересованы помещики и сахарозаводчики Украины, а также прусские купцы и железнодорожные магнаты. Сельскохозяйственные грузы из центральной и южной части Украины, лесоматериалы из Украины и белорусского Полесья через Брест прямым сообщением увозились в Пруссию, в порт Пилау.

Либаво-Роменская железная дорога. В течение ряда лет в печати того времени обсуждался вопрос о соединении железной дорогой хлебородных местностей Украины с портами Прибалтики. Делались и практические шаги по созданию «хлебовозной» магистрали.

Концессия и Устав общества Ландварово-Роменской железной дороги были утверждены 9 мая 1871 года. Решение о предоставлении концессии представителю Гамбургского Северного банка, инженеру фон Мекку последовало 29 июля того же года.

Виленские купцы с 1869 года добивались изменения пункта примыкания Роменской линии к Петербурго-Варшавской железной дороге: вместо Ландварово – к станции Вильно или севернее города. «Такое примыкание усилит в здешнем крае русский элемент, и в то же время откроются здесь фабрики, и заводы, и оптовые склады», – писали купцы от имени 80 тысяч жителей города. По их просьбе губернский инженер, надворный советник Кологривов произвел изыскания от деревни Лавский Брод на Березине до деревни Резанцишки и нашел возможным изменить точку примыкания.

В первоначальном проекте предусматривалось произвести примыкание на правом берегу реки Вакка (в 6 км от Ландварово), затем трасса должна была пройти южнее Вильно на Ошмяны, Бирюны, далее долинами рек Свислочь и Березина. Фон Мекк выбрал точку примыкания в 9 верстах от Вильно в сторону Петербурга через Рязанщину, Шумск, Сморгонь, Засковичи, Молодечно. При этом расстояние от минской дороги сокращалось на 31 версту, а до Либавы увеличивалось на 7 верст.

В январе 1872 года генштаб согласился с изменением трассы, а в феврале это изменение было утверждено Департаментом железных дорог. Необходимо отметить, что технические условия для построения Ландварово-Роменской железной дороги, утвержденные 9 мая 1871 года, более детализированы по сравнению с техническими условиями (ТУ) Смоленско-Брестской железной дороги. Для участка Вильно – Минск, проходящего по холмистой местности, допущен 10-тысячный уклон. Предусмотрены меры по защите пути от снежных заносов (параграф 8 ТУ), увеличение размеров пассажирских зданий, внутренних помещений здания, собственно, для пассажиров и для станционной службы (не считая квартир для служащих).

Увеличивались размеры паровозных зданий и мастерских. Вводился специальный раздел по водоснабжению. Предусмотренная параграфом 9 ТУ соединительная ветвь с Московско-Брестской железной дорогой строилась с некоторым опережением по сравнению с главным путем, что позволило подвозить материалы для первого участка дороги с двух сторон: по Санкт-Петербурго-Варшавской дороге на ст. Вилейка и Московско-Брестской дороге в Минск.

21 июля 1872 г. между председателем Правления Ландварово-Роменской железной дороги фон Мекком и управляющим Московско-Брестской железной дорогой Петерсом было заключено предварительное соглашение о соединительной ветви в Минске, что, несомненно, являлось очень положительной чертой технических условий на сооружении Ландварово-Роменской железной дороги. Управление Ландварово-Роменской железной дороги располагалось в Минске. Дорога вводилась в строй с 1871 по 1874 год по мере готовности участков: Ново-Вилейск – Минск – 14 января 1873 г.; Минск – Бобруйск – 16 сентября 1873 г.; Бобруйск – Гомель – 17 ноября 1873 г.; Гомель – Сновская – 13 января 1874 г.; Сновская – Бахмач – 2 мая 1874 г.; Бахмач – Ромны – 15 июля 1874 г.

Окончанием строительства и вводом в эксплуатацию последних участков Либаво-Роменской железной дороги заканчивается период строительства и эксплуатации железных дорог частными обществами в развитии железнодорожной сети Беларуси. Оставшиеся до окончания этого периода (1882-й) годы ушли на завершение переделок на Либаво-Роменской железной дороге, которых

очень много было допущено при строительстве, и на наращивание провозной способности. В 1913 году протяженность дороги с ее ветвями составляла 1344 версты, из них 183 версты – двухпутные. В подвижном составе насчитывалось 428 паровозов, 11530 товарных и 405 пассажирских вагонов.

Пассажирское здание станции Минск (II кл.) имело общую длину 22 сажени (46,86 м), средняя кирпичная часть – ширину 5,5 сажени, а деревянные боковые – 5,3 сажени.

Первым начальником станции Минск Ландварово-Роменской железной дороги был студент Московского университета Василий Васильевич Склифосовский, брат известного хирурга Н. В. Склифосовского.

С открытием участка Минск – Ново-Вилейск на белорусской земле появился первый железнодорожный узел Минск, работавший сначала на три направления. В день открытия движения до Бобруйска появилось четвертое направление.

Полесские железные дороги. В 1881 году было подписано Высочайшее повеление о строительстве 136-верстной ветви Жабинка – Пинск, где впервые на строительстве железных дорог были использованы железнодорожные войска – сформированные к тому времени железнодорожные батальоны, сведенные в бригаду, управление которой располагалось в Барановичах. Дорога эта была построена быстро, за одно лето. Правда, этому способствовали равнинная местность и почти полное отсутствие искусственных сооружений. 9 ноября 1882 года на ветви открылось пассажирское и товарное движение.

Стоимость одной версты дороги с рельсами и подвижным составом была гораздо меньше, нежели на строящихся в то время других дорогах – 32134 рубля кредитных.

В 1874 году бывший министр путей сообщения граф А. Бобринский вносил в Комитет Министров представление о включении в сеть дорог Брянско-Брестской линии с ветвями на Гродно, Ровно и Ковель, причем указывал на ее в высшей степени важное стратегическое значение. Но министр финансов находил, что такая сеть, при длине 1995 верст и стоимости 55 миллионов, проходя по бесплодной местности, будет слишком тяжелым бременем для Государственного казначейства. В марте 1875 года генерал-адъютант Пасьет в целях обеспечения безопасности западной границы предлагал ограничиться постройкой лишь Брянско-Гомельского участка и проложить второй путь на Орловско-Витебской дороге – от Брянска до Смоленска и на Московско-Брестской – от Смоленска до Минска.

15 апреля 1875 года поступило ходатайство отставного генерал-лейтенанта Чекмарева о концессии на железную дорогу от Вильно до Ровно с ветвями на Гродно и Ковель. Но, учитывая, что эта дорога – часть линии от Брянска через Гомель и Пинск до Бреста с ветвями на Ландварово, Гродно, Ковель и Ровно и что разрешение всей этой сети требует направления дела установленным порядком, ходатайство Чекмарева 22 апреля было признано преждевременным. Дело ограничилось усилением Московско-Брестской дороги выпуском дополнительного облигационного капитала с представлением 3 % гарантий акциям этой дороги.

24 января 1883 года военный министр опять заявляет о необходимости строительства стратегических железных дорог через Полесье. На этот раз члены Особого совещания приказали министру путей сообщения принять все меры к своевременному, не позднее чем в трехлетний срок, окончанию сооружения Полесских железных дорог: Вильно – Ровно с ветвями Барановичи – Белосток (с соединителем Седлец – Малкин) и Пинск – Гомель. Всего – около 1075 верст с поперечной стоимостью без стоимости рельсов, креплений, верхнего балласта и подвижного состава. Конечно, при содействии железнодорожных батальонов, при упрощенном льготном порядке по распоряжению кредитом, который был предоставлен военному ведомству при постройке Жабинко-Пинской железной дороги.

Полесские железные дороги вводились в эксплуатацию по мере готовности участков: от Жабинки до Пинска (136 верст) – 9 ноября 1882 года, от Вильно до Лунинца (297 верст) – 30 декабря 1884 года, от Лунинца до Пинска (53 версты) – 30 декабря 1884 года, от Лунинца до Ровно (181 верста) – 2 августа 1885 года, от Лунинца до Гомеля (281 верста) – 15 февраля 1886 года, от Барановичей до Белостока (201 верста) – 23 ноября 1886 года, от Гомеля до Брянска (256 верст) – 8 августа 1887 года.

Все линии Полесских железных дорог были построены распоряжением казны. Управление находилось в Вильно. В 1886 г. Вильно-Ровенская и Пинская железные дороги переименованы в Полесские железные дороги, которые проходили по Виленской, Гродненской, Минской, Волынской, Могилевской, Черниговской и Орловской губерниям.

Полесские железные дороги строились по стратегическим соображениям. Вначале предполагалось, что движение будет открываться только в военное время. Затем намеревалось произво-

дить движение только в дневное время по три пары поездов в сутки. И только при окончательном рассмотрении вопроса решили эксплуатировать дороги обычным порядком.

Первым начальником Вильно-Ровенской и Пинской, а затем Полесских железных дорог был инженер путей сообщения Иван Иванович Ходоровский. Затем эту должность занимали инженер путей сообщения Василий Николаевич Коковцев, инженер путей сообщения Александр Юльевич Фриде, а с 10 августа 1901 года – инженер путей сообщения Владимир Павлович Рейслер. В 1885 году на Полесских железных дорогах имелось всего 68 паровозов. Пассажирских вагонов в 1885 году было 200, товарных крытых и открытых – 1511, а в 1905 г. – 410 пассажирских вагонов, товарных и открытых – 7927.

Полесские железные дороги подразделялась на участки – Вильно – Сарны, Белосток – Барановичи, Брест – Брянск.

Участок Вильно – Сарны служил, главным образом, для пассажирского движения поездов между Петербургом, Киевом и Одессой, участок Брест – Брянск обслуживал в основном транзитные грузы, участок Лунинец – Брянск служил окружным направлением для грузов, идущих на восток и задержанных отправлением на Московско-Киево-Воронежской и Юго-Западных дорогах.

Участок Барановичи – Белосток почти исключительно работал с транзитными грузами по направлению к Варшаве и Граево.

Список литературы

- 1 Железная дорога Беларуси. История и современность / под ред. В. Г. Рахманько. – Минск : ОДО «Триолета», 2001. – 488 с.
- 2 История железнодорожного транспорта России. Т. 1 : 1836–1917 гг. – СПб., 1994. – 336 с.
- 3 **Кирик, В. Н.** История военных сообщений : [монография]. В 2 ч. Ч. 1. (860–1917) / В. Н. Кирик, С. В. Кирик. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 243 с.

УДК 625:623.1/3

ТРАНСПОРТНЫЕ КОММУНИКАЦИИ БЕЛОРУССИИ И СЛУЖБА ВОЕННЫХ СООБЩЕНИЙ ЗАПАДНОГО ОСОБОГО ВОЕННОГО ОКРУГА В 1940–1941 гг.

С. В. КИРИК, Д. П. ГОЛИК, М. П. ГОЛИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В предвоенные годы Белорусская ССР располагала развитой сетью транспортных коммуникаций. На ее территории располагались железные дороги: Белостокская, Брест-Литовская, Белорусская и Западная.

Эксплуатационная протяженность железных дорог на территории Беларуси в 1940 г. составляла 5,74 тыс. км. Работа железнодорожного транспорта БССР в 1940 году характеризуется следующими данными: отправлено грузов 13,2 млн т; прибыло грузов 17,3 млн т; отправлено пассажиров 28,9 млн чел.; вес грузового поезда составлял 1074 т.

Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием в конце второй пятилетки (1937 г.) составляла 3,9 тыс. км, а на начало 1941 г. – 12 550 км, из них с усовершенствованным покрытием 219 км. По областям протяженность дорог с твердым покрытием в конце 1940 г. составляла: Брестская область – 1,4 тыс. км; Витебская область – 2,7 тыс. км; Гомельская – 0,7 тыс. км; Гродненская – 2,3 тыс. км; Минская – 3,2 тыс. км; Могилевская – 0,9 тыс. км. На 1000 км² территории республики приходилось 53,9 км дорог с твердым покрытием.

В Днепро-Двинском пароходстве было 239 самоходных судов общей мощностью 18,8 тыс. л. с. и 810 несамоходных грузоподъемностью 125 тыс. т. В 1940 г. оно перевезло 1,5 млн т грузов с грузооборотом 260 млн тонно-километров. Днепровское пароходство, действуя на речных путях с большими габаритами судового хода, располагало более крупным флотом. Перед войной оно насчитывало 271 самоходное судно общей мощностью 38 тыс. л. с. и 624 несамоходных грузоподъемностью 212 тыс. т. В 1940 г. его перевозки составили 4,6 млн т грузов с грузооборотом 1 083 млн тонно-километров.

О МОБИЛИЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

№ 53 Совершенно секретно

Информация НКВД СССР И. В. Сталину, В. М. Молотову, Л. М. Кагановичу
17 января 1941 г.

По материалам НКВД СССР, в деле мобилизационной подготовки железнодорожного транспорта имеется ряд серьезных ненормальностей.

Приказ НКПС № СС-70/Ц1 о составлении Военно-мобилизационным управлением к 1 декабря 1940 г. мобилизационного плана железнодорожного транспорта СССР не выполнен. Таким образом, в настоящее время НКПС не имеет мобилизационного плана перевозок. Действующие на железных дорогах воинские графики, разработанные в 1938 г., значительно устарели и уже во время воинских перевозок в сентябре 1939 года на ряде участков дорог себя не оправдали.

Между НКПС и НКО до сих пор нет должной договоренности по вопросу о плане воинских перевозок. НКПС требует от НКО указать размеры перевозок на воинское время, а НКО, в свою очередь, требует от НКПС данные о пропускной способности Брестской, Ковельской, Белостокской, Львовской и прибалтийской дорог, без которых НКО не может разработать плана перевозок.

По настоянию НКПС, в июне 1940 г. Генштаб РККА представил в НКПС грубо ориентировочные размеры погрузки, выгрузки и размеры движения по участкам дорог, на основе которых НКПС разработал временный вариант мобилизационного плана и произведен приблизительный расчет потребного количества вагонов, паровозов, воинского оборудования, личного состава и т. д. Этот временный план воинских перевозок является нереальным.

В плане перевозок не указан род подвижного состава, размеры погрузки превышают на 100 тыс[яч] вагонов размеры выгрузки, не предусмотрены перевозки по Литовской, Латвийской и Кишиневской дорогам.

По Львовской, Ковельской и Брестской дорогам предусмотрено произвести 75 % погрузки в вагоны узкой колеи и 25 % в вагоны широкой колеи, в то время как эти дороги почти полностью перешиты на широкую колею.

До сих пор не составлен централизованный план народнохозяйственных перевозок на первый месяц войны. Союзные наркоматы не представили в НКПС заявок на грузы, подлежащие перевозке в первый месяц войны, а Военно-мобилизационное управление НКПС не проявляет должной настойчивости в получении этих заявок.

У замнаркомпути т. Багаева в течение ряда месяцев задерживается рассмотрение вопросов, связанных с разработкой мобилизационного плана железных дорог на военное время. Существующая пропускная способность ряда железных дорог, особенно дорог Запада, не обеспечивает требований Военведа.

На многих участках дорог недостаточная пропускная способность узлов лимитирует более высокую пропускную способность линий. Наиболее узкими местами на дорогах западных областей Украины и Белоруссии являются участки: Белосток – Гродно – Граево, Волковыск – Черемха, Гродно – Мосты, Волковыск – Черемха – Лида, Лида – Молодечно – Гудогай – Алехновичи – Крулевщизна и ряд других, которые могут пропустить от 4 до 9 пар поездов в сутки вместо требуемых от 12 до 48 пар поездов по плану НКО.

Минский узел имеет недостаточное развитие: короткие и слабо развитые пути и горловины, [он] не обеспечен водоснабжением, ввиду этого узел в направлении от Москвы может пропустить только 42 пары поездов, тогда как перегоны этой линии обеспечивают пропуск 96 пар поездов. Участок Проскуров – Красне Львовской железной дороги после окончания строительства вторых путей в 1941 г. сможет пропустить 48 пар поездов, а Тарнопольский узел только 15 пар. Такое же положение имеет место на ряде участков Юго-Западной, Ковельской, Львовской и других западных дорог. Между тем 1286 млн рублей, отпущенных Правительством на 1940 г. по специальной смете НКПС на усиление пропускной способности узлов и перегонов (постройка вторых путей, развитие узлов, новое железнодорожное строительство и др. работы), освоено только на 726,7 млн рублей (56,8 %). Ассигнования на развитие узлов освоены только на 34–35 %, на усиление пропускной способности перегонов – на 39–40 %, на вторые пути – на 61,8 % и на новое железнодорожное строительство – на 63,2 %.

По важнейшим 24 оборонным узлам и основным направлениям (Минск, Полоцк, Ровно, Сарны, Барановичи, Львов, Брест, Шепетовка, Жмеринка, Казатин и др.), на которых ведутся работы по усилению пропускной способности, в 1940 году пропускная способность не увеличена ни на одну пару поездов ввиду того, что начатые работы не закончены.

На Минском железнодорожном узле из ассигнованных 12 млн рублей освоено только 2,01 млн рублей (16,7 %). На железнодорожных линиях Новоград – Волынский – Шепетовка, Шепетовка – Гречаны объем выполненных работ выражается в 5,9 %, Красне – Львов – Перемышль – 14 %, Коростень – Остки – 2,6 %, Одесса – Помощная – 17,6 %, Чудово – Волховстрой – 15,5 %.

На участке Петрозаводск – Масельская работы по усилению пропускной способности не начинались. Строительство развязок на участке Шепетовка – Гречаны – Каменец-Подольский Винницкой железной дороги выполнено в 1940 году только на 17 %. Начальник стройучастка Марков не использовал наряды на вербовку рабочей силы и устранился от организации быта рабочих, ввиду чего на строительстве вместо 1100 человек рабочих имеется только 170 человек. На строительстве № 56 в западных областях Украины не выполнено ни одного задания Правительства и НКПС по вводу в действие железнодорожных линий и отдельных перегонов.

Начальник строительства Скрипкин в течение 1940 г., игнорируя указания НКПС, расплыл средства и тем самым не обеспечил окончание в срок наиболее решающих участков строительства. Между тем Скрипкин неоднократно информировал НКПС об успешном ходе строительства. Снабжение материалами верхнего строения пути оборонных объектов производится некомплектно. Так, например, на Одесской железной дороге из-за отсутствия скреплений не могут быть использованы 40 км рельсов, на станции Чубовка 6-го стройучастка Одесской железной дороги имеются шпалы, но нет рельсов, на станции Ивановка имеются рельсы, но нет шпал, на станции Перекрестово имеются шпалы и рельсы, но нет скреплений. Не выполнен также план строительства воинских площадок на дорогах. Из 3,5 млн рублей, отпущенных для этой цели, в 1940 году освоено около 35 %, а на дорогах западных областей Украины и Белоруссии – только 20,9 %.

Строительство командных пунктов не обеспечено аппаратурой и материалами для устройства связи и освещения, вследствие чего работы по сооружению их приостановлены. Отпущенные средства за три квартала 1940 года освоены только на 29 %. Бывший председатель технико-экспертной комиссии НКПС Шелюбский (ныне работает в НИИ железнодорожного строительства) и бывший начальник Союзтранспроекта НКПС Левин (ныне работает начальником технико-экспертного отдела НКПС) на протяжении ряда лет исключали из проектов желдорстроительства развитие станций и узлов, что привело к разрывам в пропускной способности отдельных дорог. Замнаркомпути и начальник Военно-мобилизационного управления т. Багаев не уделяет должного внимания оборонному железнодорожному строительству и не реагирует на запросы дорог, связанные с этими работами. Большую беспечность в этом деле проявил заместитель начальника Мобилизационного управления НКПС т. Беляков. Товарищ Беляков вместо оперативного контроля за ходом оборонного строительства занимается сбором различных сводок, которые, как правило, механически подшиваются к делу.

В мобилизационном запасе дорог вместо требуемых по плану 30 700 вагонов имеется только 18 600. План размещения запаса вагонов по дорогам составлен таким образом, что районы сосредоточения порожняка не совпадают с районами массовых воинских погрузок. Вследствие этого в ряде пунктов в первые дни мобилизации воинские перевозки будут находиться под угрозой срыва. На Западной, Московско-Киевской и других дорогах (всего на 19) наличие порожняка вместе с предусмотренным запасом не обеспечивает потребности в погрузке мобилизационного периода. Кроме того, имеются расхождения в запасе по роду подвижного состава. На Южной и Южно-Донецкой дорогах предусмотрен запас крытых вагонов, в то время как им нужны платформы. Для перевозки тяжелых танков требуются 60-тонные платформы. Однако таких платформ на дорогах имеется только 387 штук, из которых в запасе стоят 125. В 1940 году ни одной 60-тонной платформы не построено. Еще хуже дело обстоит с более тяжелыми платформами. Их имеется только 19 штук.

Железные дороги не выполняют плана постановления в запас НКПС паровозов. Особенно это относится к дорогам западных областей Украины и Белоруссии, а также Винницкой, Юго-Западной, Белорусской, Западной и Кишиневской. На этих дорогах запас паровозов составляет 70–75 % плана. Надлежащий контроль за техническим состоянием паровозов, находящихся в запасе, не организован, вследствие чего часть паровозов в запущенном состоянии.

На станции Осташков Калининской железной дороги, станциях Гомель и Могилев Белорусской железной дороги в запасе обнаружены паровозы с негодными рессорами и триангелями, неисправным сводом топки, трещинами буферного бруса, некомплектными сцепными дышлами и др. дефектами. Паровозы запаса Калининской железной дороги находятся в грязном запущенном состоянии. Комиссионной проверкой состояния паровозов запаса НКПС на Белостокской железной дороге установлено, что прибывшие на дорогу 20 паровозов серии «Щ», из них 10 с Западной железной дороги и 10 с Калининской железной дороги, находятся в неудовлетворительном состоянии.

Работы по подготовке специальных формирований (горемов, подремов и др.) ведутся бессистемно. Эти формирования к развертыванию фактически не готовы. Военно-мобилизационное управление НКПС до сих пор не разработало плана восстановления прифронтовых железных дорог. Неудовлетворительно идет накопление мобилизационных восстановительных запасов. Так, например, рельсов и костылей накоплено 50 % от нормы, стрелочных переводов – 55 %, шпал – 40 %, телеграфной проволоки – 50–52 %, телеграфно-телефонного кабеля – около 40 %, разборных мостов пролетом 88 и 85 метров – только 20–23 %, тракторов гусеничных – 3 %, передвижных электростанций – 15–17 % и т. д.

В нормах мобилизационного запаса не предусмотрено имущество, необходимое для восстановления деповского хозяйства и электростанций. На ряде мобилизационных баз хранится много некомплектного оборудования и материалов. До сих пор ничего не сделано для обеспечения дорог лесоматериалами в первый месяц войны.

Между НКПС и Наркомздравом СССР отсутствует договоренность о содержании изоляционно-пропускных пунктов, дезинфекционных отрядов, обсервационных пунктов и по ряду других вопросов медобслуживания в военное время. Также нет договоренности между НКПС и Наркомздравом по вопросу о ветеринарном обслуживании на железных дорогах принимаемых к перевозке лошадей и других животных.

Мобилизационная работа на дорогах Прибалтики до сих пор не начата.

Народный комиссар внутренних дел Союза ССР Л. Берия.

Начальник Главного транспортного управления НКВД СССР Мильштейн.

В феврале 1941 г. командующий Западным особым военным округом генерал армии Павлов направил донесение Сталину, Молотову и Тимошенко, обратив особое внимание на состояние дорог в западных областях СССР.

«...Наличие и состояние шоссейных, грунтовых и железных дорог в пределах БССР совершенно не обеспечивает потребностей Западного особого военного округа.

В подробном докладе, представленном мною народному комиссару обороны от 29.01.41, даны заявки на постройку и ремонт в 1941 году крайне необходимых округу шоссейно-грунтовых и железных дорог, которые включают:

- постройку новых шоссейных дорог – 2360 км;
- постройку фунтовых тракторных путей – 650 км;
- капитальный ремонт наиболее разрушенных участков, существующих шоссейных дорог – 570 км;
- выполнение ряда крупных мероприятий по восстановлению мостов и оборудованию дорог;
- постройку новых железных дорог протяженностью 819 км;
- реконструкцию и развитие железных дорог – 1426 км, из них 765 – укладка по готовому пути.

Для выполнения работ по шоссейно-грунтовому строительству потребуется 859 миллионов рублей...

Кроме того, для постройки 819 километров железнодорожных путей, реконструкции и развития их требуется 642 миллиона рублей. Считаю, что западный театр военных действий должен быть обязательно подготовлен в течение 1941 года, а поэтому растягивать строительство на несколько лет считаю совершенно невозможным.

Дорожное строительство всех видов может быть решено в 1941 году путем отпуска указанных выше механизмов; широкого привлечения трудоспособного населения СССР с подводами и лошадьми. Считаю возможным и необходимым для строительства *дорог*, мостов... отпустить бесплатно камень, гравий, лес и другие стройматериалы.

Второй вопрос. Необходимо западный театр военных действий по-настоящему привести в действительно оборонительное состояние путем создания ряда оборонительных полос на глубину 200–300 километров, построив противотанковые рвы, надолбы, плотины для заболачивания, эскарпы, полевые оборонительные сооружения.

Вышеперечисленные мероприятия также потребуют большого количества рабочей силы... Для такой работы нецелесообразно отрывать войска и нарушать ход боевой подготовки.

Учитывая, что в обороне страны должны не на словах, а на деле принять участие все граждане Советского Союза; учитывая, что всякое промедление может стоить лишних жертв, вношу предложение: учащихся десятых классов и всех учащихся высших учебных заведений вместо отпуска на каникулы привлекать организовано на оборонительное и дорожное строительство, создавая из них взводы, роты, батальоны под командованием командиров из воинских частей. Перевозку и питание учащихся организовать бесплатно за счет государства (красноармейский паек).

Считаю, что только при положительном решении этих вопросов можно и должно подготовить вероятные театры военных действий к войне и построить дешево и быстро дороги в потребном количестве...»

К началу Великой Отечественной войны ведущее место в перевозках грузов занимал железнодорожный транспорт. На его долю приходилось 93 % грузооборота и 68 % объема доставки грузов, на долю автотранспорта приходилось 28 % от общего объема перевозок, на долю речного – 4 %. Большую роль в перевозках все еще играл гужевой транспорт: в республике насчитывалось 250 тыс. активно используемых телег.

На территории Западного особого военного округа дислоцировались органы военных сообщений: органы военных сообщений 3, 4 и 10-й армий; управления передвижения войск на железных дорогах – Белостокской, Белорусской, Брест-Литовской и Западной; управление передвижения войск Днепро-Двинского речного пароходства; железнодорожные части и подразделения – 6,17 и 9-я железнодорожные бригады.

Список литературы

- 1 Железная дорога Беларуси. История и современность / под ред. В. Г. Рахманько. – Минск : ОДО «Триолета», 2001. – 488 с.
- 2 Кирик, В. Н. История военных сообщений : [монография]. В 2 ч. Ч. 2 (1917-2018) / В. Н. Кирик, С. В. Кирик. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 287 с.

О ТРАДИЦИИ ГУМАНИТАРИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В БЕЛОРУССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ТРАНСПОРТА

Е. Г. КИРИЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Глобализация мирового развития, колоссальное возрастание динамики социальной жизни, радикальные трансформации, охватившие все сферы общества, инициируют поиски новых подходов в системе образования, которая должна соответствовать новому типу цивилизационного развития. Современное образование также должно быть ориентировано на будущее, способно предвосхищать основные тенденции общественного развития.

Новая парадигма высшего образования, принятая в Республике Беларусь, предусматривает реализацию модели инновационного образования, переход к двухступенчатой системе образования, междисциплинарному, компетентностному подходу, базирующемуся на усилении профессиональной и фундаментальной подготовки, внедрение концепций «Университет 3.0», «Цифровой университет».

Модель инновационного образования, реализуемая на современном этапе в Республике Беларусь, должна смягчить противоречия и последствия техногенного и цивилизационного развития.

В центре внимания инновационного образования должны быть интересы человека (студента, преподавателя), его духовно-нравственного развития, формирование профессионального мышления.

Инновационное обучение предполагает подготовку студенческой молодежи в эпоху цифровой цивилизации, когда формируется новый тип человека и коммуникации. Способ производства информации, знаково-коммуникативная система определяет облик социального пространства. Информационно-коммуникативные технологии формируют наши представления о социальных явлениях и событиях. Новая информационная организация общества и человека создает максимальные возможности для распространения мифов, фейков, различного рода симулякров, иллюзорно моделирующих реальность. «Манипулирование сознанием человека становится ведущей тенденцией современной массовой культуры» [1]. А молодежь в первую очередь становится объектом воздействия самых разнообразных технологий. Поэтому в интеллектуальной культуре цифровой цивилизации сложно ориентироваться в многообразии смысловых структур современности, стремительное расширение информационного пространства затрудняет целостное его осмысление, особенно у молодого человека. У молодого человека формируются неверные ценности и идеалы, идеологические ориентиры.

Современное человечество оказалось перед новыми цивилизационными вызовами и рисками. Это и угроза экологической катастрофы, рост насилия, демографический и антропологический кризис, поставивший под вопрос существование самой человеческой жизни. При решении современных проблем, в поиске выходов из глобального кризиса только профессиональных знаний и навыков недостаточно, требуется широкий кругозор, умение видеть основные тенденции и перспективы развития мира, осознавать суть происходящих событий. Очевидно, что «информационный зомби», «одномерный человек» (Г. Маркузе) не сможет адекватно ответить на глобальные вызовы и риски, будет принимать за истинные легкоусвояемые примитивные, упрощенные идеалы, сознательно тиражируемые с целью переформатирования общественного сознания. Поэтому важнейшей составляющей национальной модели инновационного образования является концепция гуманитаризации образования, ориентированная на преодоление ценностной дезориентации студенческой молодежи в сложнейших условиях современного мира.

Транспортное образование не должно в условиях современного информационного общества иметь только технократическую, прагматическую направленность, а должно быть соотносено с культурными, духовно-нравственными ценностями общества. Необходимо расширять гуманистическую составляющую технического образования с целью недопущения сведения профессионального обучения только к набору умений, навыков, стандартных операций. На современном этапе ци-

визационного развития транспортное образование должно быть направлено на подготовку специалиста нового типа, владеющего не только профессиональными компетенциями, а обладающего современной культурой мышления, гуманистическим мировоззрением, имеющего гражданскую и патриотическую позицию.

За последние 30 лет в БелГУТе накоплен огромный опыт реализации в условиях практикоориентированной подготовки специалистов транспортного комплекса традиции гуманитаризации наряду с фундаментализацией инженерного образования.

Процесс гуманитаризации в БелГУТе прошел путь от открытия в 1990 г. непрофильного для университета – гуманитарного факультета до внедрения антропокультурологической модели социально-гуманитарного образования, оформления стройной системы идеологической, воспитательной и культурно-просветительской.

Гуманитаризация была распространена не только на социально-гуманитарный блок дисциплин, но и на фундаментальную, специальную подготовку студентов, научно-исследовательскую работу.

Процесс преподавания социально-гуманитарных дисциплин, играющих особую роль в подготовке специалистов нового типа, подвергнут был серьезной концептуальной обработке. Внедрена Концепция оптимизации, содержания, структуры и объема цикла (модуля) социально-гуманитарных дисциплин в учреждениях высшего образования (2022), направленная на подготовку специалистов, обладающих универсальными компетенциями, интеллектуальным и креативным потенциалом, способных выполнять гражданские и социально-профессиональные задачи в изменяющемся мире.

Политические события 2020 г. в Республике Беларусь выявили серьезные недостатки в работе с молодежью, указали на необходимость усиления национально-патриотического воспитания, задачей которого становится формирование у студенческой молодежи гражданской зрелости и патриотизма, чувства национальной гордости и способности выполнять основные общественные функции. Нам нельзя допустить влияния на студенческую молодежь деструктивных идей и, вообще, нивелирования ценного сознания. Утрата духовно-нравственных основ, подлинных целей жизни у молодого человека – это прямой путь к деформации личностных качеств и девиантному поведению.

«Гуманитаризация должна стать ведущей ценностной ориентацией транспортного образования Республики Беларусь и включать в себя:

- гуманизацию образования, предполагающую поворот к целостному человеку;
- овладение общечеловеческими ценностями и способами деятельности;
- формирование гуманистического мировоззрения;
- сохранение инвариантности базового цикла социально-гуманитарных дисциплин как фундаментального с широким спектром свободного выбора спецкурсов, факультатив по интересам;
- демократизацию учебного процесса;
- языковую подготовку;
- синергию естественнонаучных и гуманитарных дисциплин;
- формирование увлечения у студентов к своей будущей профессиональной деятельности, ответственности за дальнейшее развитие научно-технического прогресса;
- становление личности специалиста-инженера с высокими общечеловеческими, эстетическими, профессиональными качествами, широкими коммуникативными и адаптационными возможностями за счет повышения значимости гуманитарной и социально-экономической подготовки;
- постоянную корректировку поведенческих установок студенчества с учетом особенностей социально-экономического развития и национального менталитета» [2, с. 206].

Список литературы

1 **Кириченко, Е. Г.** Философия и вызовы цифровой цивилизации / Е. Г. Кириченко // Многомерность и полифункциональность культуры : сб. науч. ст. / редкол. : В. Н. Калмыков (гл. ред.) [и др.] ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. – С. 40–44.

2 **Невзорова, А. Б.** Философские и социально-гуманитарные аспекты высшего инженерного образования : [монография] / А. Б. Невзорова, Е. Г. Кириченко, А. Б. Бессольнов. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 242 с.

ОБРАЗОВАНИЕ И ЧЕЛОВЕК: ГЕНЕЗИС КРИЗИСА В XXI ВЕКЕ

И. Н. КОЗОРОЗ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

*«11:9. И Я скажу вам: просите, и дано будет вам;
ищите, и найдете; стучите, и отворят вам...»*

Евангелие от Луки

Библейское изречение выражает глубинный смысл существования человека в социуме, указывая жизненный путь и приоритеты жизненных принципов и идеалов. Родившись в современном мире, человек становится объектом в производственной цепочке общественной жизни, получая знания и умения, приобретая навыки и возможность реализовать себя на благо родины и людям. Главную роль в создании человеческой личности и развитии интеллекта играет образование. Поэтапное обучение в триаде детский сад – школа – университет (колледж) занимает временной отрезок в долгих 15–20 лет, огромное количество ресурсов и сил наставников. Получая знания, индивид (с точки зрения государства и общества) должен в итоге стать эффективной рабочей единицей, продуктивно трудящийся, имеющей возможность созидать новое в сфере науки, техники, искусства. Человечество стремится к идеалу, создание всесторонне развитой личности – цель системы мирового образования. Достичь конечной цели человечества в развитии личности – рождения гениального поколения людей – идея утопичная на современном этапе по своей сути. Психологические особенности личности, семья, окружающие люди, среда проживания – меньшая часть факторов, влияющих на индивида, оказывающих влияние на подавляющее большинство людей и негативно сказывающихся на развитии человека. Цель создать совершенство в виде Homo sapiens сегодня недостижима, но мечта всегда жива и придает сил, идея дает стимул не сдаваться и продолжать работать на благо мировой цивилизации. Современная наука постоянно рассматривает вопрос развития и эффективности системы образования, адаптации знаний о достижениях науки и техники для обучения и последующей интеграции молодых людей в производственную, социальную и экономические сферы жизни. Вторая половина XX века породила идею «мирового кризиса образования», в апологетах был директор Международного института планирования образования Ф. Г. Кумбс, выпустивший монографию «Кризис образования в современном мире: системный анализ» [1]. Ф. Г. Кумбс видел проблему кризиса в том, что современная система не успевает адаптироваться к быстрым темпам развития научно-технического прогресса. Исследования, посвященные кризису образования, начинают занимать значимую часть современных научных работ. Выделяются «основные» причины кризиса:

- 1) постоянные обновление и изменение в социальной, экономической, политической сферах жизни второй половины XX, XXI века;
- 2) стремительный рост научно-технического процесса в XX–XXI веках;
- 3) развитие средств массовой информации;
- 4) компьютеризация.

«Разруха не в клозетах, а в головах» – цитата принадлежит персонажу Е. Евстигнеева, профессору Преображенскому [3].

Возьмем высказывания [2]:

– «традиционное образование» теряет свою значимость, его методы и правила, которые годами были неизменными в своей основе, полностью исчерпали возможности к преобразованию;

– на сегодня в самой системе образования разные формы получения знания не столько дополняют, сколько противоречат друг другу. Этим пользуются информационные средства, критикуя систему образования, как противовес тому, что учебные заведения видят в телевидении и интернет-сетях угрозу ценностям, которые пытаются привить детям учителя в ходе обучения.

Подобные высказывания из научной среды шагнули в политическую, а затем и социальную, уронив престиж образования и вызвав негативную реакцию человечества в целом.

В образовательной сфере деятельности, мы – преподаватели, учителя, воспитатели – видим ситуацию с образованием кардинально иначе.

Традиционное (классическое) образование – это основа обучения, наработанная веками преподавательской деятельности педагогов всего мира. Знания передаются от поколения к поколению, ключевой является информация, нужная для существования и развития человеческой цивилизации. Система гибко трансформируется и постоянно модернизируется в течение всего времени существования человеческой цивилизации. Попытки обвинить современное образование во фрагментарности, отсутствие синтетического подхода, связывающего различные науки, невозможность внедрять инновации, принимать решения в соответствии с ситуацией «сегодняшнего дня» – дымовая завеса для серьезнейшего решения мировых элит, мечтающих о создании кастового общества, где есть высшие (руководители, инженеры, рабочие) исполнители и низшие (бесправная огромная биомасса, чей мир создается информационным потоком и держится на низменных удовольствиях). Идея «золотого миллиарда» реализовывается, несмотря ни на что.

Современная система образования построена на четком понимании современных реалий и процессах, происходящих в современном обществе и экономике. Пример – учебный план любой специальности учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта». Возьмем план из ОКРБ – 2022 (2022 года), специальность 6-05-0411-01 «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» [4].

Общее количество часов для обучения – 7170 часов. Если посмотреть баланс социально-гуманитарных и экономических дисциплин:

- 1) экономические дисциплины – 5608 часов;
- 2) социально-гуманитарные – 1562 часа (включая «Иностранный язык» – 332 часа).

Рассмотрев учебный план, можно обратить внимание, что он в первую очередь ориентирован на профильное обучение по специальности 6-05-0411-01 «Бухгалтерский учет, анализ и аудит». Экономические дисциплины занимают 78,21 % всей учебной нагрузки (история и теория в экономических дисциплинах занимает 8,75 из 100 % экономических дисциплин).

Социально-гуманитарные дисциплины занимают 21,79 % всей учебной нагрузки. Из них дисциплина «Информационные технологии» – 310 часов, математический модуль – дисциплины «Высшая математика», «Теория вероятностей» – 448 часов, в совокупности – 48,52 из 100 % социально-гуманитарных дисциплин.

Фактор в учебном плане, связанный с практико-ориентированным обучением студентов, – учебная практика – 14 дней (112 часов), производственная практика – 80 дней (840 часов).

Отдельно отмечена производственная практика – это практика для студентов, проходящая непосредственно на производстве; обучение, которое позволяет выработать способность быстро реагировать и использовать стремительно возникающие и развивающиеся инновации в сфере выбранной специальности. Отметим, что в учебный год, по окончании которого студент становится выпускником и приходит на работу, производственная практика проходит в течение 50 дней (400 часов), то есть студент по своей специальности проходит практику на предприятии, в организации и т. д.

Система высшего образования в Республике Беларусь представляет собой сбалансированную, инновационно-ориентированную развивающуюся систему, полностью отвечающую запросам государства и экономики. Образование – это ценность, имеющая важнейшее значение в формировании человеческой личности. Приоритетность развития образования, оснащения образовательного процесса, подготовки педагогических и научных кадров – одна из главных задач государства, которая в будущем позволит занять лидирующие позиции среди стран всего мира.

Список литературы

- 1 Кумбс, Ф. Г. Кризис образования в современном мире: Системный анализ / Ф. Г. Кумбс ; пер. с англ. С. Л. Володиной [и др.] ; под ред. д-ра экон. наук Г. Е. Скорова ; послесл. д-ра экон. наук, проф. В. А. Жамина. – М. : Прогресс, 1970. – 261 с.
- 2 Османова, З. О. Мировой кризис образования: сущность и конкретные проявления [Электронный ресурс] / З. О. Османова. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2015/article/2015013556>. – Дата доступа : 15.09.2023.
- 3 Фильм «Собачье сердце» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://yandex.by/video/preview/13289712672376754836>. – Дата доступа : 15.09.2023.
- 4 Учебный план специальности 6-05-0411-01 «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.bsut.by/images/MainMenuFiles/Obrazovanie/Studentam/umkd/umo/up_new_2023/up_6_05_0411_01_2023.pdf. – Дата доступа : 15.09.2023.

ГОРЬКОВСКАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА

Л. С. КУЩЕНКОВА

*Филиал Самарского государственного университета путей сообщения, г. Нижний Новгород,
Российская Федерация*

Россия – самое большое государство в мире. Её площадь превышает 17 млн км², а расстояние между крайними географическими точками составляет 8230 км. Поэтому транспорт играет большую роль в такой огромной стране. Только благодаря ему становятся возможными перемещение грузов, перевозка пассажиров, доставка корреспонденции.

Наиболее развитый вид отечественного транспорта, осуществляющий более 40 % мирового оборота грузов и 18 % потока пассажиров – железнодорожный (при общей протяжённости железнодорожных путей в 121 тыс. км, что является третьим показателем в мире после Китая и США).

Кроме грузоперевозок железнодорожный транспорт осуществляет пассажирооборот на дальние расстояния – 70 %, а также пригородные и внутригородские сообщения – 30 %.

С помощью железнодорожного транспорта осуществляются грузовые и пассажирские перевозки по рельсам путем механической тяги. На него приходится 44,4 % всего грузооборота страны.

2022 год для Горьковской железной дороги является особенным.

1 августа 1862 года, т. е. 160 лет назад, в эксплуатацию была принята вся линия, и от Нижнего Новгорода до Москвы отправился первый поезд. Именно эта дата является датой образования Горьковской железной дороги.

Горьковская железная дорога – филиал ОАО «РЖД» – магистраль, которая обслуживает Среднее Поволжье и Предуралье и кратчайшим путем связывает центральные и северо-западные районы России с Уралом, открывая выход в Сибирь, на Дальний Восток.

Эксплуатационная длина Горьковской железной дороги – 5296,4 км, а 2896 км – это электрифицированные линии. Протяженность главных железнодорожных путей Горьковской железной дороги – 7959,4 км. Общая развернутая длина – 11873,2 км.

В составе магистрали пять регионов: Муромский, Горьковский, Кировский, Казанский, Ижевский. Горьковская железная дорога граничит с Московской (станции Петушки, Черусти), Свердловской (станции Чепца, Дружинино), Северной (станции Новки, Сусоловка, Свеча), Куйбышевской (станции Красный Узел, Цильна, Алнаши).

На Горьковской железной дороге действует 377 станций, свыше 250 ведут грузовые операции. Крупнейшими сортировочными станциями ОАО «РЖД» являются Нижний Новгород-Сортировочный, Лянгасово, Агрыз, Юдино.

На Горьковской железной дороге работает 14 основных локомотивных ремонтных и эксплуатационных депо, 4 мотор-вагонных депо, 25 дистанций пути, 12 путевых машинных станций, 9 дистанций электроснабжения.

Горьковская магистраль обслуживает в основном, разумеется, Приволжский федеральный округ. Но несколько сот километров её линий проходят и по соседним Центральному и Уральскому округу; есть станции и в Северо-Западном (таблица 1). В зоне обслуживания дороги попадают 15 регионов России.

Таблица 1

Регион	Описание
Нижегородская область	Около 77 тыс. км ² территории и 3,5 млн жителей. Крупнейший на дороге вокзал находится в самом большом городе Поволжья – Нижнем Новгороде, где население превышает 1,28 млн. Именно сюда пролёт из Москвы второй в России маршрут высокоскоростных поездов «Сапсан». Здесь работают завязанные на железную дорогу мощные нижегородские предприятия. Рядом с центром региона находится и лидер дороги по погрузке – станция Зелецино возле нефтеперерабатывающего комплекса в городе Кстово. Другой важный грузоотправитель региона – ОАО «Выксунский металлургический завод» – крупнейший в мире производитель колёс для рельсового транспорта. С дорогой работают предприятия в Арзамасе, Балахне, Бору, Дзержинске, производящие стройматериалы, бумагу, стекло, химическую продукцию, сложную технику, они смогли возникнуть и работают теперь только благодаря железной дороге. И неслучайно потоки вагонов с грузами сходятся на окраине главного города региона с федерального округа – на станции Нижний Новгород-Сортировочный. Там формируется до 70 поездов в сутки
Республика Марий Эл	Площадь 23 тыс. км ² , население 750 тысяч. Нефтепродукты ОАО «Марийский нефтепродуктовый завод» со станции Табашино, продукция предприятий марийской столицы с станции Йошкар-Ола, Волжского целлюлозно-бумажного комбината со станции Волжск, лес, стекло, стройматериалы – всё это уходит из республики в разные регионы России и за рубеж по стальным магистралям

Окончание таблицы 1

Регион	Описание
Республика Чувашия	Площадь свыше 18 тысяч км ² и население 1,35 млн человек. Машиностроительные и литейные производства Чебоксар, химическое – Новочебоксарска, вагоностроение и вагоноремонт Канаша не могут обойтись без доставки сырья и продукции железнодорожным транспортом
Кировская область	Свыше 120 тыс. км ² с населением 1,5 млн. Дорога работает с многочисленными лесозаготовительными предприятиями региона, с химиками Кирово-Чепецка, машиностроителями Кирова, Вятских Полян, металлургами Омутнинска. На окраине областного центра действует одна из крупнейших сортировочных станций дороги – Лянгасово, а в центре Кирова – вокзал, входящий на дороге в первую тройку по числу отправляемых пассажиров
Республика Удмуртия	Регион площадью 42 тыс. км ² с населением около 1,6 млн жителей знаменит своим машиностроением и металлургией, его называют одним из российских арсеналов, где производят различные виды вооружений. Предприятия Ижевска, Глазова, Воткинска, Сарапула отправляют и получают ежедневно десятки вагонов с грузами
Владимирская область	Линии дороги проходят по центру, южной и восточной части региона, станции находятся в крупнейших городах – в центре региона: Владимире, Коврове, Муроме, Гусь-Хрустальном. Постоянные клиенты дороги – предприятия машиностроительной, стекольной промышленности, стройиндустрии
Республика Мордовия	Горьковская железная дорога охватила север республики. Тысячи вагонов с грузами ежемесячно отправляет здесь станция Нуя, рядом с которой находится мощный производитель стройматериалов ОАО «Мордовцемент»
Республика Татарстан	Горьковская железная дорога обслуживает столицу – Казань – один из крупнейших городов России с населением в 1,1 млн жителей и многопрофильной промышленностью, работает с предприятиями города машиностроителей Зеленодольска, с производителями сельхозпродукции из района севера и запада республики. Потоки поездов сходятся к двум сортировочным станциям республики: Агрызу и Юдину. В Казани действует один из крупнейших на дороге вокзалов

На Горьковской магистрали стоят в южной части Пермского края город нефтехимиков и машиностроителей Чайковский, город нефтяников Чернушка, город севера республики Башкортостан Нефтекамск и Янаул. В Свердловской области среди гор – город и многопрофильный узел Горьковской железной дороги Красноуфимск, который принято назвать «ворота Урала». Есть у магистрали линии станции еще в четырех регионах: Вологодской, Московской, Рязанской, Ульяновской областях.

Всего Горьковская железная дорога обслуживает территорию свыше 390 тыс. км². Это больше по размерам, чем, например, Япония, Германия или Финляндия. Здесь живет около 12 млн человек – 8 % населения России. На линиях Горьковской железной дороги, в непосредственной близости с ними или на подъездных путях, ведущих к ее станциям, стоит 74 города.

Мощное, развитое транспортное хозяйство, нацеленное на обслуживание экономики и граждан России, совершенные технологии, сотни тысяч квалифицированных работников на ее предприятиях, подразделениях, в филиалах дочерних зависимых обществ огромной корпорации ОАО «РЖД» – вот что такое сегодня Горьковская железная дорога.

Список литературы

- 1 Транспортная система России – общая характеристика, структура и значение [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://nauka.club/geografiya/transportnaya-sistema-rossii.html>. – Дата доступа : 09.09.2023.
- 2 Горьковская железная дорога. – Нижний Новгород, 2014. – 288 с.

УДК 656

ЛЕГЕНДАРНЫЙ ПАРОВОЗ СЕРИИ «ОВЕЧКА»

П. А. МАКСЮТКИН, Л. С. КУЩЕНКОВА

Филиал Самарского государственного университета путей сообщения», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Создателем легендарного паровоза О^В является инженер Вацлав Лопушинский. Паровоз прослужил на железных дорогах России почти 70 лет.

На протяжении века паровоз был основным локомотивом железнодорожной сети старой России и Советского Союза. Особая любовь и добрая память в сердцах нескольких поколений машинистов выпали на долю товарного паровоза серии О^В, получившего в народе ласковое прозвище «Овечка».

История его создания начинается с конца 80-х годов прошлого столетия.

О («Основной») — первый паровоз, ставший основным в локомотивном парке российских железных дорог. В период с 1890 по 1915 год на двенадцати паровозостроительных заводах: Henschel, Schwartzkopff, Австрийское общество, Брянском машиностроительном заводе, Воткинском заводе, Зигль, Кировском заводе, Коломенском заводе, Луганском тепловозостроительном заводе, Невском заводе, Сормовском заводе, Харьковском заводе транспортного машиностроения – было изготовлено 9129 локомотивов этой серии.

Ввиду роста грузооборота железнодорожной сети необходимо было увеличить вес поезда, что привело бы к увеличению силы тяги локомотива, мощности паровой машины, а также сцепного веса локомотива (приходящегося на движущие колеса). Значительно утяжелив паровоз, пришлось бы заменять рельсы более прочными и усиливать железнодорожное полотно. Это было непосильно для государственной казны. Необходимо было создать экономичный, более мощный, с малой нагрузкой на рельсы, надежный и простой в обслуживании.

Усовершенствование паровой машины помогло повысить экономичность паровоза. После частичного наполнения цилиндра паром котлового давления и прекращения подачи пара движение поршня не прекращалось, потому что пар продолжал расширяться, а расход его сокращался. К концу рабочего хода поршня давление и температура в цилиндре уменьшались. Но при следующем впуске котлового пара увеличивался перепад температур в цилиндре, так как часть теплоты пара расходовалась на нагрев стенок цилиндра. Возникла конденсация, потеря энергии до 30 %. Эта задача была решена с помощью машины двойного расширения (компаунд). Здесь же пар поступал сначала в цилиндр высокого давления, расширялся и переходил в цилиндр низкого давления. Поскольку тепла, израсходованного на нагревание стенок первого цилиндра было достаточно, то конденсация происходила только во втором цилиндре. Компаунд-машина повышала экономичность паровоза в среднем на 20 %.

Этого было недостаточно, необходимо было повышать мощность паровоза, увеличивать его габариты и вес. При увеличении веса паровоза, пришлось бы менять рельсы на железной дороге. Но финансово это очень затратно. Было принято решение перераспределить нагрузку, пропорционально увеличив число колесных пар.

Колеса локомотива выполняли различные функции: движущие, бегунки, на которые опиралась передняя часть паровоза, и поддерживающие – для опоры задней части. В колесной формуле первая цифра показывает число бегунковых пар, вторая – движущих, а третья – поддерживающих, например, 2-5-1. В товарном локомотиве вполне можно обходиться без бегунков и поддерживающих колес. Необходимо было спроектировать паровоз так, чтобы большая часть его веса приходилась на движущие колеса.

В 1889 году известный русский инженер В. Лопушинский совместно с конструкторами Коломенского машиностроительного завода разработал проект более мощного товарного паровоза с колесной формулой 0-4-0. Однако расход топлива был больше, чем планировали разработчики. В конструкцию паровоза внесли изменения: подняли котловое давление до 12 кг/см², увеличили диаметр цилиндра низкого давления до 740 мм, улучшили парораспределительный механизм и повысили конструкционную скорость с 45 до 50 км/ч. Этому локомотиву в 1912 году присвоили серию **О^В**.

Новый паровоз оказался безотказной машиной, простой в ремонте и обслуживании. Всеядная «Овечка» могла отапливаться углем, мазутом, дровами и торфом, в гражданскую войну могла отапливаться воблой и ткацкими промаслянными отходами. До 1925 года «Овечка» использовалась как на поездной работе, так и на маневровой.

В 1905 году в России появились более мощные паровозы серии «Щ», прозванные «Щуками». Это название пошло от фамилии их создателя – профессора Щукина. Поэтому производство всех «Овечек» начало снижаться и в 1915 году прекратилось. Но ещё долгое время – вплоть до середины тридцатых годов – уже существующие «Овечки» часто подвергались модернизации.

С середины 1930-х годов паровозы **О^В** использовались в основном на маневровых работах и в промышленном транспорте. В этом качестве локомотивы трудились до середины 1960-х годов.

Большинство паровозов, построенных после 1908 года, имели четырехосные конструкции Путиловского завода. После Первой мировой и Гражданской войн выпуск паровозов серии **О^В** был возобновлён в 1925 году на Луганском паровозостроительном заводе. В 1925 году завод выпустил 6 паровозов, в 1926 году – 24, в 1927 году – 30 и в 1928 году – 12, т. е. всего 72 локомотива, которые были направлены на пути промышленных предприятий.

Активное участие приняли «Овечки» в Великой Отечественной войне. Именно «Овечки» использовались в составе бронепоездов, начиная с 1918 года. Более совершенные «Щуки» и другие новые модели имели значительный вес и при установке брони могли повредить рельсы. В дальнейшем рельсы в стране поменяли, но «Овечки» на службе остались. Вместо тяжелых локомотивов гораздо логичнее было оставить лёгкие, но сделать у них броню потолще.

Удивительно, что самый известный советский бронепоезд «Илья Муромец», построенный в городе Муром в 1942 году, уничтоживший 1 немецкий бронепоезд, 14 артиллерийских батарей, 35 опорных пунктов, 7 самолетов, приводился в движение паровозом «Овечка». За всю войну сам «Илья» не получил ни одного сколько-нибудь значимого повреждения.

С началом Великой Отечественной наиболее современные и мощные паровозы стали использоваться для перевозки войск на фронт и их снабжения, а также при эвакуации предприятий в тыл. Но промышленным предприятиям, выпускающим вооружение, тоже требовались локомотивы, и эту работу выполняли «Овечки».

Паровозы «Овечки» являлись основными локомотивами бронепоездов во время Великой Отечественной войны. На большинстве железнодорожных путей были уложены более тяжёлые рельсы, которые допускали нагрузку от оси на рельсы в пределах 18–20 тонн. Это позволяло на бронепаровозах применять более толстую броню, толщина которой могла достигать до 30–50 мм, а также устанавливать вооружение (в основном зенитные пулеметы на базе ДШК и ПВ-1).

Еще одной «работой» паровоза «Овечка» стали съемки в кино. Эти паровозы можно увидеть в достаточно большом количестве фильмов. Так, паровоз О^В 324 использовался в фильмах «Сибирский цирюльник», «Анна Каренина», «Край», «Статский советник» и другие. Паровоз О^В 1441 появлялся в фильмах «Адъютант его превосходительства», «Государственная граница», «Мандат», «Тихая Одесса» и прочих. А в фильме «Дачная поездка сержанта Цыбули» паровоз «Овечка» играет роль немецкого локомотива.

Список литературы

1 Чем знамениты российские Овечки одни из самых великих паровозов в истории [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://110km.ru/art/chem-znamenity-rossiyskie-ovechki-odni-iz-samyh-velikih-parovozov-v-istorii-138206.html>. – Дата доступа : 09.09.2023.

2 Паровоз О «Овечка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://railtrain.pro/o>. – Дата доступа : 09.09.2023.

УДК 378:1.01(476.2)'1953/1958'

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В БИИЖТ В 1953–1958 гг. – ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

О. В. НИЗОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Дискуссии о содержании программ подготовки инженеров (для транспортной сферы, в том числе) ведутся как на региональном, так и на международном уровне, поскольку они касаются вопросов соответствия сложившихся национальных систем образования международным стандартам инженерной квалификации [1]. При принятии решений по государственным программам важно учитывать не только новые тенденции, подобные образовательной инициативе CDIO, но и накопленный положительный опыт, который можно извлечь, например, из истории БИИЖТ, вуза, при основании которого были задействованы лучшие профессионалы из разных областей науки и производственной практики, приглашенные из разных республик, а также технологии обучения, созданные в советской системе; показательным результатом его образовательного процесса стала деятельность высококвалифицированных специалистов, развивавших железнодорожную инфраструктуру на обширной территории СССР.

Среди первых талантливых выпускников БИИЖТ по специальности «Эксплуатация железных дорог» можно выделить В. М. Предыбайлова (1935–2022). Его профессиональная карьера началась с должности обходчика путей на ст. Череповец Северной железной дороги и продолжилась постепенным профессиональным ростом до должности начальника Северной железной дороги, ко-

тору он занимал с 1983 по 2000 год. В его книге воспоминаний «Северные вёрсты» (2018 г.) содер­жится не только ценный опыт работы по электрификации этой дороги, по введению в эксплуа­тацию вторых путей, по реконструкции сортировочных станций и внедрению других инноваций, но и наполненное благодарностью к наставникам подробное описание учебного процесса в БИИЖТ с 1953 по 1958 год. Изучая этот источник, исследователи могут определить факторы успеха образо­вательной системы этого периода и сделать выводы для совершенствования современных систем инженерной подготовки.

В качестве предпосылок этого успеха В. М. Предыбайлов назвал сильную школьную подготов­ку по физике, химии, математике, наличие соответствующих предметных кружков и научно-технических журналов для молодёжи, ознакомительные экскурсии старших классов на предприя­тия, привлекательность карьерного роста в динамично развивающихся отраслях народного хозяй­ства, раскрытую в беседах с работниками этих отраслей. Результатом таких мероприятий стал высокий конкурс в технические вузы: например, в 1953 г. МИИТ не мог принять всех своих абитури­ентов, сдавших все вступительные экзамены на «отлично» или с одной отметкой «хорошо»; 200 чело­век из этого числа приняли предложение поехать в Белоруссию в формирующийся БИИЖТ, где к ним присоединились 100 человек местных абитуриентов с пятью баллами по всем экзаменам [2, с. 24, 28]. В состав студентов вошли не только русские, белорусы, но и украинцы, армяне, евреи, а возникшие в годы учёбы дружеские связи впоследствии объединяли специалистов, рабо­тавших на разных дорогах, при решении общих производственных проблем.

Первым испытанием для многих будущих инженеров стала самостоятельная жизнь вдали от родных мест. Описывая студенческий быт в общежитии, В. М. Предыбайлов упоминает такие су­щественные для преодоления любых трудностей качества своего поколения, как «самодисци­плина, порядочность, скромность, способность ценить всё то, что имели».

Примечательной чертой начавшихся в октябре занятий была полувоенная дисциплина, включа­ющая рапорты дежурных по курсу о готовности перед началом лекций, выговоры студентам за опоздания, за неопрятный вид и т. п. Полагаем, что эти строгие меры сформировали ценные для этого поколения инженеров качества: исполнительность, пунктуальность, внимательность, акку­ратность [2, с. 30] и т. п., являющиеся дефицитными для нового поколения и столь необходимые в целях современного развития промышленного потенциала страны.

Программа обучения на первых двух курсах была общая для всех специальностей, что подра­зумевало освоение студентами большого спектра знаний по математике, электротехнике, сопромату, геодезии, аналитической химии и отражало фундаментальность подготовки инженерных специали­стов по советской системе образования. Таким образом достигался высокий уровень компетенций, помогавший инженерам принимать комплексные решения, что можно увидеть и в профессиональ­ных достижениях В. М. Предыбайлова (например, принятые им меры не только по электрификации Северной дороги, но и по последующему внедрению первых ЭВМ).

Характеризуя первый преподавательский состав БИИЖТ, В. М. Предыбайлов подчеркнул их заслуги в разных областях науки и производства: ректор А. А. Петрукович, кандидат технических наук, признанный специалист в области строительства и эксплуатации железнодорожного пути и путевого хозяйства, организатор и руководитель отраслевой научно-исследовательской лаборато­рии ЦП МПС при БИИЖТ; начальник учебной части В. А. Белый, кандидат технических наук, бу­дущий доктор технических наук, профессор, академик Национальной академии наук Белоруссии, изобретатель новых микротрибометрических методов исследования полимеров, разработчик основ расчёта и конструирования металлополимерных изделий и организатор соответствующего научно-исследовательского института; заведующий кафедрой математики доктор физико-математических наук профессор С. А. Чунихин, создавший Гомельскую алгебраическую школу, и т. д. Достигнутое сочетание науки и практики способствовало как промышленному подъёму, так и формированию новых рабочих мест в лабораториях и НИИ.

Особый интерес для современных педагогов могут представлять содержащиеся в книге В. М. Предыбайлова описания эффективных методов проведения лекций и приёма экзаменов. Лекции по сопромату профессора Н. И. Карякина отличались глубиной подачи материала, чёткостью и логич­ностью в изложении, поэтому на экзамене он требовал от студентов знания десяти основополагающих вопросов, знания формул и решения задачи вне рамок билета. Лекции профессора И. Г. Тихомирова по организации движения поездов выделялись простотой подачи материала, структура их сводилась

к формуле и пояснению к ней, но при этом педагог демонстрировал энциклопедические знания, культуру речи, приятную манеру ведения диалога и привлечения внимания студентов к лектору. Для будущих инженеров он служил образцом в применении деловой этики, поскольку соблюдал ровность тона в сложных ситуациях, и образцом этикета благодаря строго подобранной элегантной одежде. Заинтересованное отношение к экзаменуемым студентам проявлял профессор С. А. Чунихин: он внимательно проверял их решения, указывал на допущенные ошибки, предоставляя им возможность доведения правильного решения до конца. Благодаря такому подходу у многих студентов раскрывался творческий потенциал, зажатый в силу разных обстоятельств на практических занятиях по этому предмету: после экзамена у С. А. Чунихина В. М. Предыбайлов пришёл в математическую секцию научно-технического общества института и даже занял пост её председателя.

Другой ценный для современного образования опыт пятидесяти лет состоит в том, что летняя студенческая практика начиналась с первого курса и включала не только знакомство с путевым хозяйством, производственным процессом на тяговых подстанциях и т. д., но и освоение рабочих специальностей: В. М. Предыбайлов трудился помощником кочегара на плече «Вильнюс – Радвилишкис». На втором курсе у него была общая геодезическая практика, на третьем – станционная практика у дежурного по ст. Бирюлево Московской железной дороги, дополненная в свободное время тяжёлой работой по подбойке шпал, на четвёртом – диспетчерская практика на Белорусском вокзале Московской железной дороги. Всё это подразумевало не только понимание рабочих процессов на разных участках сети железных дорог страны, приобретение навыков и квалификаций, но и уважение к труду, которое впоследствии выражалось в равных отношениях между сотрудниками коллектива транспортного узла.

Примечательным было и практическое значение дипломных работ: совместная дипломная работа В. Предыбайлова и Ф. Солуянова содержала экономический расчёт реконструкции станции Гомель.

Список литературы

1 Жураковский, В. М. Модернизация инженерного образования: российские традиции и современные инновации [Электронный ресурс]. / В. М. Жураковский, М. Ю. Барышникова, А. Б. Воробей // Вестник Томского государственного университета. – 2017. – № 416. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-inzhenernogo-obrazovaniya-rossiyskie-traditsii-i-sovremennye-innovatsii>. – Дата доступа : 15.09.2023.

2 Предыбайлов, В. М. Северные вёрсты. Воспоминания / В. М. Предыбайлов. – Ярославль : ИПК Индиго, 2018. – 376 с.

УДК 656.2 (476)

ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КАДРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ БЕЛАРУСИ В 1960-е гг.

Н. А. РЯБЦЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В начале 1960-х гг. на железнодорожном транспорте Беларуси начала проводиться научно-техническая реконструкция. Поэтому в данный период повышение профессиональной квалификации инженерно-технических кадров приобрело более организованный и массовый характер с новыми эффективными методами и формами. Этому в значительной степени способствовало осуществление на железнодорожных магистралях мероприятий по выполнению принятого постановления Совета Министров СССР № 577 от 3 июня 1960 г. «О системе повышения квалификации руководящих и инженерно-технических работников отраслей народного хозяйства и работников государственного аппарата».

В этот период значительное внимание начало уделяться повышению профессиональной квалификации и технико-экономических знаний инженерно-технических работников железной дороги с отрывом от производства, что производилось по разрядке МПС СССР при железнодорожных институтах со сроком обучения 2–3 месяца. В 1961–1962 гг. такие курсы уже окончили 60 чел. [подсчитано автором по материалам 16, л. 46; 17, л. 35 а].

Непосредственно одномесячные и трехмесячные курсы повышения квалификации были организованы при Гомельском, Брестском и Оршанском железнодорожных техникумах.

За пятилетку в институтах и техникумах с отрывом от производства в среднем каждый год повышали профессиональную квалификацию 156 инженерно-технических работников Белорусской железной дороги [подсчитано автором по материалам 16, л. 46; 17, л. 35 а; 18, л. 43; 19, л. 46; 20, л. 52].

Наиболее массовый характер носило повышение квалификации инженеров и техников без отрыва от производства.

Повышение профессиональных и технико-экономических знаний инженерно-технических работников на годичных заочных курсах повышения квалификации проходило в Белорусском институте инженеров железнодорожного транспорта, Брестском, Гомельском и Оршанском железнодорожных техникумах. Уже в 1961 г. на курсах повышения квалификации в вузе обучалось 320 инженеров и техников, занимающих инженерные должности по специальностям «Эксплуатация железных дорог», «Путь и путевое хозяйство», «Вагоны и вагонное хозяйство», «Сигнализация, централизация, блокировка и связь на железнодорожном транспорте» [16, л. 45]. В Бресте, Гомеле, Минске и Витебске слушателям курсов читали обзорные лекции.

В 1962 г. наряду с существующими специальностями в железнодорожном институте и техникумах по повышению квалификации были открыты и новые: «Бухгалтерский учет», «Промышленное и гражданское строительство», «Тепловозное хозяйство», «Экономика и организация железнодорожного транспорта», «Энергетическое хозяйство». Если в 1962 г. в БелИИЖТе и железнодорожных техникумах повышали квалификацию без отрыва от производства 176 инженеров и техников, то в 1965 г. эта цифра составила 258 чел. [подсчитано автором по материалам 16, л. 44; 18, л. 51].

Новой формой повышения квалификации без отрыва от производства инженерно-технических кадров в 1960-е гг. явились общественные университеты технического прогресса. Одним из первых в Беларуси в 1959 г. был создан 2-летний общественный университет технических знаний при БелИИЖТе с механическим, строительным, транспортным и общетехническим факультетами. На первых трех факультетах занимались руководящие работники и инженерно-технические кадры с высшим и средним образованием, на последнем – передовые рабочие. Занятия в общественном университете технических знаний проводились два раза в месяц. За семилетку университет окончили около 700 человек [3, с. 204].

В 1965 г. при Доме научно-технической информации и пропаганды создается одногодичный университет научной организации труда, который имел филиалы на Брестском, Могилевском, Витебском, Барановичском, Кричевском и Осиповичском узлах. На протяжении года этот университет и его филиалы закончили около 100 человек.

Открытие университетов технического прогресса и научной организации труда на отделениях Белорусской железной дороги дало еще больше возможности инженерно-техническим работникам повысить профессиональную квалификацию и технико-экономические знания без отрыва от производства.

Программы университета включали в себя актуальные проблемы технического прогресса и производственной деятельности. Общественные университеты своевременно отзывались на требования времени и оказывали работникам железнодорожного транспорта необходимую помощь в условиях научно-технического прогресса. В среднем каждый год в общественных университетах повышали профессиональную квалификацию и технико-экономические знания около 400 инженерно-технических кадров [подсчитано автором по материалам НА РБ. 16, л. 45; 17, л. 35; 18, л. 43; 20, л. 52].

Кроме этого, с 1963 г. специалисты с высшей и средней квалификацией занимались на заочных 2-годичных экономических курсах повышения квалификации, которые организовывались при Обкомах КГБ и при Минском институте народного хозяйства. За 1963–1965 гг. на этих курсах обучалось 68 инженеров и техников [подсчитано автором по материалам НА РБ. 18, л. 42; 19, л. 45; 20, л. 51].

Наиболее массовый характер в 1960-е гг. носило повышение квалификации инженерно-технических кадров без отрыва от производства при Дорожном Доме техники, в отделениях и на предприятиях Белорусской железной дороги.

Большую помощь в повышении квалификации инженерно-технических кадров оказывал Дорожный Дом техники. В среднем за пятилетку каждый год при Дорожном Доме техники проводилось около 1300 семинаров продолжительностью 8–10 дней. В основу тематики семинаров были положены вопросы изучения новой техники и передовой технологии, обеспечение безопасности движения поездов, экономики производства, основам трудового законодательства [подсчитано автором по материалам НА РБ. 16, л. 46–47, 54–55; 17, л. 35 а – 40].

Таким образом, в связи с внедрением новых форм и методов повышения профессиональной квалификации и технико-экономических знаний инженерно-технических кадров в 1960-е годы в среднем каждый год повышали квалификацию около 8 тыс. инженеров и техников. Если учитывать, что на Белорусской железной дороге в первой половине 1960-х гг. в среднем каждый год работали 5,5 тысяч инженеров и техников, то каждый из них мог повысить профессиональную квалификацию и технико-экономические знания с отрывом или без отрыва от производства практически два раза в год.

Список литературы

- 1 ГАГО. – Ф. 3537. – Оп. 1. – Д. 40.
- 2 ГАГО. – Ф. 3537. – Оп. 1. – Д. 51.
- 3 **Лыч, Л. М.** Аднаўленне і развіццё чыгуначнага транспарту Беларускай ССР (верасень 1943–1970 гг.) / Л. М. Лыч. – Мінск : Навука і тэхніка, 1976. – 224 с.
- 4 **Моллот, А. Г.** Инженеры повышают квалификацию / А. Г. Моллот // Сигнал. – 1958. – 16 окт. – С. 1.
- 5 НА РБ. – Ф. 1117. – Оп. 1. – Д. 1358.
- 6 НА РБ. – Ф. 1031. – Оп. 1. – Д. 1547.
- 7 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 1. – Д. 2417.
- 8 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1399.
- 9 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1403.
- 10 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1407.
- 11 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1410.
- 12 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1414.
- 13 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1419.
- 14 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1430.
- 15 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 2. – Д. 1424.
- 16 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 4. – Д. 741.
- 17 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 4. – Д. 749.
- 18 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 4. – Д. 758.
- 19 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 4. – Д. 775.
- 20 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 4. – Д. 786.
- 21 НА РБ. – Ф. 1041. – Оп. 4. – Д. 933.

УДК 656.254

ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Н. Ф. СЕМЕНЮТА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Только электрический телеграф разрешил удовлетворительно вопрос о безопасных способах регулирования движением поездов.

Д. И. Каргин (1880–1949)

К середине XIX столетия теоретическая и экспериментальная наука об электричестве заняла выдающееся место среди остальных разделов физики. Начались практические разработки по применению электричества во многих областях науки и техники, в том числе по телеграфированию по проводам и управлению движением поездов.

В России опытами с электричеством и телеграфированием в течение многих лет активно занимались академики П. Л. Шиллинг (1786–1837) и Б. С. Якоби (1801–1874). Первый практически пригодный телеграфный аппарат П. Л. Шиллинг продемонстрировал в С.-Петербурге в 1832 г. В 1841 г. Б. С. Якоби создал пригодную конструкцию пишущего телеграфного аппарата и организовал связь между Зимним дворцом и Главным штабом в С.-Петербурге.

За рубежом также активно разрабатывались различные типы телеграфных аппаратов, наиболее удачным из которых был телеграфный аппарат американского живописца С. Ф. Морзе (1791–1872) практически продемонстрированный им в 1837 г. Электромагнитный телеграф Морзе в России был использован в 1846–1847 гг. на первой железной дороге России между С.-Петербургом и Царским Селом. Однако он не оправдал возлагавшихся на него надежд: «Молния, кража медной проволоки

послужили причиной закрытия телеграфа в 1848 г. Только в 1856 г. электромагнитный телеграф был вторично открыт» [1].

На базе электрического телеграфа, на железнодорожном транспорте, появились первые системы сигнализации. Это объяснялось тем, что применявшимся в то время оптическим и акустическим телеграфам были присущи многие недостатки. «Ненастная погода препятствовала правильному действию телеграфа и даже искажала сигналы, что могло привести к нарушению безопасности движения поездов». В то же время «быстрая и верная передача сигналов нигде не имеет такой важности, как на железных дорогах, для которых правильная и успешная эксплуатация без этого почти невозможна. Употреблявшиеся акустические и оптические сигналы оказываются во многих случаях, при развитии железных дорог, далеко не достаточными. Они не только находятся в слишком большой зависимости от состояния атмосферы, от погоды и от разных случайностей, но и передают сигналы медленно и не всегда верно» [2]. «По этой причине за границу уже давно начали заменять их электрическими сигналами, введение которых, по мере развития движения по железным дорогам, оказывается все более и более необходимым, и можно ожидать, что в недалеком будущем у нас, как и в других странах, электрические сигналы будут считаться необходимым вспомогательным средством эксплуатации железных дорог» [3].

Решение проблемы безопасности движения поездов началось в 1842 г. Именно тогда телеграфное дело из военного ведомства России, в котором оно пребывало, было передано в ведение Главного управления путей сообщения и публичных зданий, то есть основного пользователя телеграфной связью того времени. Началом широкого внедрения и использования электрического телеграфа в России и на железных дорогах можно считать 1851 г., когда после завершения строительства железной дороги С.-Петербург – Москва (1842–1951 гг.) между двумя столицами и железнодорожными станциями дороги начал действовать электромагнитный телеграф с использованием аппаратов Сименса и Морзе. На железной дороге была организована служба телеграфа, которая подчинялась начальнику эксплуатации. «Во главе её стоял начальник службы телеграфа и при нём небольшая контора для ведения переписки и счетоводства и мастерская». «Службе телеграфа поручают обыкновенно также содержание и ремонт электрических колоколов, электросемафоров, вызывателей и других приборов».

С организацией службы телеграфа на С.-Петербурго-Московской дороге встал вопрос о введении в учебный план Института корпуса инженеров путей сообщения специального предмета – телеграфии (1854). Как часто бывает, единого мнения по данному вопросу у членов Учёного совета института не было. Часть профессоров считала, что при наличии школы «телеграфических» сигналистов для будущих инженеров достаточно ограничиться краткими сведениями о телеграфе, и изложение основных понятий о телеграфе следует отнести к курсу сухопутных сообщений. Своё мнение они обосновывали перегруженностью учебного плана специальными дисциплинами, подкрепляли Уставом института, где чётко было указано, что «каждый час, затраченный на изучение того предмета, который впоследствии будет не нужен, есть потерянный час жизни, даже хуже, час, отнятый от настоящего необходимого изучения» [3]. Другая часть профессоров, опираясь на практический опыт применения телеграфов в организации и обеспечения безопасности движения поездов, настаивала на введении обязательного предмета по телеграфии. При этом они тоже ссылались на Устав института, где отмечалось, что «предметы общие при самом начале образования не могут преподаваться безразлично, но непременно должны развиваться более или менее, смотря по требованию будущей специальности молодого человека». После долгих споров и дискуссий только в 1858 г. было принято половинчатое решение – преподавать телеграфию как необязательный предмет.

Однако телеграф в мире и в России, в частности, продолжал развиваться и в «применении электричества к железным дорогам достигнуты значительные успехи; вероятно, что за сим последуют новые усовершенствования, которые будут содействовать в сильной мере обеспечению безопасности, и это весьма желательно». В этих условиях в 1842 г. была открыта школа «телеграфических» сигналистов при Институте Корпуса инженеров путей сообщения. В 1864 г. Институт был преобразован из военного в гражданский Институт инженеров путей сообщения, и его конференция приняла решение «преподавать в институте курс телеграфов как отдельный предмет» и в более расширенном объёме. Однако ни школа «телеграфических» сигналистов, ни Институт инженеров путей сообщения не могли решить проблему кадров для телеграфов России. Поэтому в 1883 г. была организована первая в России Телеграфная школа. В 1886 г. в С.-Петербурге состоялось открытие Технического учи-

лица почтово-телеграфного ведомства – первого в России специализированного учебного заведения связи.

В эти же годы в Институте инженеров путей сообщения усилиями выпускника института Г. К. Мерчинга был значительно расширен курс телеграфов. Он же ходатайствовал перед Учёным советом института о переименовании предмета «Телеграфия» в «Электротехника и телеграфия». Совет института в 1891 г. принял решение назвать предмет «Электротехника», а телеграфия вошла в него отдельным разделом. В том же 1891 г. Техническое училище почтово-телеграфного ведомства отпраздновало пятилетний юбилей. После молебна преподаватель электротехники, инженер Г. К. Мерчинг (выпускник Института Корпуса инженеров путей сообщения) выступил с речью о значении электротехники в культурном развитии XIX столетия. Он же указал на великие изобретения в электротехнике, объединение ещё недавно разрозненных сведений в стройную и точную науку – электротехнику, обратил внимание на то, что вопросы электротехники дали толчок к более внимательному изучению теории электричества и описал прогресс отдельных частей электротехники за последнее десятилетие.

Возник также вопрос об увеличении срока обучения с четырёх до пяти лет. Однако «увеличение числа лет до пяти или шести вряд ли может быть признано желательным ввиду того, что молодого человека, прочно освоившего основы технических наук и показавшего полное умение толково и самостоятельно применить их на каком-либо одном или двух частных примерах, можно смело пускать в жизнь, предоставив ему самому вырабатываться в законченного инженера, и задерживать его в учебном заведении – значит заставлять его непроизводительно тратить свои лучшие годы и свои молодые силы».

Список литературы

- 1 **Листов, В. Н.** Из истории электротехнического образования в России / В. Н. Листов : сб. тр. – Ленинград : ЛИИЖТ, 1960. – Вып 169. – С. 3–12.
- 2 **Каргин, Д. И.** Начало сигнального дела на наших железных дорогах / Д. И. Каргин. – М. : Транспечать, 1922. – 82 с.
- 3 **Семенюта, Н. Ф.** Электротехника и связь на железнодорожном транспорте / Н. Ф. Семенюта, И. А. Здоровцов. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 171 с.
- 4 **Семенюта, Н. Ф.** Первые электротехнические институты России / Н. Ф. Семенюта // Электросвязь : история и современность. – 2007. – № 3.

УДК 656.254

ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Н. Ф. СЕМЕНЮТА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Начальный период электротехнического образования тесно связан с историей, физики, химии и др. В физике это всё, что связано с магнитными и электрическими явлениями в природе, в химии – проводниками и изоляторами, химическими источниками тока и др.

Свойствами магнитов впервые заинтересовался Уилл Уильям Гильберт (1544–1603) лейб-медик английской королевы Елизаветы (1533–1603), который опубликовал свой бессмертный труд «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле» (1628). Он же впервые употребил термин «электрические тела» – тела, которые притягивают таким же образом, как янтарь» [1].

Исследования, начатые Гильбертом, продолжил немецкий физик Отто фон Герике (1602–1686) бургомистр Магдебурга, известный своими опытами с «магдебургскими полушариями». Около 1660 г. он построил первую электростатическую машину, и он же первый обратил внимание на то, что «электрическая сила» (электрический заряд) способна распространяться по льняной нитке на несколько десятков сантиметров. Несколько позже член Лондонского королевского общества Стефан Грей (1670–1736) обнаружил, что тонкая медная проволока проводит электричество, а шелковая нить – нет. Так, в 1792 г. было открыто явление электропроводности. К этому времени (1745) относится также открытие одного из замечательных явлений в области электричества – накопление электричества (электрических зарядов) в стеклянном сосуде, получившем название «лейденская банка». Лейденская банка – электрический конденсатор (накопитель зарядов), в котором диэлектриком, разделяющим обкладки конденсатора, являлись стеклянные стенки банки, а роль обкладки

играла металлическая фольга, которой оклеивалась банка с обеих сторон. Лейденская банка на первых порах находила широкое применение как источник электричества.

В те же годы началось исследование атмосферного электричества. Здесь в первую очередь отметим М. В. Ломоносова (1711–1765) и его коллегу по Российской Академии наук Г. В. Рихмана (1711–1753), а также американского печатника, изобретателя первого громоотвода (молниеотвода) Бенджамина Франклина (1706–1790). Основные положения теории атмосферного электричества Ломоносов сформулировал в речи «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих», произнесенной им в Российской Академии наук в 1753 г. Высочайшим повелением в 1772 г. в Петербурге на колокольне Петропавловского собора был установлен первый громоотвод.

Дальнейшее исследование электричества итальянским анатомом Луиджи Гальвани (1737–1798) привело к обнаружению в теле лягушки некоего «животного электричества», часто называемого «гальваническим током». Свои мысли Гальвани изложил в «Трактате о силах электрических при мышечном движении» (1791). Повторяя опыты Гальвани, итальянский профессор физики Алессандро Вольта (1745–1827) завершил создание первого химического источника постоянного тока, составленного из чередующихся медных и цинковых кружков, переложенных суконными прокладками, которые смочены водой или кислотой. Вначале такой химический источник тока называли «вольтовым столбом», а потом – гальваническим элементом. Одновременно профессор физики Петербургской медико-хирургической академии Василий Петров (1761–1834) «отец русской электротехники» соорудил батарею из медных и цинковых кружков с электродвижущей силой 1700 вольт.

Появление химического источника тока знаменовало начало его широкого применения для электрической связи, освещения и др. Впервые исследования по передаче электрического тока по проводным цепям телеграфной линии связи были проведены в 1864–1865 гг. инженером и ученым М. Ф. Парротом (1831–1882). Результаты были опубликованы в учебных пособиях по телеграфии в Институте инженеров путей сообщения (С.-Петербург). В «Журнале путей сообщения» («Журнал Министерства путей сообщения») М. В. Паррот поместил также несколько статей, по установлению энергооптимальных телеграфных цепей: «Теория и устройство электромагнитных телеграфов» (1859); «О выгоднейшем употреблении гальванических батарей на телеграфных линиях» (1861); «Исследование гальванических батарей и законов электрического тока» (1864) и др., заложивших основы дальнейшего развития электрической связи. Следовательно, можно утверждать, что начала теории электрических цепей в России были заложены в работах М. Ф. Паррота в Институте инженеров путей сообщения (С.-Петербург). К сожалению, работы М. Ф. Паррота остались и остаются незамеченными до сегодняшнего дня как исследователями электрических цепей, так и образовательными учреждениями.

Отметим также, что теорию и прикладные проблемы электричества в Институте инженеров путей сообщения читались в курсе «Телеграфия». Только в 1890 г. ведущий курс «Телеграфия» профессор Г. К. Мерчинг (1860–1916) ходатайствовал перед Ученым советом института о переименовании курса «Телеграфия» в курс «Электротехника и телеграфия». В 1891 г. Ученый совет института сообщил о новом учебном плане с отметкой, что «к перечисленным (т. е. основным) предметам можно прибавить и столь развившуюся в последнее время электротехнику, хотя не поставленную в категорию специальных предметов, но играющую с некоторых пор столь видную роль в путях сообщений». Ученый совет института принял решение именовать предмет «Электротехника». Телеграфия в него вошла отдельным разделом. Это решение ученого совета явилось началом подготовки инженеров-электриков путей сообщения, которая впоследствии была расширена под новым названием «Теоретические основы электротехники». Программа «Электротехника» предусматривала также рассмотрение электрической тяги на железных дорогах и городском транспорте России, изучение тепловозов, в «которых своя электрическая станция с генератором электричества и электродвигателем находится на самом поезде». В целом дисциплина «Электротехника» была отнесена к одной из основных кафедр института – кафедре теоретической и прикладной механики. Кроме того, в число основных тем, предоставляемых студентами в виде дипломных работ, Учёный совет института решил также возможным включить проекты по электротехнике.



В условиях развития науки об электричестве в XIX веке наши предки решали увеличения объемов знаний не введением новых дисциплин, что мы наблюдаем сегодня, а уплотнением существующих. Так, в последующие годы курс электротехники расширился и включал теорию электричества постоянного и переменного токов, химические источники тока, электрогенераторы, электродвигатели, освещение станций, вокзалов и поездов, сигнализацию на станциях и перегонах, телеграф, телефон, электровозы, тепловозы, т. е. электротехника, наряду с математикой и физикой, была одной из первых междисциплинарных дисциплин.

В 1952 г. в учебные планы инженеров-электриков железнодорожного транспорта была введена новая дисциплина «Теория электрических цепей» и доцент Ленинградского электротехнического института инженеров железнодорожного транспорта (ЛЭТИИЖТ) М. Я. Каллер подготовил первое издание учебника (1956).

И в заключение. Необходимо издать учебное пособие для студентов «От янтарного и стеклянного электричества до электротехники наших дней». Такое издание явилось бы достойным вкладом в подготовку квалифицированных специалистов и патриотов отечественной науки.

Список литературы

- 1 Семенюта, Н. Ф. История электрической связи на железнодорожном транспорте (прошлое, настоящее и будущее) / Н. Ф. Семенюта, И. А. Здоровцов. – М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2008. – 324 с.
- 2 Мерчинг, Г. Электрическая передача силы на расстояние, электрические железные дороги, электромагнитный телеграфы, телефоны / Г. Мерчинг. – СПб., 1891. – 189 с.
- 3 Применение электричества в эксплуатации железных дорог // Инженер. – 1885. – Т. IV. – Кн. 11. – С.12–23.
- 4 Парротт, М. Ф. Электрические сигналы на железных дорогах. Инженерные записки / М. Ф. Парротт // Инженерные записки. – СПб. : Институт инженеров путей сообщения, 1874. – Т. 1. – С. 76–103.
- 5 Волков, В. М. Введение в специальность / В. М. Волков. – СПб. : ПГУПС, 1995. – 120 с.

УДК 94(476)«1939/41»:656.2

К ВОПРОСУ О МОБИЛИЗАЦИОННОЙ ГОТОВНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И ДОРОЖНОЙ СЕТИ БССР НАКАНУНЕ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ В ОТРАЖЕНИИ МАТЕРИАЛОВ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ ПУБЛИКАЦИИ

Л. С. СКРЯБИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Являясь важнейшим сухопутным средством коммуникаций, самым быстрым и надёжным способом перевозки различных грузов, железные дороги играли огромную роль в истории Великой Отечественной войны.

Как известно, после воссоединения Западной Беларуси с БССР и передачи г. Вильно и Виленского края Литве, установилась новая граница, а также новое административно-территориальное деление Беларуси. Это, в свою очередь, обусловило перемены и в железнодорожной сети. В дополнение к уже существовавшим в БССР Белорусской и Западной железным дорогам были организованы Белостокская (центр в г. Белостоке) и Брест-Литовская (центр г. Барановичи) железные дороги под руководством П. Ф. Бодунова и И. В. Бурькина. Все указанные железные дороги находились в пределах Западного Особого военного округа (ЗапОВО).

В этой связи следует обратить внимание на принятие конкретных планов первоочередных мероприятий руководящими структурами по строительству новых железнодорожных линий и путей, реконструкции действующих узлов, модернизации парка подвижного состава и ремонтной базы, перешивки западной железнодорожной колеи (1435 мм) на советскую (1524 мм). Отдельные меры руководство успело провести в жизнь, но большинство из них на момент начала Великой Отечественной войны оставалось лишь на бумаге. Такой вывод дают возможность сделать документы и материалы, опубликованные в сборнике «Накануне. Западный Особый военный округ (конец 1939 г. – 1941 г.)».

Касаясь перешивки железнодорожной колеи, необходимо отметить большой опыт практической работы в этом деле железнодорожных частей. Всего с европейской колеи на колею СССР по состоянию на 29 октября 1940 г. было перешито 1376 км. Темп перешивки составлял 11–13 чел. на один км пути, что превышало нормы Наркомата путей сообщения (НКПС) на 180–250 %. «Кроме перешивки главных путей, железнодорожные войска перешивали стрелки и станционные пути. Такие

железнодорожные узлы, как Барановичи и Лида, перешиты почти исключительно железнодорожными частями» [1, с. 257].

14 февраля 1941 г. ЦК ВКП(б) и СНК СССР приняли постановление «О плане железнодорожного строительства на дорогах Юго-Запада, Запада и Северо-Запада СССР и обеспечении его выполнения». В нём шла речь о строительстве новых железных дорог, новых линий, вторых путей, реконструкции отдельных узлов и др. Согласно этому постановлению по Брест-Литовской железной дороге должны были быть построены вторые пути Жабинка – Микашевичи (и далее на Калинковичи). Пропускная способность в 1941 г. должна была быть доведена до 30 пар поездов, а в 1942 г. – до 48. По Белостокской железной дороге планировалось приступить к строительству новой железнодорожной линии Оранчицы – Беловежа, вторых путей Загатье – Молодечно – Богданов – 140 км для создания двухпутного направления Бологое – Черемха, а также вторых путей Олехновичи – Молодечно. Вышеуказанным постановлением были поставлены задачи и для Западной и Белорусской железных дорог. Так, планировалось построить новую железнодорожную линию Лепель – Крулевщина протяженностью 65 км, Тимковичи – Барановичи протяженностью 70 км, вторые пути лимитирующих перегонов на направлении Минск – Олехновичи протяженностью 48 км, Полоцк – Загатье – 44 км, закончить строительство вторых путей Полоцк – Бигосово; вторые пути на лимитирующих перегонах железнодорожной линии Микашевичи – Калинковичи.

Кроме того, предусматривались мероприятия по развитию Барановичского, Белостокского, Минского узлов. К примеру, только на Барановичском узле планировалось строительство полугорки, нового сортировочного парка, вагоноремонтного пункта; усиление водоснабжения; реконструкция депо и электростанций; строительство служебных и культурно-бытовых зданий [1, с. 339]. На реализацию всего комплекса мероприятий было выделено 253,6 млн рублей. Было намечено также откомандировать на оборонное железнодорожное строительство 13 тыс. человек [1, с. 340].

Как же обстояли дела с мобилизационной готовностью железных дорог на территории Западного Особого военного округа? Прежде всего, необходимо констатировать, что строительство указанных в Постановлении ЦК ВКП(б) и СНК СССР железнодорожных линий в пределах ЗапОВО проходило весьма неудовлетворительно. Подтверждением тому является письмо Военного совета ЗапОВО, адресованное секретарю ЦК КП(б)Б П. К. Пономаренко и Председателю СНК БССР И. С. Былинскому от 28 апреля 1941 г.

Остановимся более подробно на документально зафиксированных фактах. Как отмечалось в вышеназванном письме, железные дороги, находящиеся в пределах округа, «в течение 1940 г. выполнили оборонное задание всего на 47 %, и, несмотря на это, подготовка и ход строительства оборонного задания в 1941 г. идёт плохо, выполнено всего 5–7 % общего объёма работ на январь – апрель месяцы». Далее читаем: «Западная железная дорога – укладка вторых путей Минск-Радошковичи не началась. На участок Полоцк-Бигосово по укладке вторых путей в 1941 г. освоено только 6 % отпущенных средств, на Минском железнодорожном узле вместо запланированных 1500 чел. рабочих работают только 300 чел., основные работы по устройству обходных веток не начинались». Для более полного анализа приведём ещё несколько примеров. Так, по Белостокской железной дороге начатое строительство в 1940 г. 10 воинских площадок не было окончено и по состоянию на 1 апреля 1941 г. общий объём работ за 15 месяцев был выполнен только на 50 %. Подобная ситуация наблюдалась и на Брестской железной дороге, где в 1940 г. было начато строительство 9 воинских площадок. По состоянию на 1 апреля 1941 г. объём выполненных работ составлял всего лишь 55 % [1, с. 364].

Кроме того, дороги крайне плохо были обеспечены топливом. Так, Белорусская дорога вместо 30 суток по плану имела запас на 14,6 суток, Западная – на 17,6, а по Белостокской и Брестской дорогам запасы топлива на мобилизационный период вообще не были установлены [1, с. 364].

Не в лучшем состоянии находилась и дорожная сеть. Отпущенные денежные лимиты 1941 г. на новое строительство и окончание начатого строительства дорог и мостов составляли лишь около 5 % общей потребности. Особенно плохо обстояло дело со строительством дорог в западных областях БССР. Строилась всего лишь одна дорога Колосово – Барановичи. Совершенно в неудовлетворительном состоянии находились капитальный ремонт разрушенных участков и приведение в проезжее состояние грунтовых дорог. Грунтовые дороги параллельно шоссе дорогам отсутствовали и в план 1941 г. не были включены. Безусловно, такое положение состояния дорожной сети, как указывалось в вышеизложенном документе, ставило ЗапОВО в чрезвычайно тяжёлое положение [1, с. 359].

Известно, что война застала соединения ЗапОВО не отмобилизованными. Группировка, определённая планом прикрытия, не была развёрнута. Вот что пишет член Военного совета округа А. Я. Фоми-

ных: «Когда обстановка стала напряжённее, было приказано все части, находящиеся в Восточной Беларуси, двинуть к границе. Но несмотря на наши просьбы, чтобы для ускорения сосредоточения дивизий из Смоленска, Могилёва, Гомеля и Вязьмы произвести переброску их по железной дороге, в этом было отказано. Дивизии шли походным порядком, и только незначительная часть этих дивизий подавались по ж. д. Это задерживало сосредоточение войск» [1, с. 391]. Не успели выйти в намеченные районы 113, 121, 143 и 50-я стрелковые дивизии. Война застала их в походе. Не успели занять боевые позиции и нарастить глубину обороны 6 дивизий, подводимых из глубины в район Беловежской пушчи, р. Щара от впадения её в Неман до Брестского шоссе [2, с. 209].

Говоря об этой проблеме, необходимо отметить, что передвижение воинских частей и подразделений пешим ходом происходило и по причине плохой мобилизационной готовности железных дорог, что затрудняло их работу по организации перевозок.

В этом контексте следует заметить, что материалы документальной публикации дают возможность получить более полную картину истоков трагедии Западного фронта летом 1941 г.

Список литературы

1 Накануне: Западный Особый военный округ (конец 1939 – 1941) : документы и материалы. – Минск : НАРБ, 2007. – 622 с.

2 Мягков, М. Ю. Трагедия первых недель войны на западном фронте / М. Ю. Мягков // Беларусь і Германія : гісторыя і сучаснасць : матэрыялы міжн. навук. канф. – Вып. 8 – Минск, 2010. – С. 206–218.

УДК 93/94+629.7

ИСТОРИЯ АВИАЦИИ: ЧТО ТАКОЕ ПЕРВАЯ АВИАЦИЯ

С. Е. СТАНКЕВИЧ, Р. И. АЛЕКСЕЕВ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Какое место авиация занимает в современном мире? В настоящее время развитие авиации с целью покорения прекрасного голубого неба и зовущего пятого океана достигла захватывающих небывалых высот. Ее трудно представить без неуправляемых и управляемых аэростатов, то есть воздушных шаров и дирижаблей, самолетов и вертолетов, беспилотных летательных аппаратов и пилотируемых космических кораблей. Применение авиации позволило не только углубленно изучать различные природные явления в слоях атмосферы, но и проводить исследовательские работы в космическом пространстве. В человеческой жизнедеятельности она широко используется в различных сферах, например, для мониторинга лесоохраны и пожарной безопасности, в спортивных состязаниях и экскурсионных полетах, для наблюдений за загрязнением окружающей среды и городских кварталов на предмет утечек тепла. Поддержание требуемого уровня безопасности обеспечивает государственная авиация. Однако изначально, когда начиналось освоение воздушного пространства, основная задача многих изобретателей воплощалась иной раз в фантастические проекты с целью создания пилотируемого, то есть управляемого летательного аппарата, но это было в начале XIX века. А еще до этого человек хотел летать, как птица. Эта мечта являлась основной долгих годы в истории авиации.

Как человечество училось летать? Мечта летать отражается в древнейших легендах и мифах, сложенных задолго до нашей эры. Всем известен, например, миф о Дедале и Икаре. В древнеиндийских ведах сохранились сведения о так называемых виманас – летательных аппаратах, использовавших двигатели, которые явно опережали технологии второго тысячелетия до нашей эры. Принципы создания летательных аппаратов были известны еще в древности. Архимед, живший в III веке до н. э. доказал, что закон вытеснения применим не только к жидкостям, но и к газам. Примерно в это же время в Китае был изобретен воздушный змей. А уж идея крыльев (то есть идея планеризма) возникла чуть ли не с самой мечтой подняться в воздух [1, с. 3].

На протяжении нескольких тысячелетий за основу парения в воздушном пространстве фантазии людей и их способности были ограничены познаниями научных знаний определенных физических процессов полета. Жители не только древнего мира изобретали простейшие технические средства, выполненные из материалов того времени, которые являлись точной копией многих насекомых, птиц, летучих мышей, так как именно они являлись примером и подражанием. Сказочные герои и вымышленные события, описанные в мифах и легендах, являлись стимулом для человечества под-

няться в поднебесье. Воображение людей наделяло многих персонажей способностью летать, например, первую «летчицу» Бабу-ягу на метле и ступе, первого «пилота» старика Хоттабыча на чудо – средстве передвижения ковче-самолете или барона Мюнхгаузена, летающего на ядре.

Стремиться к поставленной цели, воплотить в реальность поразительные и небывалые фантазии и исполнить сказочные желания через тысячи проб и ошибок – так устроен человек, и это подтверждают слова из текста песни советских времен 1923 года «Мы рождены, чтоб сказку сделать былью, преодолеть пространство и простор...». Достаточно много времени понадобилось для осуществления фантазии и воплощения мечты, чтобы в небо поднять первый воздушный шар и дирижабль, планер и самолет, запустить космический корабль и сотворить волшебное и создать необыкновенно сказочное.

С какого же периода начинается история авиации? С мифов, легенд, сказок, артефактов, реальных полетов или летательных аппаратов? История авиации накопила неисчислимое количество невозможных и парадоксальных явлений, отображенных в сохранившихся древних текстах и летописях, которые содержат научные материалы и сведения о неизвестных науке неведомых летательных аппаратах еще до нашей эры. Описанные объекты, например, в древнеиндийском эпосе «Махабхарате» и священных писаниях индуизма «Рамаяне», написанных на санскрите, больше похожи на небылицы и воображение авторов древних времен. Однако с точки зрения современного понимания изложенные инструкции и полетные руководства по управлению этими устройствами совсем не похожи на выдумку, возникают аналогии с технической документацией полностью соответствующей авиации нашего времени. А изображения летательных аппаратов на древних барельефах, например Абидосские иероглифы в Египте, очень похожи на современные самолеты и вертолеты.

Многие факты в истории авиации, например с периода летательных аппаратов доколумбовой цивилизации, в настоящее время также являются необъяснимыми, так как протекающие физические процессы до сих пор остаются вне понимания официальной науки. Существуют артефакты, которые позволяют выдвигать огромное множество гипотез существования не только простейших форм цивилизаций, применявших «авиацию». Эти протоцивилизации обладали феноменальными и до сих пор непревзойденными технологиями, позволившими создать достаточно сложные летательные аппараты, полеты которых были возможны еще приблизительно в 500 году н. э. Например, в Колумбии археологические раскопки в XIX веке позволили обнаружить крылатые фигурки, которые ученые обозначили как зооморфные. Эти фигурки в основной археологии имеют описание фауны животного мира напоминающих птиц. Однако найденные артефакты имеют поразительное сходство с летательными аппаратами XXI века, например хвост фигурки, имеет вертикальное положение, а в природе такого явления не существует, зато хвостовое оперение с таким расположением имеют современные самолеты. Первый, кто обратил на это внимание, был Эммануэль Стауб. Американский ювелир, посетив выставку в 1969 году, сделал несколько слепков экспонатов и отправил их Айвену Сандерсону – известному зоологу. Полученное заключение стало сенсационным, и оно противоречило мнению научного сообщества, так как найденные крылатые фигурки имели элементы конструкции фюзеляжа, крыла, киля, стабилизаторов современных самолетов, и это означает существование развитой доколумбовой цивилизации, которая обладала высокими технологиями и была способна создать самолет, аэрокосмический аппарат и даже подводный «субакваплан». И если это действительно так, то каким образом такие устройства были известны в доколумбовой цивилизации? И как в это поверить, если официальная наука и научные сообщества отказывались в это верить и данные артефакты считали не связанными с авиацией, так как древняя цивилизация, по их мнению, не могла иметь подобных технологий. Однако в 1997 году мнение ученых и авиаконструкторов полностью поменялось, и обнаруженные крылатые фигурки инков были признаны миниатюрной копией летающих аппаратов доколумбовой цивилизации. Авиационные эксперты подтвердили этот факт после ряда проведенных экспериментов немецкими авиамоделистами, создавшими радиоуправляемые модели летательного аппарата, представлявшего собой точную копию крылатой фигурки, увеличенной по своим размерам в 16 раз. Всего было создано две модели. Первая «Goldflyer-I» в 1996 году позволила развить скорость до 60 км/ч (в носовой части был установлен пропеллер), обладала превосходными аэродинамическими показателями (крыло было снабжено закрылками) и отлично планировала в воздушном пространстве с заглушенным винтом. Вторая модель «Goldflyer-II» не имела винта, но в задней части был установлен реактивный двигатель. В 1997 году проходили испытания, которые и смогли доказать принадлежность найденного артефакта к авиации, а не к зооморфным фигуркам, т. к. увеличенные точные копии обладали характеристиками самолета, а не животного.

Остается один самый важный вопрос происхождения и назначения найденных артефактов, а также кто смог разгадать в глубокой древности тайну скользящих полетов. Этот вопрос пока остается величайшим секретом для нашей цивилизации. Человечество многое не знает из своей истории. Почему? На этот вопрос тоже нет ответа. Когда были потеряны эти знания, по какой причине? На этот вопрос еще предстоит дать ответ. Однако данный период является загадочной страничкой интереснейшей истории авиации, пусть даже и древних цивилизаций, обладавших удивительными технологиями и строивших аппараты, которые позволяли летать.

Список литературы

1 Все об авиации / авт.-сост. Л. Е. Сыгин. – М. : Астрель; СПб. : Полигон, 2011. – 656 с.

УДК 93/94+629.7

ПОКОРЕНИЕ НЕБА: ПЕРВАЯ ИДЕЯ, ПЕРВЫЙ САМОЛЕТ И ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ

С. Е. СТАНКЕВИЧ, А. В. КАСАРЕВИЧ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Каждая страна по-своему гордится своими учеными, изобретателями, испытателями, которые так или иначе связаны с авиацией, воздухоплаванием и с созданием летательных аппаратов и их испытаниями, например Франческо Лана де Терци (Италия). Имеются и личности, которые также являются гордостью своей страны, но для большей части общества такие значимые люди всего лишь фантазеры: Бартоломеу Лоренцо де Гусмао (Бразилия). Некоторые ученые-изобретатели известны во всём мире: Леонардо да Винчи (Италия), Роджер Бэкон (Англия). Каждый из этих людей внес свой вклад в развитие авиации.

Большинство ученых и изобретателей были первыми в своей идее или изобретении, новаторами в свое время. Однако исторические факты, как и мнения историков, расходятся. Примером являются изобретатель Бартоломеу Лоренцо де Гусмао и братья Монгольфье (Жозеф и Этьен). Гусмао представил модель первого воздушного шара 8 августа 1709 г. Через 27 лет после показа своей модели Гусмао поднялся на 65 м на своем изобретении. С тех пор Бартоломеу носил прозвище «летающий человек». По другим данным, первыми изобретателями воздушного шара, чей полет состоялся в 1783 году и был официально подтвержден историческими документами, стали братья Монгольфье. Исходя из этого можно понять, что важную роль играет подтверждение события в официальных документах, хоть это и не справедливо по отношению к изобретателям более раннего периода.

Однако спорные вопросы возникают и по отношению к создателям летательных аппаратов тяжелее воздуха, несмотря на то, что их изобретения уже были официально засвидетельствованы.

Кому же принадлежала первая идея: кто первый высказал ее или кто первый воплотил в практическую деятельность? Кто действительно первым смог полететь? Примером данных непростых вопросов выступают такие личности, как Александр Можайский, Клеман Адер, братья Райт, Альберто Сантос-Дюмон и многие другие пионеры авиации. Каждый из них внес свой вклад в развитие авиации в целом. Один из них английский ученый и изобретатель Джордж Кейли, который, можно сказать, является «отцом» науки аэродинамики и задолго до вышеперечисленных «авиаторов» проводил испытания собственных моделей планеров, изменяя конфигурации, формы и расположение крыла с целью совершения полета.

Так что же собой представляет полет? Полет – это перемещение тела или объекта в газообразной среде, которое происходит как по инерции, так и с помощью движителя. По такому определению каждый из перечисленных первым совершил полет, чего быть, естественно, не может, так как с учетом аэродинамики современного полета имеется момент, который дополняет данное определение, придающее немного иной смысл по отношению к вышеперечисленным людям. Для современной авиации полет обязательно должен быть управляемым по трем осям: крен, тангаж, уровень высоты.

Так какое же определение позволит дать ответ об историческом первенстве изобретения самолета и его первом полете? Остановимся на понимании полета с точки зрения современной

авиации, которая зарождалась из идей полета различных насекомых и птиц. Доказательством этого является тот факт, что в древности при создании чертежей или самих летательных аппаратов птицы и стрекозы являлись примером для изобретателей и ученых того времени. Например, Леонардо да Винчи, который вдохновлялся полетом птиц при создании своих летательных аппаратов. Птица может как приземляться, так и взлетать, пикировать и планировать, но и при этом ее полет полностью управляемый. А какой же принцип работы был заложен в изобретениях Клемана Адера, Александра Можайского, братьев Райт и Альберто Сантос-Дюмона? Перед этим стоит ответить еще на ряд вопросов, каждый из которых связан с тем или иным изобретателем.

Итак, прыжок на пару метров – это уже полет или еще нет? Ответ сможет дать Александр Можайский, который вдохновился идеей создания аэродинамического аппарата, названного им «Летучкой» при наблюдении за полетами как птиц, так и воздушных змеев. Александр Федорович – русский военный деятель, контр-адмирал, изобретатель. Именно он спроектировал и построил первый в России и один из первых в мире натуральный самолет, опередив на 20 лет братьев Райт. Экспериментальная модель, как писал П. А. Богословский (известный инженер-кораблестроитель), «не только летает, бегаёт по земле, но может и плавать. Быстрота полета аппарата изумительная; он не боится ни тяжести, ни ветра и способен летать в любом направлении... Опыт доказал, что существовавшие до сего времени препятствия к плаванию в воздухе блестяще побеждены нашим даровитым соотечественником» [1, с. 124]. Предполагают, что самолет Можайского (летательный аппарат, построенный в натуральную величину) во время испытания смог лишь оторваться от земли, так и не совершив полноценный полет. А если учесть факт большой секретности самих испытаний (а чертежи конструкции были объявлены военной тайной), то можно сделать вывод, что самолет Можайского мог летать, как и его экспериментальная модель. Однако иностранцами и царскими чиновниками было сделано всё, чтобы изобретение Александра Федоровича не имело не просто огласки, но и успеха.

Полет в длину – это полет или еще нет, а может быть парение планера с небольшим мотором можно назвать полетом? В этом вопросе поможет французский инженер Клеман Адер. В 1886 году он создал свой первый летательный аппарат, не просто схожий на летучую мышь, а выполненный полностью по образцу данного животного вида. Всего было создано три модели, и каждый самолет изобретатель называл «Авионом» (от лат. *avis* – птица), при этом каждому было дано дополнительное поэтическое название. Первый «Авион» получил название «Эол» (в греческой мифологии – это повелитель ветров), «Авион II Зефир» (западный ветер у греков), «Авион III Аквилон» (название северного ветра). Из всех образцов самым удачным оказалась первая модель «Авион I Эол». Именно она при испытаниях 9 октября 1890 года смогла самостоятельно оторваться от земли на высоту менее одного метра, и потерпела аварию, пролетела при этом 50 м. Это считается первым в истории взлетом самолета (спустя три года после самолета Можайского), совершенным исключительно за счет тяги силовой установки, а конкретнее парового двигателя. К великому сожалению, Клеману Адеру так и не удалось добиться устойчивости и управляемости своего аппарата (через 17 лет это сделают братья Райт), вследствие чего французский инженер не смог совершить полноценный полет.

Исторически братья Райт официально признаны первыми, кто смог совершить «управляемый» полет. 17 декабря 1903 года (14 декабря была первая попытка, которая закончилась падением самолета сразу после взлета) взлетел их первый планер «Flyer I», оснащенный двигателем, не имевшим шасси и требующим специальных приспособлений для взлета. В этот день было два полета. Орвилл осуществил первый полет, пробыв в воздухе всего 12 с и пролетев 36,5 м. Самолет не смог совершать повороты и двигался только по прямой траектории. Именно этот полет был запечатлен на фотоснимке и официально считается первым публичным полетом (пять человек являлись свидетелями). Последующие полеты позволили преодолеть расстояние в 52 и 60 метров на высоте около трех метров. Однако каждый полет был неустойчив, плохо управляем по тангажу и заканчивался столкновением с землей. В 1904 г. был построен «Flyer II», в 1905 г. – «Flyer III». Эксперименты и детали машины держались в строгом секрете, отсутствие журналистов не давало шансов конкурентам. Попытки обеспечить управление по трем осям не приносили значительных успехов, и только в 1908 году братья продемонстрировали успешный вариант «Flyer». Райты достигли истинного контроля над своим аппаратом.

Бесспорно, братья Райт создали и испытали «Flye I» раньше, чем был создан самолет Сантос-Дюмона «14-бис» (первый полет совершил публично 23 октября 1906 года). Однако самолет Альберто Сантос-Дюмона мог летать независимо от направления ветра и приземляться, мог взлетать, не используя рельсы для запуска и катапульты в отличие от «Flye I» братьев Райт. То есть самолет «14-бис» был полностью управляемым на два года раньше, чем этого смогли добиться братья Райт.

Первым остается тот, кто смог воплотить мечту в реальность и довести до идеала конструкцию, учитывая экспериментальные ошибки в своих разработках.

Список литературы

1 Все об авиации / авт.-сост. Л. Е. Сьгин. – М. : Астрель; СПб. : Полигон, 2011. – 656 с.

УДК 323.2:378.147

ПОЛИТИЧЕСКАЯ СОЦИАЛИЗАЦИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН

Н. К. ТЕТЕРЮКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В данной статье раскрывается процесс усвоения молодыми людьми политических знаний, норм и ценностей политической культуры, способствующих формированию у них необходимых качеств для адаптации к политической системе белорусского общества и выполнению в ней надлежащих функций и ролей.

Каждый человек как гражданин общества призван проходить процесс социализации в соответствующей социально-культурной и политико-культурной среде.

Политическая культура, являясь частью общей духовной культуры, регламентирует политические действия, дисциплинирует политические институты, придаёт социальное значение индивидуальным действиям и поступкам. Она обеспечивает содержание, форму, предсказуемость политического процесса.

Политическая социализация личности осуществляется посредством системы институтов (государства, партий, средней и высшей школы, СМИ, церкви) и агентов социализации (политических лидеров, журналистов, преподавателей). Важную роль в процессе политической социализации личности играют и неполитические факторы, такие как социально-экономические условия и образ жизни, национальные традиции и прочее.

Приоритетное значение в политической социализации имеет школа и, особенно, высшая школа. Здесь молодёжь проходит первичную социализацию, связанную с непосредственным приобретением политических знаний и установок. Введённые в образовательный процесс такие предметы, как «История белорусской государственности», «Политология», «Социология», «Современная политэкономия» и другие социально-гуманитарные дисциплины, позволяют студентам непосредственно соприкоснуться с теоретическими основами политики, политической реальностью, её параметрами, влияющими на формирование у них политической культуры и политического сознания.

Это так необходимо для молодых людей, которые только закончили школу и вступают во взрослую жизнь, требующую высокообразованных и политически грамотных людей. Политическая грамотность нужна любому современному человеку, независимо от его профессиональной принадлежности. Республика Беларусь избрала демократический путь развития, который предполагает более полное включение населения, особенно молодёжи, в процесс формирования политической власти, управление обществом, активное участие в его созидании.

2020 год показал, что определённая доля молодых людей, в т. ч. и студенческой молодёжи, не усвоила науку добра и легко поддалась на призыв тех, кто вёл их к разрушению своего дома, своей страны. Западные «радители» демократии, особенно в США, прикрываясь ею, имеют уже большой опыт разрушения неугодных им государств, создания хаоса, используя, в первую очередь, молодёжь, которая ещё не прошла жизненную школу.

Студенты БелГУТа не поддались на эти призывы, но по-прежнему Запад пытается разными путями разжечь пламя противостояния в стране.

В БелГУТе создана определённая система по формированию у студентов, начиная с первого курса, не только необходимых профессиональных качеств (любви к своей профессии), но и политической культуры, активного участия в политической жизни. Так, в процессе изучения истории белорусской государственности и идеологии белорусского государства студенты познают, кто мы и каково место Беларуси в мировом пространстве, трудный процесс становления нашего государства, его суверенитета.

Студенты более полно познают государственную символику Республики Беларусь: Государственный флаг, Государственный герб, Государственный гимн. Государственные символы Республики Беларусь прошли долгий путь становления, развития и утверждения. В них отражены новые политические, экономические и социальные условия развития Республики Беларусь – суверенной, миролюбивой страны, подчёркивающие патриотизм и трудолюбие граждан, дружеское отношение между представителями всех национальностей к разным вероисповеданиям в нашей стране.

Особое значение политической социализации студентов имеет изучение ими такого предмета, как «Политология». Политическая наука является органичной частью гуманитарного знания, неотъемлемым элементом организации всей духовной жизни общества. Она способствует расширению политических знаний молодых людей, приобщению их к политике, политической деятельности, формирует культуру и сознание.

Политология как наука и учебная дисциплина вводит студентов в мир политики как общественного явления, в основе которого лежит власть, её обретение, организация, использование и управление социальными процессами. Студенты всё больше начинают понимать, что они в своем возрасте уже не дети, а взрослые люди, вступающие в жизнь не только как объекты, но и как субъекты политики, способные уже в 18 лет пользоваться как активным, так и пассивным избирательным правом. Таким образом, они уже являются прямыми участниками политического процесса. Участие в политике способствует их интеллектуальному и духовному развитию, осознанию ответственности за свое поведение.

В процессе изучения политологии студенты познают политические системы современных обществ, которые представляют совокупность взаимосвязанных государственных и негосударственных социально-политических институтов, ценностей, норм, а также принципов организации и осуществления политической власти. Сегодня в мире около двухсот стран, каждая из которых имеет свои характерные особенности политического устройства, разделяющиеся по политическому режиму на демократические и недемократические (автократические). Особое внимание уделяется изучению политической системы Республики Беларусь, которая характеризуется своим демократизмом. Это не только закреплено в Конституции Республики Беларусь, но и осуществляется в процессе формирования представительной власти, на широкой конкурсной основе, прямым голосованием. Это в корне отличает нас от США, где народу не доверяют напрямую проголосовать за кандидата в президенты, свой голос передают выборщику. Студенты изучают основные институты политической системы, такие как государство, политические партии. Государство – форма организации общества, носитель властных полномочий, выступает как особый аппарат управления обществом. Молодые люди детально знакомятся со структурой государства, его механизмом: главой государства – Президентом, с законодательной властью – Парламентом – Национальным собранием Республики Беларусь и его структурой, исполнительной властью – Правительством – Советом Министров Республики Беларусь и его главой – Премьер-министром, местными представительными органами – местными Советами депутатов, местными исполнительно-распорядительными органами, судебной властью, органами охраны общественного порядка и государственной безопасности, вооруженными силами. Студенты изучают основные признаки и функции государства, знакомятся с формами государственного правления и устройства.

Изучая политическую систему белорусского общества, молодые люди знакомятся с политическими партиями, которые пока не заявили о себе как о мощной политической силе. Население, идущее на выборы, в основном, голосует не за партии, а за конкретных людей (кандидатов), которые представляют для них интерес. Проходящая в стране перерегистрация политических партий будет способствовать созданию нескольких крупных партий, способных завоевать доверие масс. Некоторые молодые люди из числа студентов тоже решили вступить в их ряды.

Студенты-первокурсники уже вовлечены в общественные объединения, такие как молодёжные организации ОО «БРСМ», профсоюзы, которые призваны расширять их мировоззрение, основанное на патриотических ценностях.

Внимание студентов, особенно первокурсников, обращено на их подготовку к участию в предстоящих в феврале 2024 года выборах в правительственные органы власти. Многие из них первый раз будут принимать участие в формировании законодательной власти. Важную помощь в подготовке к этому процессу оказало введение в 2023/24 учебном году в образовательный процесс спецкурса «Избирательные системы». В процессе учёбы студенты знакомятся с Конституцией Республики Беларусь и Избирательным кодексом Республики Беларусь. Они изучают основные типы избирательных систем, в т. ч. избирательную систему Республики Беларусь, существующее избирательное право и его принципы, сравнивают их с другими странами, всё больше убеждаясь в демократизме нашего государства. Избирательная система Республики Беларусь максимально выражает и защищает интересы граждан страны, их демократические права, важнейшие из которых – право выбирать и быть избранным в государственные органы власти.

В процессе учёбы студенческая молодёжь знакомится также с одной из форм прямой демократии, такой как референдум – всенародное голосование (опрос) по существенным вопросам государственной, общественной и политической жизни. Это право индивида и народа в целом высказать свою точку зрения по тому или иному вопросу. В новейшей истории Беларуси проведено четыре республиканских референдума: 14 мая 1995 г., 24 ноября 1996 г., 17 октября 2004 г., 27 февраля 2022 г. Расширению политических знаний студентов способствует изучение международных политических отношений, геополитики, внешней политики Республики Беларусь.

Таким образом, социально-гуманитарные предметы, изучаемые в вузах, позволяют преподавателям донести до студентов с использованием различных методик основные политические знания, расширяющие мировоззрение студентов и приобщающие к политическим ценностям, способствуют политической социализации.

Список литературы

- 3 Конституция Республики Беларусь (с изм. и доп., принятыми на республиканских референдумах 24 ноября 1996 г., 17 октября 2004 г. и 27 февраля 2022 г.) / Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2022. – 80 с.
- 4 Избирательный кодекс Республики Беларусь : с изм., вступившими в силу 4 марта 2023 г. Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2023. – 224 с.
- 5 **Тетерюков, Н. К.** Политология : учеб.-метод пособие / Н. К. Тетерюков. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 184 с.
- 6 Основы идеологии белорусского государства : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. С. Н. Князева, С. В. Решетникова. – Минск : Академия управления при Президенте Респ. Беларусь, 2004. – 491 с.
- 7 Гісторыя беларускай дзяржаўнасці : вучэб. дапам. / І. А. Марзалюка [і інш.] ; пад рэд. І. А. Марзалюка. – Мінск : Адукацыя і выхаванне, 2022. – 447 с.

УДК 656.2:006.03

СТАНДАРТИЗАЦИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ. СТАНОВЛЕНИЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

В. А. ФРОЛОВ

Управление Белорусской железной дороги, г. Минск

Железная дорога внесла значительный вклад в становление и формирование общепромышленной стандартизации. Железнодорожники как одни из основателей стандартизации оказывали влияние на развитие машиностроения, металлургической, электротехнической промышленности, нефтехимии. Взаимодействие со смежниками и широкое применение принципов стандартизации и унификации – непереносимое условие нормального функционирования дорог.

Первыми шагами по стандартизации на железной дороге были установление единого размера колеи (5 футов / 1524 мм), габаритных размеров подвижного состава и норм приближения строений, типовых размеров рельсов, стрелочных переводов, колес, ударно-сцепных приборов, утверждение типовых альбомов на сигнальное оборудование и знаки, конструкции паровозов и вагонов и многое другое, включая повышенные требования к качеству и надежности основных применяемых изделий и материалов. Габаритные нормы предельного очертания для приближения строений и подвижного состава были установлены в 1860 г.

В 1883 г. были утверждены первые правила содержания и охранения паровозных железных дорог, открытых для общественного пользования, в 1898 г. – технические условия МПС на поставку

основных изделий и материалов. В 1904 г. введены единые технические требования на поставку грузовых и пассажирских вагонов (прообраз нынешнего ТР ТС 001).

При наличии отдельных достижений в стандартизации до 1917 г. организованная системная работа продолжилась в период Советской эпохи. Молодой республике железные дороги достались в крайне тяжелом состоянии, в значительной степени разрушенные в Первую мировую войну и Гражданскую войну.

В первые же годы Советской власти в необычайно трудных условиях началось восстановление и развитие железных дорог. В то сложнейшее время вынесен ряд важных постановлений, в том числе по решению вопросов стандартизации (нормализации) на транспорте. И в короткий срок к 1924 г. работа сети железных дорог была налажена.

Неоправданные исторически сложившиеся разносерийность и разнотипность техники затрудняли ремонт паровозов, малопроизводительное производство требовало огромных затрат, сил и времени. Это явилось серьезным препятствием при восстановлении разрушенных хозяйств и взаимодействии служб.

Учитывая это, в 1918 г. при Высшем техническом совете Наркома путей сообщения была организована Комиссия по нормализации частей по секции тяги и подвижного состава, которая подготовила ряд ценных рекомендаций и технических решений.

Вопросы нормализации и взаимозаменяемости при постройке и ремонте паровозов были центральными на первом съезде по новому паровозостроению и ремонту в 1920 году.

Сложность проведения работы на транспорте в то время определялась и отсутствием в промышленности единых норм по общему машиностроению и системной работы по общегосударственной стандартизации. Поэтому внимание железнодорожников было уделено в первую очередь разработке ряда общих норм.

В НКПС в тот период разработаны нормы на чертежи, условные графические обозначения, метрическую резьбу, болтовые крепления и их детали, нормальные соединения с кольцами, шайбами и шплинтами, винты различного типа, шпоночные соединения и другое. Ряд норм утвержден в период 1921–1924 гг., и они получили наименование «Российские нормы путей сообщения РНПС» и утверждены НТК НКПС. В дальнейшем они были взяты за основу и использованы при разработке соответствующих стандартов общепромышленного применения.

Если обратить взгляд в нашу с вами общую историю, то необходимо вспомнить об Указе Президиума Верховного Совета СССР от 10 июля 1940 года «Об ответственности за выпуск недоброкачественной или некомплектной продукции и за несоблюдение обязательных стандартов предприятиями». Несоблюдение государственных стандартов приравнивалось к противогосударственному преступлению, равносильному вредительству. И при публикации государственных стандартов на титульной странице публиковалось: «Несоблюдение стандарта преследуется по Закону».

С учетом цикличности исторических периодов необходимо знать такие сведения.

В основе формирования стандартизации на Белорусской железной дороге заложены принципы, созданные еще в советское время. Тогда применялись обязательные государственные и отраслевые стандарты (ГОСТы и ОСТы), где закладывались все параметры, которым должна была соответствовать продукция, начиная от ее безопасности и заканчивая качественными характеристиками.

В целом на железных дорогах Министерства путей сообщения СССР (МПС СССР) действовало свыше 4 тыс. нормативных документов в виде правил, инструкций, руководящих документов, которые обеспечивали единство работы и формирование требований по безопасности всей сети железных дорог.

После событий 1991 г. на дороге и в стране начала формироваться национальная система стандартизации, пересматривались подходы и статус нормативных отраслевых документов. Ключевую роль на этом этапе сыграл созданный в феврале 1992 г. Совет по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества.

Задачи стандартизации с 1992 г. на Белорусской железной дороге реализовывал Дорожный центр стандартизации и метрологии (ДЦСМ), на базе которого в 2009 г. была создана служба стандартизации, метрологии сертификации и управления качеством.

В настоящее время служба стандартизации осуществляет свою деятельность в тесном сотрудничестве с отраслевыми службами, Белорусским государственным университетом транспорта, Госстандартом, БелГИССом, Национальной академией наук, ведущими институтами страны.

На Белорусской железной дороге службой проводится единая политика в области стандартизации, в рамках которой осуществляется комплексный анализ работ по стандартизации в подразделе-

ниях дороги, проводятся разработка и актуализация необходимых стандартов, технических условий и нормативно-технических документов, внедрение и соблюдение их требований, формирование и ведение фондов данных документов, выполняются научно-исследовательские работы, обеспечивается техническое и информационное сопровождение работ по стандартизации, осуществляется методическое руководство службами и отделами Управления дороги, организациями и их филиалами.

В настоящее время общий фонд дорожных технических документов, применяемых на Белорусской железной дороге, составляет 4604 документа. В целях обеспечения соответствия применяемых в производственной деятельности документов законодательству Республики Беларусь и потребностям железнодорожного транспорта на постоянной основе обеспечивается актуализация общедорожного фонда. Ежегодно формируется План стандартизации и проводятся итоговые совещания о выполнении плана с рассмотрением основных проблемных вопросов железнодорожной стандартизации. Так, планом стандартизации на 2023 г. предусмотрены работы по актуализации и разработке более 100 документов.

Белорусская железная дорога придает большое значение совместному взаимодействию со своими коллегами в области технического нормирования и стандартизации. Белорусская железная дорога принимает активное участие в деятельности межгосударственного технического комитета по стандартизации МТК 524 «Железнодорожный транспорт» МТК, Ассоциации «Объединение производителей железнодорожной техники», Совета по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества.

Развитие железнодорожной стандартизации – это залог эффективного и безопасного функционирования железнодорожного транспорта, устойчивого и успешного развития, железнодорожной отрасли в целом. Важно не останавливаться на достигнутом, необходимо эффективно использовать накопленный потенциал в области стандартизации, что, в свою очередь, будет способствовать выпуску безопасного, надежного подвижного состава и обеспечению слаженного и бесперебойного перевозочного процесса.

УДК 378.1.035.4

ТРАДИЦИИ БИИЖТа – БелГУТа КАК ОСНОВА КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ И ВОСПИТАНИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЁЖИ

Г. М. ЧАЯНKOVA

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Важнейшим направлением деятельности учреждений высшего образования в Республике Беларусь наряду с профессиональной подготовкой кадров высшей квалификации является формирование гражданской позиции, мировоззрения и социальной активности студенческой молодёжи.

В целях реализации этого направления в Белорусском институте инженеров железнодорожного транспорта – Белорусском государственном университете транспорта за 70 лет существования сложилась система традиций, которая весьма эффективно способствует формированию корпоративной культуры и воспитанию молодёжи.

Процесс формирования традиций начался уже в первые годы работы института. Особое внимание уделялось установлению и сохранению неразрывных связей между различными поколениями преподавателей, сотрудников, студентов и выпускников. На всех факультетах университета создан банк данных о выпускниках. Выпускники приглашаются на все торжественные мероприятия, проводимые в учреждении образования, регулярно встречаются со студентами, оказывают содействие в трудоустройстве выпускников, организации работы студенческих отрядов, прохождении производственной практики, проводят большую информационную работу. Так, на торжественных мероприятиях, посвященных Дню знаний, Дню выпускника всегда присутствуют представители Белорусской железной дороги, что подчёркивает значимость университета для подготовки будущих специалистов для такого важного предприятия транспортной отрасли Республики Беларусь.

Особую роль в развитии связей университета с его выпускниками сыграл Попечительский совет, созданный в 2002 г. Попечительский совет – это общественное объединение выпускников БИИЖТа – БелГУТа – наиболее авторитетных представителей производственной, финансо-

вой, научной сфер, общественных деятелей, руководителей различных уровней, которые внесли значительный вклад в развитие, совершенствование образовательного, научного, духовного и экономического потенциала вуза и использование его потенциала для подъёма экономики Республики Беларусь.

Значительное внимание в университете в рамках традиций связи с выпускниками и профориентации будущих специалистов уделяется участию в мероприятиях, посвященных профессиональным праздникам: Дню железнодорожника, Дню строителя, Дню таможенника, Дню автомобилиста и т. д. Совместно с Белорусской железной дорогой ежегодно проводится конкурс на лучший дипломный проект (работу) по железнодорожной тематике. Победителей чествуют на Дне выпускника. Все эти проекты выполняются по реальной тематике и, как правило, внедряются в производство.

В становлении нашего университета огромную роль сыграли фронтовики и труженики тыла. Долгие годы они активно работали со студенческой молодёжью, доносили до них правду о войне, делились своими воспоминаниями. Эту традицию продолжает и современное поколение преподавателей и сотрудников, понимая, что надо сохранить историческую правду о Великой Отечественной войне, передать её нынешнему молодому поколению. Более двух десятилетий в университете развивается уникальный проект «Память», в рамках которого проводятся поисковая работа, военно-исторические семинары и конференции, тематические вечера «Помню, горжусь», «Поэзия и проза военных лет». С 2002 г. преподаватели, сотрудники, студенты и курсанты занимаются благоустройством мемориальных комплексов, братских могил, памятников, увековечивающих память о погибших в годы Великой Отечественной войны воинах и мирных жителях, а также территорий, прилегающих к ним.

Каждый факультет, первичная организация ОО БРСМ, профсоюзная студенческая организация и студенческий клуб шефствуют над определёнными захоронениями и памятниками, которые находятся на территории г. Гомеля, Буда-Кошелёвского, Ветковского, Гомельского, Добрушского и Речицкого районов.

В университете собрана подробная информация о каждой братской могиле, памятнике: кто захоронен в этих могилах – воины, партизаны или мирные жители, погибшие от рук фашистов. Студенты активно сотрудничают с руководством районов и председателями сельских советов, работниками военкоматов, от которых узнают о боях и воинах, погибших за освобождение Гомельщины от немецко-фашистских захватчиков. Материалы этих поисков используются в студенческих исследовательских работах, при оформлении альбомов.

Студенты и курсанты принимают участие в торжественных мероприятиях и митингах, которые проходят возле братских могил и памятников, встречаются с ветеранами, выступают с концертами перед местными жителями. Эта работа оставляет неизгладимый след в памяти и в душах студенческой молодёжи, вызывает чувство гордости за героическое прошлое своей Родины, чувство сопричастности к событиям Великой Отечественной войны.

Воспитание патриотизма у современной молодёжи, сохранение памяти о Великой Отечественной войне невозможно без воспитания уважения к ветеранам. В университете многие годы активно использовался потенциал ветеранов. Обладая высокими моральными и нравственными качествами, они всегда были достойными наставниками для студентов. Сегодня, когда уходят последние ветераны, в университете внедряются новые формы работы по сохранению памяти о Великой Отечественной войне. Несколько лет назад была подготовлена и издана книга «Говорят свидетели войны», где собраны бесценные свидетельства о событиях Великой Отечественной войны, боях и партизанской борьбе, оккупационном режиме и зверствах фашистов. Эта книга призвана побудить студенческую молодёжь помнить события войны и людей, отстоявших нашу свободу и независимость, наше будущее.

В рамках изучения дисциплин социально-гуманитарного блока студенты активно привлекаются к исследовательским работам по теме «Великая Отечественная война в судьбе моей семьи», «Моя малая Родина в годы Великой Отечественной войны» и др.

Традиционными для нашего университета являются и экскурсии по местам боевой и партизанской славы, по местам геноцида – массовой гибели людей в годы войны. Ежегодно студенты посещают мемориал «Ола», музей битвы за Днепр, «Партизанскую крыничку» и другие объекты.

В первые годы существования нашего вуза зародилась ещё одна значимая традиция – работа на благо страны, студотрядовское движение. Уже в 1954 г. на уборке урожая в колхозах и совхозах

Гомельской области работало около 600 студентов и сотрудников. В июле – августе 1956 г. студенты БИИЖТа впервые приняли участие в уборке урожая на целинных землях Казахстана.

В последующие годы студотряды университета работали на строительстве Байкало-Амурской магистрали, автомобильной и железной дорог в Забайкалье, олимпийских объектов в г. Сочи, объектах Белорусской железной дороги, возведении Белорусской атомной электростанции, социально значимых объектах г. Гомеля и области. В последние годы студенческие отряды работали на ЗАО «Атлант», ОАО «МАЗ», принимали участие в реконструкции мемориального комплекса «Хатынь» и др.

Особенной традицией университета является чествование матерей студентов – именных стипендиатов, которое проводится с 2005 года и приурочено к Дню матери. Накануне таким матерям рассылаются благодарственные письма по месту их работы. В День матери ректор университета устраивает торжественный приём матерей студентов – именных стипендиатов. На приёме матерям вручается красочно оформленное благодарственное письмо, а студентам – специальные дипломы. Ежегодно накануне Дня матери мамам лучших студентов университета рассылаются до 500 благодарственных писем.

Чествование родителей лучших студентов проводится и в День выпускника БИИЖТа – БелГУТа 28 июня.

Традиционной для университета является благотворительная деятельность. Много лет студенты, сотрудники и преподаватели университета шефствуют над областным домом ребёнка, отделением дневного и круглосуточного пребывания детей-инвалидов и молодых инвалидов территориального центра социального обслуживания Железнодорожного района г. Гомеля «Майский цветок», Улуковской вспомогательной школой и другими социально-педагогическими объектами, оказывая гуманитарную и материальную помощь, проводят субботники, устраивают утренники, мастер-классы и другие мероприятия. Ежегодно коллектив университета участвует в благотворительной акции «Волшебство на Рождество» в рамках республиканской акции «Наши дети».

С первых лет существования нашего учреждения образования большое внимание уделялось культурно-досуговой деятельности. Регулярно проводились факультетские и общеинститутские вечера отдыха и конкурсы художественной самодеятельности. Уже более 40 лет проводится «Турнир за прекрасных дам», который стал брендом университета. К его подготовке и проведению привлекается значительная часть студенчества, активно участвуют и выпускники университета.

Среди новых традиций университета следует отметить мероприятия, направленные на популяризацию государственных символов Республики Беларусь. Среди них: церемония поднятия Государственного флага на торжественном мероприятии, посвященном Дню знаний; акция «Споём гимн вместе», проводимая ко Дню народного единства, Дню Конституции Республики Беларусь, Дню Государственного герба, Государственного флага, Государственного гимна Республики Беларусь. В апреле 2023 года 120 спортсменов университета дали старт челенджу «Гордимся государственными символами Республики Беларусь».

Таким образом, традиции университета, сложившиеся за 70-летнюю историю БИИЖТа – БелГУТа, способствуют активизации и расширению участия студенческой молодёжи в общественно-политической жизни страны, формируют интерес и уважение к историческому прошлому белорусского народа, стремление к мирной и созидательной жизни, готовность к защите независимости Республики Беларусь.

УДК 656.2

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

В. Г. ШЕВЧУК, С. В. КИСЕЛЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Протяженность мировой сети высокоскоростных железных дорог выросла с 44 тыс. км в 2020 г. до почти 59 тыс. км к 2023 г.

Растет и число стран, где эксплуатируются высокоскоростные магистрали (ВСМ), и уделяется большое внимание проектам их развития. Это прежде всего Испания, Италия, Франция, Германия, Япо-

ния, Великобритания, Республика Корея и Китайская Народная Республика. Эти данные были в Марракеше (Марокко) на 11-м Всемирном конгрессе по высокоскоростному движению, который прошел под эгидой Международного союза железных дорог (МСЖД).

На Азиатско-Тихоокеанский регион приходится более 44 тыс. км высокоскоростных линий, на Европу – почти 12 тыс. км, на страны Ближнего Востока – 1500 км, на Северную Америку и Африку соответственно 735 и 186 км.

Открытие строящихся в настоящее время высокоскоростных линий позволит увеличить протяженность сети в мире на 33 %. Ускорение роста мировой сети наблюдается с 2018 г. С того времени высокоскоростные линии введены в эксплуатацию в трех странах: Дании, Саудовской Аравии и Марокко.

На мировой сети курсирует более 6500 высокоскоростных поездов, и более половины из них (54,8 %) приходится на Китай.

Согласно данным Международного союза железных дорог, в настоящее время ведется строительство 19,7 тыс. км ВСМ, из них 14 367 км – в Азиатско-Тихоокеанском регионе, более 3000 км – в Европе, 2000 км – на Ближнем Востоке и 274 км – в Северной Америке.

В средне- и долгосрочной перспективе в Азиатско-Тихоокеанском регионе планируется построить 25,2 тыс. км ВСМ, в Европе – более 9000 км, на Ближнем Востоке – почти 5000 км, в Африке – 6400 км. В странах Северной и Латинской Америки общая протяженность сети ВСМ в долгосрочной перспективе должна достигнуть 7400 км, из которых 6800 км будет открыто в Северной Америке.

Соединенные Штаты обладают крупнейшей в мире железнодорожной сетью протяженностью 293 564 км – в два раза больше, чем в Китае, и в три раза больше, чем в России. В США поезда не так популярны, как во многих других странах. Во многих крупных городах пригородные поезда регулярно перевозят пассажиров из пригородов в центр города. На Восточном побережье скоростной поезд Metroliner курсирует из Бостона в Вашингтон через Нью-Йорк. Экспресс-поезд Acela американской железнодорожной компании Amtrak является единственным скоростным поездом на американском континенте.

Запущенный в декабре 2000 года Acela [1] соединяет крупнейшие мегаполисы на востоке Соединенных Штатов. Поезд курсирует по участку под названием «Северо-Восточный коридор» между Бостоном (штат Массачусетс) и Вашингтоном (округ Колумбия). В среднем Acela Express движется с относительно низкой скоростью для скоростного поезда – 100–130 км/ч. В Соединенных Штатах есть только одна высокоскоростная линия протяженностью 735 км. Он проходит через Вашингтон, Филадельфию, Нью-Йорк и Бостон (рисунок 1). Поезд Acela Express едет около семи часов и делает 14 остановок, поэтому ему удается развить максимальную скорость 240 км/ч только на одном участке протяженностью 53 км. На данный момент введено в эксплуатацию 20 поездов [2].

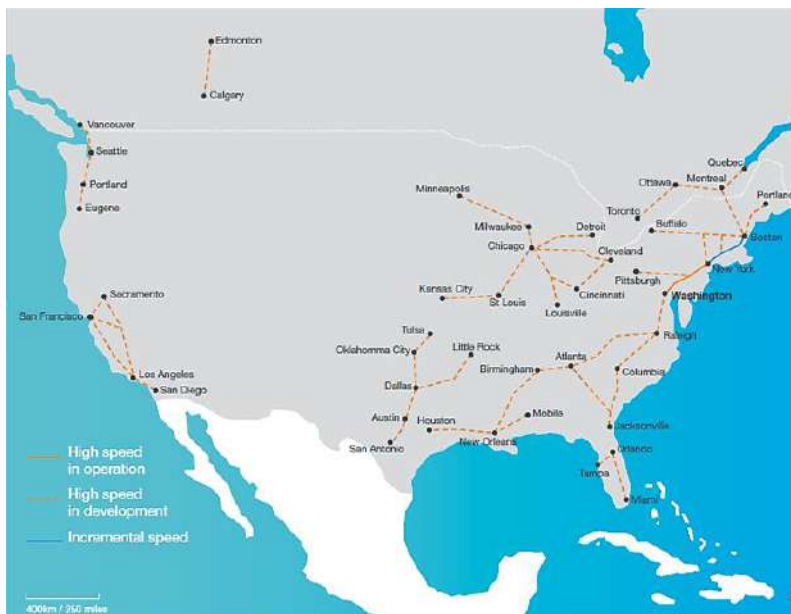


Рисунок 1 – Карта развития высокоскоростного движения в США

По состоянию на 01.01.2023 Управление высокоскоростных железных дорог Калифорнии работает над проектом Калифорнийской высокоскоростной железной дороги и ведется строительство участков, пересекающих Центральную долину. Открытие площадок в Центральной долине запланировано на 2029 год.

В марте 2016 г. ОАО «РЖД» утвердил новую программу строительства высокоскоростных магистралей до 2030 г. (Москва – Казань – Екатеринбург, Москва – Адлер и Москва – Санкт-Петербург).

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь проводит консультации с представителями российских железных дорог о строительстве новой трассы Москва – Минск. Под магистраль уже отведены необходимые земельные площади, на которых введен запрет на возведение любых объектов недвижимости.

В качестве еще одного перспективного направления рассматривается вариант создания межконтинентальной железной дороги, соединяющей Астану, Москву и Минск. Этот проект станет реальным лишь в случае решения Китая проложить высокоскоростную трассу из этой страны в Европу – магистраль Астана – Москва – Минск может стать ее составной частью.

Список литературы

1 Acela Express – скоростной поезд США [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pagead2.google-syndication.com>. – Дата доступа : 13.08.2023.

2 Мы прокатились на самом быстром поезде в США – Acela Express [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://808.media/acela-express-samyi-bastryi-usa/>. – Дата доступа : 13.08.2023.

12 ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 656.13.08

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ

Д. П. АМБРАЖЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Искусственный интеллект (ИИ) начал развиваться с середины XX века и имеет долгую историю. Термин «искусственный интеллект» был впервые сформулирован в 1956 году на конференции Дартмутской коллегии. Эта конференция считается рождением науки об искусственном интеллекте. В 1950-1960-х годах были разработаны ранние компьютерные программы, предназначенные для выполнения задач, требующих интеллектуальных способностей. Например, программы, способные решать логические задачи и играть в шахматы. В 1980-х годах ИИ столкнулся с «зимой искусственного интеллекта», когда финансирование и интерес к нему снизились из-за неспособности систем достичь ожидаемых результатов. В 1990-х годах и последующие десятилетия произошел резкий подъем ИИ, благодаря развитию вычислительных мощностей, большим объемам данных и новым алгоритмам машинного обучения.

Важные достижения в сфере искусственного интеллекта включают в себя создание системы IBM Deep Blue, которая в 1997 году победила чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова, и более поздние успехи в машинном обучении и нейронных сетях, такие как AlphaGo компании DeepMind, которая победила чемпиона мира по ГО в 2016 году. Искусственный интеллект стал все более проникать в повседневную жизнь людей, включая голосовых помощников, системы рекомендаций, автономные автомобили и многое другое. С течением времени искусственный интеллект продолжает развиваться, и его применение охватывает все больше сфер человеческой деятельности.

Искусственный интеллект играет важную роль в повышении безопасности движения в современных автомобилях. Вот несколько способов, как ИИ используется для этой цели:

1 Системы помощи при вождении (DAS): Driving assistance systems – это набор технологий, включающих в себя системы контроля полосы движения, адаптивный круиз-контроль, системы предотвращения столкновений и даже автоматическое торможение. ИИ используется для анализа данных с камер, радаров и лидаров, чтобы обнаруживать объекты на дороге, оценивать их движение и предупреждать водителя о потенциальных опасностях.

2 Системы распознавания знаков и сигналов (SaSRS): Sign and signal recognition systems – ИИ может быть использован для распознавания дорожных знаков, светофоров и других сигналов. Это позволяет автомобилю информировать водителя о текущем ограничении скорости, напоминать о правилах дорожного движения и предостерегать от нарушений.

3 Системы мониторинга водителя (DMS): Driver monitoring systems – системы мониторинга водителя могут использовать ИИ для отслеживания действий водителя, таких как усталость, отвлечение и даже алкогольное или наркотическое опьянение. Если система обнаружит признаки опасного поведения водителя, она может предупредить или даже вмешаться в управление автомобилем.

4 Системы автоматического управления и беспилотные автомобили: Беспилотные автомобили активно используют ИИ для управления и навигации по дорогам. Системы машинного обучения и нейронные сети позволяют автомобилю принимать решения на основе данных с датчиков и камер, обеспечивая безопасное и эффективное движение.

5 Системы обнаружения пешеходов и велосипедистов: ИИ может помочь в обнаружении пешеходов и велосипедистов на дороге, даже в сложных условиях, таких как ночь или плохая видимость. Это способствует предотвращению наездов на пешеходов и авариям с участием велосипедистов.

6 Системы предупреждения о нарушениях и управление скоростью: ИИ может анализировать данные о движении и дорожных условиях, чтобы предупреждать водителя о возможных нару-

шениях скорости или других правил дорожного движения. Также он может помогать в поддержании безопасной скорости в зависимости от обстановки.

Все эти технологии помогают улучшить безопасность на дорогах и снизить число аварий и несчастных случаев. Они также способствуют переходу к более автономным и умным системам управления транспортом, что является важным этапом в развитии современной автомобильной индустрии.

Наиболее известный производитель электрических автомобилей, который интенсивно использует инновационные технологии, включая искусственный интеллект, в своих автомобилях – компания Tesla.

Система безопасности в автомобилях Tesla включает в себя множество технологий и функций, которые помогают предотвращать аварии и защищать пассажиров в несчастных случаях.

Некоторые из ключевых компонентов системы безопасности в Tesla:

Active security management. Tesla оснащает свои автомобили датчиками, такими как радары и камеры, которые непрерывно мониторят окружающую среду. Эта информация используется для активного управления безопасностью, включая системы предупреждения о столкновении и аварийного торможения.

Автопилот и Full Self-Driving (FSD). Функции автопилота и Full Self-Driving позволяют автомобилю Tesla следить за полосой движения, поддерживать безопасное расстояние до других автомобилей, а также выполнять различные маневры с целью предотвращения столкновений.

Passenger warning and protection systems. В случае возникновения потенциально опасной ситуации Tesla активирует звуковые и визуальные предупреждения для водителя. Если столкновение неминуемо, система автоматически активирует аварийные системы торможения и поперечной стабилизации, чтобы уменьшить последствия.

Software updates over the air. Tesla может улучшать системы безопасности и внедрять новые функции через обновления программного обеспечения «по воздуху». Это означает, что владельцы могут получать улучшения систем безопасности без посещения сервисного центра.

Data analysis and feedback. Tesla активно собирает данные о работе своих автомобилей и использовании систем безопасности. Эти данные используются для анализа и обучения систем, что позволяет постоянно улучшать их производительность и эффективность.

Driving support systems. В Tesla также включены функции поддержки вождения, такие как предупреждение о выходе за пределы полосы, контроль слепых зон и системы управления крейсерской скоростью.

Важно отметить, что несмотря на многочисленные функции автоматизации, Tesla всегда подчеркивает, что ответственность за вождение остается на водителе, и он должен быть готов вмешаться в любой момент. Системы безопасности Tesla призваны помогать водителю, но не заменяют его.

Роль искусственного интеллекта в обеспечении безопасности движения на дорогах становится все более значимой. В контексте безопасности движения на дорогах ИИ представляет собой мощный инструмент для снижения рисков и оптимизации систем. Его применение в автономных транспортных средствах, управлении дорожным движением, системах предупреждения и мониторинге водителей значительно улучшает дорожную безопасность. ИИ позволяет анализировать данные, предсказывать возможные опасности и реагировать на них быстро и эффективно. Однако успешное внедрение ИИ в безопасность требует тщательного обучения, тестирования и регулирования.

УДК 355.41

СУЩЕСТВУЮЩИЙ ПОДХОД ВЫБОРА КОНФИГУРАЦИИ ПУТЕЙ ПОДВОЗА И ЭВАКУАЦИИ (ВОЕННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ). ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

С. С. АСЮТИН

Военная академия, г. Минск, Республики Беларусь

Анализ действий войск в годы Великой Отечественной войны, ведения боевых действий в Афганистане, Чеченской Республике, Сирии, Ливии, Нагорном Карабахе, Украине наглядно свидетельствует, что без своевременного и полного удовлетворения потребности войск в разнородных матери-

альных средствах (МатС): вооружении, боеприпасах, продовольствии и др., невозможно успешно вести боевые действия, так как это напрямую влияет на боевые возможности боевых воинских частей (подразделений) [1, 2, 4, 5, 8]. В соответствии с литературой [2–4] подвоз всех видов материальных средств (МатС) в ходе введения войсками боевых действий осуществляется по путям подвоза и эвакуации (военным автомобильным дорогам) (ППЭ и ВАД), конфигурацию которых определяет орган военного управления (ОВУ), исходя из анализа тактико-тыловой (оперативно-тыловой) обстановки с учетом воздействия комплекса различных факторов.

Под конфигурацией ППЭ (ВАД) следует понимать часть транспортной сети ТВД (операционного направления, региона, района и т. д.), выбранную и назначенную для осуществления оперативных и снабженческих перевозок, подготовленную в эксплуатационно-техническом отношении и содержащуюся на каком-либо этапе боевых действий силами и средствами дорожно-комендантских, инженерных и других воинских частей и подразделений.

В свою очередь, рациональной конфигурацией ППЭ (ВАД) может считаться такая конфигурация, которая по своим параметрам в наибольшей степени соответствует потребности войск (сил) с учетом комплекса различных факторов (оперативно-тыловых, физико-географических, природно-климатических, экономико географических условий и т. д.).

Актуальность задачи выбора рациональной конфигурации ППЭ (ВАД) обусловлена рядом важных обстоятельств:

- во-первых, исходя из опыта войн и вооруженных конфликтов основная нагрузка в подвозе МС (до 90 % в войсковом и до 75 % в оперативном звене) [2–4], ложится на автомобильный транспорт;
- во-вторых, одним из главных требований к подвозу МатС является его своевременность, которое может реализовываться, как правило, в результате минимизации расстояния от потенциальных поставщиков до потенциальных потребителей МатС;
- в-третьих, материальное обеспечение, которое реализуется на выбранной конфигурации ППЭ (ВАД), является значительным этапом подготовки войск, в ходе которого необходимо обеспечить скрытность и живучесть воинских формирований в процессе выполнения ими всего комплекса выполняемых задач.

Исходя из вышеизложенного, а также принимая во внимание, что существующий подход к выбору конфигурации ППЭ (ВАД) был определен на основе опыта ВОВ и в значительной степени устарел. Представляется его всесторонний анализ и совершенствование.

Одним из недостатков существующего подхода к выбору конфигурации ППЭ (ВАД) является отсутствие целостного алгоритма действий – методики расчетов с описанием источников получения исходных данных. Способов (логико-математических моделей) их обработки, а также промежуточных и конечных результатов.

В интересах содержательного анализа выбора конфигурации ППЭ (ВАД) был сформирован алгоритм его реализации. Алгоритм представлен в материалах полной статьи. Он включает в себя семь взаимосвязанных аналитических блоков и одного блока проверки и корректировки решения. Окончанием алгоритма является избранная сеть ППЭ (ВАД), включающая, как правило, одну (две) фронтальных ППЭ (ВАД) и не менее одной рокадной ППЭ (ВАД), что в свою очередь исключает вариативность в осуществлении доставки МатС потенциальным поставщикам, так как в ходе принятого решения изменение выбранной конфигурации, как правило, не осуществляется. Также существующий подход предполагает передвижение больших колонн в ходе подвоза МатС, что существенно влияет на выполнение мероприятий живучести.

Таким образом, в результате анализа существующего подхода к выбору конфигурации ППЭ (ВАД) было установлено, что он включает ряд положений (значений, параметров и т.д.), достоверность которых либо не верифицируема (информация о том, каким образом и на основе каких исходных данных они получены, отсутствует), либо спорна (она не подтверждается в процессе верификации). Также в штате мирного времени отсутствуют должностные лица, которые осуществляют комплекс мероприятий представленного алгоритма по выбору конфигурации ППЭ (ВАД), что, в свою очередь, не позволяет применять существующий подход на практике с полной уверенностью в рациональности обоснованных с его помощью решений. Основные направления и способы совершенствования подхода предложены в материалах полной статьи, но их реализация требует проведения целого ряда исследований (в том числе экспериментальных), содержание и результаты которых могут стать предметом отдельного исследования.

Список литературы

- 1 Статус-армс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : /[https:// status-arms.ru/njvjsti/analiz-boevogo-primeneniya-voisk-v-nagornom-karabakh/](https://status-arms.ru/njvjsti/analiz-boevogo-primeneniya-voisk-v-nagornom-karabakh/). – Дата доступа : 01.11.2023.
- 2 Решение задач рационального выбора маршрутов подвоза материальных средств войскам в ходе оборонительных боевых действий (операций) по критерию «гарантированное время прохождения маршрута» // Вестник Военной академии Республики Беларусь. – 2012. – № 3 (36). – С. 30–37.
- 3 Tactical robotics LTD [Электронный ресурс]. – Режим доступа : /www.tactical-robotics.com/category. – Дата доступа : 01.11.2023.
- 4 Военная подготовка офицера запаса дорожных войск : учеб. Ч. III : Тактика подразделений дорожных войск. – М. : Воениздат, 1991.
- 5 Военная подготовка офицера запаса дорожных войск : Ч. IV : Эксплуатация военно-автомобильных дорог : учеб. – М. : Воениздат, 1991.
- 6 Дорожно-комендантская подготовка : учеб. пособие – М. : Воениздат, 1975.
- 7 Тактика подразделений дорожных войск : учеб. – М. : Воениздат, 1993.
- 8 История дорожных войск : учеб. под общ. ред. начальника Центрального автомобильно-дорожного управления Министерства обороны Российской Федерации генерал-лейтенанта Н. И. Гудкова. – М. : Воениздат, 2006.

УДК 624.873:621.791.052

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПОНТОНА СБОРНО-РАЗБОРНОГО НАПЛАВНОГО МОСТА

С. М. БОБРИЦКИЙ, М. В. ЛАТУН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современных условиях наведение наплавных мостов в основном используется для временного и краткосрочного срока эксплуатации (до одного года). Основным предназначением наплавных мостов является наведение их через широкие и глубокие водные преграды. Однако опыт показывает, что в отдельных случаях наплавные мосты могут быть использованы и круглогодично, а также в условиях заболоченной местности. На военно-транспортном факультете в учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» коллективом офицеров и курсантов в интересах органов Пограничной славы осуществляется разработка быстровозводимых сборно-разборных мостов, в том числе наплавных, применение которых возможно, в том числе актуально, при возникновении чрезвычайных ситуаций вызванных стихийными бедствиями.

Рассмотрим порядок выбора сварных соединений для крепления элементов цилиндрического понтона сборно-разборного наплавного моста (рисунок 1).

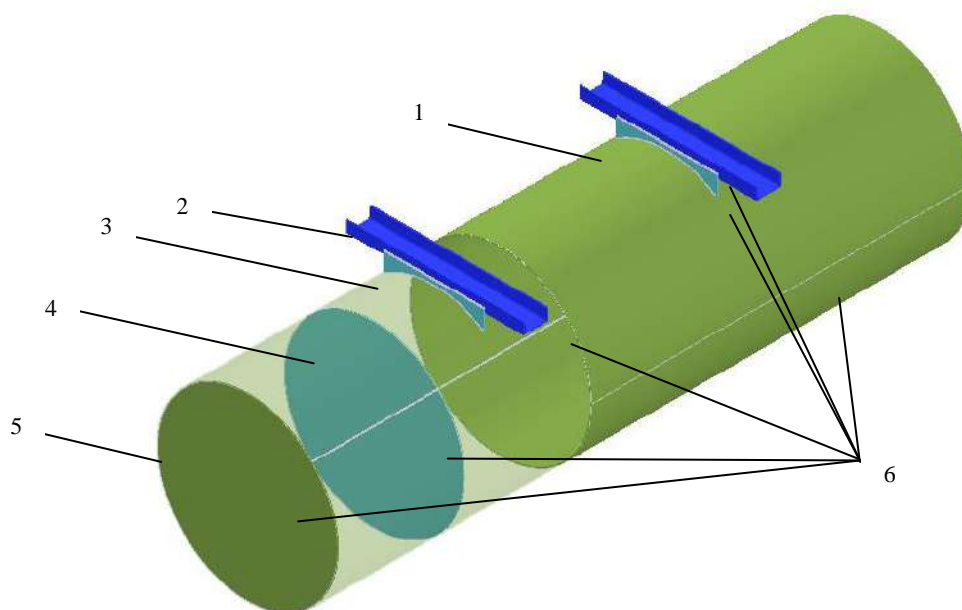


Рисунок 1 – Цилиндрический понтон сборно-разборного наплавного моста

Цилиндрический понтон сборно-разборного наплавного моста состоит из следующих элементов: оболочка понтона в виде трубы 1, выполненной из листовой стали толщиной 5 мм, шириной 1,0 и 1,5 м путем холодной гибки; опорная часть 2, выполненная из швеллера 10П длиной 0,7 м; пластина крепления 3 из листового металла толщиной 5 мм, предназначенная для присоединения опорной части к оболочке понтона; переборки 4 из листовой стали толщиной 3 мм, предназначенные для обеспечения живучести понтона в ходе эксплуатации; торцевые борта 5 понтона из листовой стали толщиной 5 мм; сварные соединения 6 металлических элементов, выполненные из различных типов сварных швов.

Исходя из конструктивных особенностей понтона соединения рассмотренных выше элементов расположены под разными углами в связи с этим типы сварных швов необходимо подбирать правильно с целью обеспечения наибольшей их прочности и долговечности. Кроме того, сварные швы особенно на рабочей поверхности понтона не должны выступать за границы плоскостей. Качество проварки стыкуемых элементов должно быть высоким, так как понтоны будут постоянно подвержены воздействию агрессивной водной среды, вызывающему коррозию металла.

Детально рассматривая конструкцию понтона, можно выделить следующие типы сварных швов:

- соединение листового металла 1 в цилиндрическую оболочку с помощью сплошного стыкового шва при подготовке V-образного скоса кромок;
- соединение переборок 4, а также торцевых бортов 5 к оболочке понтона 1 в виду трудной доступности необходимо выполнять угловыми сварными швами со скосом одной кромки;
- присоединение пластины крепления 3 к оболочке понтона 1 выполняется тавровым швом без скоса кромок;
- присоединение опорной части 2 к 3 осуществляется угловым швом без скоса кромок.

Так как рассматриваемая конструкция понтона (основного элемента сборно-разборного наплавного моста) позиционируются как быстровозводимая, то и основным параметром будет оперативность его изготовления. Основными работами по затратам времени являются сварочные работы. Далее, предлагается определить расчетное время на проведение сварочных работ.

В данной конструкции свариваемые угловые швы являются основным элементом таврового сварного соединения. Так как толщина привариваемых листов тавровых сварных соединений не превышает 12 мм, то сварка выполняется без подготовки кромок. Для выполнения сварного шва рекомендуется использовать механизированную сварку в среде углекислого газа, которая обеспечивает высокую производительность, экономичность и стабильное качество сварки.

Углекислый газ является химически активным газом, поэтому для сварки применяют проволоку марки Св-08Г2С, которая содержит в своем составе элементы – раскислители кремний и марганец.

Основным параметром для выбора режима сварки является диаметр электродной проволоки. Указанный диаметр проволоки выбираем исходя из данных, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость диаметра электродной проволоки для сваривания листового металла [1]

Толщина листа, мм	1–2	3–6	6–24 и более
Диаметр электродной проволоки d_3 , мм	0,8–1,0	1,2–1,6	2,0

Принимаем электродную проволоку диаметром $d_3 = 1,2$ мм.

Расчет сварочного тока

$$I_{св} = \frac{\pi d_3^2 a}{4} \quad (1)$$

где a – плотность тока в электродной проволоке, $a = 110 \dots 130$ А/мм², принимаем $a = 120$ А/мм².

Получаем $I_{св} = 135$ А. При $I_{св} = 135$ А, напряжения на дуге 20 В. Расход защитного газа 9 л/мин.

Скорость подачи проволоки, м/ч,

$$v_{пр} = \frac{4\alpha_p I_{св}}{\pi d_3^2 \rho} \quad (2)$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/А ч, $\alpha_p = 12$; ρ – плотность металла электродной проволоки, г/см³ (для стали $\rho = 7,8$ г/см³).

Тогда получаем $v_{пр} = 184$ м/ч.

Скорость сварки (наплавки), м/ч,

$$v_{св} = \frac{\alpha_H I_{св}}{100 F_B \rho} \quad (3)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/А ч, $\alpha_n = 0,87$; F_b – площадь поперечного сечения одного валика, см². Принимается равным 0,15 см².

Скорость сварки составит $v_{св} = 1$ м/ч.

Таким образом, в тезисах представлены типы сварных швов и требования к ним при изготовлении конструкции понтона сборно-разборного наплавного моста, произведены расчеты по определению затрат времени на 1 м сварного шва. Полученные расчетные результаты помогут в дальнейшем прогнозировать требуемое время на изготовление имущества требуемой длины.

Список литературы

1 Технология электросварочных и газосварочных работ : учеб. для студ. учреждений проф. образования / В. В. Овчинников. – 7-е изд., стер. – М. : Академия, 2016. – 272 с.

2 Декомпозиция напряженного состояния при оценке прочности неразъемных соединений / Т. С. Латун [и др.] // Вестник машиностроения. – 2022. – № 8. – С. 56–59.

3 **Бобрицкий, С. М.** Проектирование конструкций временных сооружений и устройств для строительства и восстановления мостов : учеб. пособие / С. М. Бобрицкий. – 2-е изд. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 215 с.

УДК 656.2:001.895

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Н. Г. ГЕНЧИКОВ, А. Д. ТРУБКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Железнодорожный транспорт является одной из важнейших и наиболее эффективных форм транспорта, обеспечивающей перевозку грузов и пассажиров на большие расстояния. Инновационное развитие железнодорожного транспорта позволяет повысить его эффективность, безопасность и экологическую совместимость.

Инновационное развитие железнодорожного транспорта охватывает различные аспекты, начиная от технологий построения и эксплуатации путей, заканчивая комфортом и безопасностью пассажиров. Одним из существенных направлений инноваций в железнодорожном транспорте является модернизация инфраструктуры и изготовление более современных путей. Внедрение биметаллических путей, волокнисто-бетонных плит и других инновационных материалов позволяет снизить затраты на строительство и обслуживание железнодорожного пути, а также улучшить его грузоподъемность и устойчивость к климатическим условиям.

Другим важным аспектом инновационного развития железнодорожного транспорта является использование современных технологий в эксплуатации поездов. Например, внедрение систем автоматического контроля и управления движением позволяет снизить количество дорожно-транспортных происшествий и повысить эффективность использования железнодорожных путей.

Инновации в железнодорожном транспорте также затрагивают сферу безопасности пассажиров. Развитие систем видеонаблюдения, контроля доступа и определения состояния поездов позволяет предотвращать и быстро реагировать на возможные происшествия.

Примером инновационных разработок в железнодорожной отрасли является появление высокоскоростных поездов. Такие поезда способны развивать скорость более 300 км/ч и обеспечивают быструю и комфортную перевозку пассажиров на длительные расстояния. Одним из ярких образцов высокоскоростного железнодорожного транспорта является японский поезд «Синкансен», который достигает скорости до 320 км/ч.

Еще одним примером инновационного развития железнодорожного транспорта является использование магнитно-подвесных поездов. Такие поезда позволяют развивать высокую скорость и практически не ощущать вибрации при движении. Моделью магнитно-подвесного железнодорожного транспорта является поезд маглев в Китае, который способен развивать скорость более 400 км/ч.

Новейшая разработка в железнодорожной отрасли – это создание гиперпетлейных железных дорог. Такие системы предполагают использование капсул, которые двигаются по петле и способны достигать очень высоких скоростей. Например гиперпетлейный железнодорожный транспорт концепции Hyperloop, предложенный Илоном Маском.

Рассмотрим основные инновации в железнодорожном транспорте:

1 Строительство железнодорожных путей.

Одним из ключевых аспектов инноваций в железнодорожном транспорте является развитие технологий строительства железнодорожных путей. Новые материалы и методы строительства позволяют улучшить грузоподъемность, стабильность и долговечность путей.

Например, использование биметаллических рельсов позволяет уменьшить износ и повысить срок службы путей, так как внутренняя часть рельсов изготовлена из стали, а внешняя – из алюминиевого сплава. Такой подход способствует снижению стоимости эксплуатации и ремонта путей.

Также в последние годы развиваются технологии применения бетонных плит для строительства путей. Они обладают высокой грузоподъемностью, стабильностью и снижают вибрацию при движении поездов, что улучшает комфорт пассажиров.

2 Инфраструктура железнодорожного транспорта.

Инновационное развитие в инфраструктуре железнодорожного транспорта направлено на повышение эффективности использования путей и облегчение движения поездов.

Например, внедрение систем автоматического контроля и управления движением позволяет оптимизировать движение поездов на участках с большой загруженностью и снизить возможность возникновения происшествий. Технологии автоматического определения положения поезда и контроля скорости также способствуют улучшению безопасности и эффективности железнодорожного транспорта.

3 Подвижной состав.

Развитие инноваций в железнодорожном транспорте также охватывает сферу подвижного состава – локомотивов и вагонов. Одним из ключевых направлений инноваций является создание энергоэффективных и экологически чистых технологий.

Например, разработка и использование гибридных локомотивов, работающих на электричестве и дизельном топливе, позволяет снизить выбросы вредных веществ и сократить эксплуатационные расходы. Также в последнее время активно разрабатываются электрические и водородные тепловозы, что способствует переходу к более экологичным формам энергии.

Важной инновацией в подвижном составе является разработка и внедрение высокоскоростных поездов. Они позволяют сократить время перевозки пассажиров и грузов, что является важным фактором для развития экономики и повышения мобильности людей.

4 Системы безопасности.

Внедрение инноваций в системы безопасности является неотъемлемой частью развития железнодорожного транспорта. Развитие современных систем видеонаблюдения, автоматического контроля и определения состояния поездов позволяет предотвращать происшествия и реагировать на них в кратчайшие сроки.

Например, системы контроля доступа позволяют предотвратить несанкционированный доступ на железнодорожную инфраструктуру и уменьшить возможные риски. Системы автоматического определения состояния поезда способствуют выявлению возможных поломок и предупреждают о них заблаговременно.

Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов железнодорожного транспорта является важным фактором для повышения эффективности, безопасности и комфорта перевозок. Модернизация инфраструктуры, использование новых технологий при эксплуатации поездов и обеспечение безопасности пассажиров – все это примеры инноваций в железнодорожной отрасли. Высокоскоростные поезда, магнитно-подвесные системы и гиперпетлейные железные дороги – примеры инноваций, которые уже внедрены или находятся в стадии разработки. Все эти инновации вносят существенный вклад в развитие железнодорожного транспорта и способствуют повышению его эффективности и удобства для пассажиров.

УДК 621.314

ДИАГНОСТИКА МАЛОМОЩНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*И. Л. ГРОМЫКО, Д. В. МИРОШ, И. В. КОТЕЛ, И. Е. МОНАРХОВИЧ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

На сегодняшний день более 50 % трансформаторов системы электроснабжения железнодорожной отрасли страны отработали 25 лет – установленный согласно [1] срок службы. Многие из таких

трансформаторов могут эксплуатироваться еще длительное время, однако в этом случае должны предъявляться повышенные требования к методам диагностики их технического состояния.

Цель исследования – разработка программного обеспечения для определения технического состояния трансформаторов системы электроснабжения.

Было разработано программное обеспечение для мониторинга текущего состояния трансформатора с помощью сверточных нейронных сетей [2]. Аппаратное обеспечение состоит из двух энергометров PZEM-004T-100A, которые считывают данные (напряжение, ток, активная мощность и коэффициент мощности) с первичной и вторичной обмоток трансформатора и передают их на компьютер.

В основе программного обеспечения лежит алгоритм, который с помощью сверточных нейронных сетей сравнивает текущее состояние трансформатора с нормальным. Данные для нормального трансформатора формируются на основе введенных параметров и его Т-образной схемы замещения. В то же время данные для текущего состояния берутся напрямую с энергометров. Далее идет параллельная обработка текущего и нормального состояний.

Из-за различного рода помех определить по отдельным данным нормальное или ненормальное состояние достаточно проблематично, поэтому для минимизации влияния помех лучше всего использовать отношения напряжений, токов, активных мощностей и коэффициентов мощностей, между первичной и вторичной обмотками трансформатора. Используя линейную нормализацию и библиотеку OpenCV, алгоритм преобразует полученные отношения в изображения. Затем происходит наложение изображений нормального и текущего состояний, и анализ с помощью сверточных нейронных сетей. Результат наложения изображений по отношению токов представлен на рисунке 1.

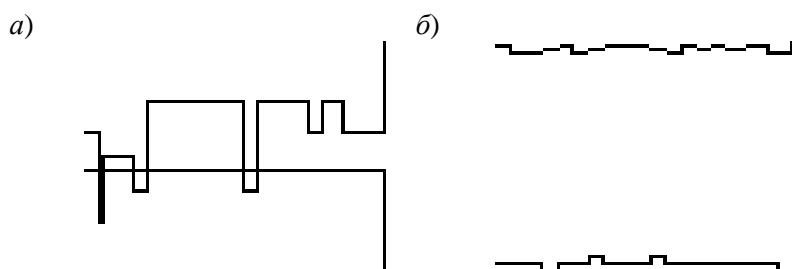


Рисунок 1 – Результат наложения изображений по отношению токов между первичной и вторичной обмотками при нормальном (а) и ненормальном (б) состояниях трансформатора

Если отношения токов, снятые с трансформатора при его текущем состоянии, практически не отличаются от данных, снятых при его нормальном состоянии (см. рисунок 1, а), то можно сделать вывод, что трансформатор находится в нормальном состоянии. В противном случае (см. рисунок 1, б), можно сделать вывод о недопустимом техническом состоянии. Однако этого вывода недостаточно для оценки состояния трансформатора. Поэтому, аналогичные изображения формируются ещё на основании отношений активных мощностей и коэффициентов мощностей. Отношения напряжений не используются, из-за малой информативности.

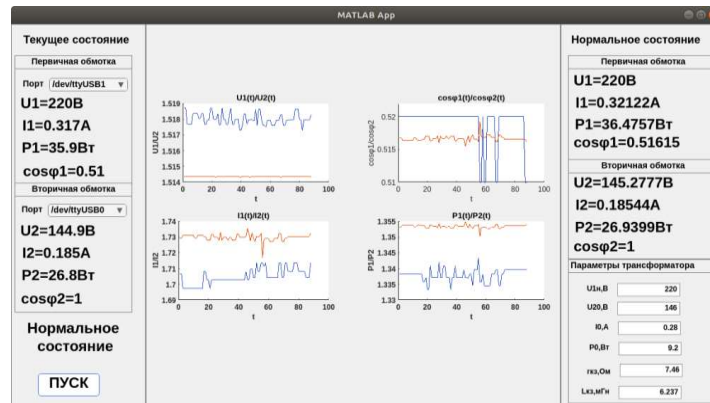
Полученные изображения затем передаются на входы трех сверточных нейронных сетей. Первая нейронная сеть отвечает за мониторинг состояния трансформатора на основании отношений токов, вторая сеть отвечает за отношения активных мощностей, а третья – за отношения коэффициентов мощностей. На выходе нейронные сети выдают только два числа: «0» (нормальное состояние) и «1» (ненормальное состояние). Если первая и вторая (или третья) нейронные сети выдали «1», то алгоритм делает вывод о нормальном состоянии трансформатора. В противном случае – трансформатор неисправен.

Для проверки работы программного обеспечения были произведены эксперименты с трансформатором ТС-280Р. На данном трансформаторе выполнялось и обучение сверточных нейронных сетей. Результаты работы программного обеспечения приведены на рисунке 2.

На четырех диаграммах представлены графики зависимостей отношений от времени процесса проверки. На каждой диаграмме синим цветом отмечен график при нормальном состоянии трансформатора, оранжевым – при ненормальном. Время процесса проверки измеряется в секундах. После ввода па-

раметров трансформатора, указания портов подключения энергометров к компьютеру и нажатия кнопки «ПУСК», программное обеспечение выдает информацию о состоянии трансформатора.

а)



б)

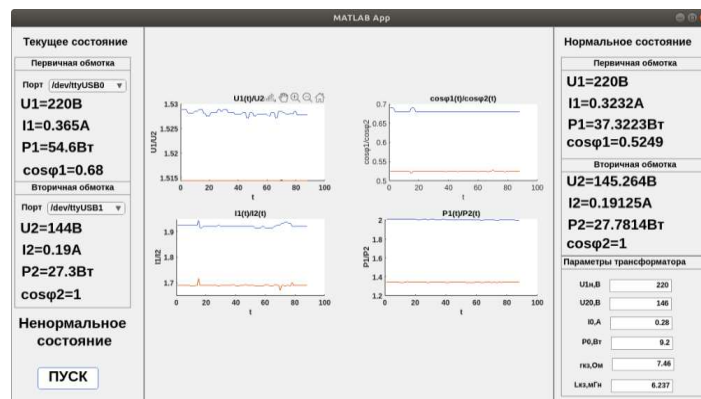


Рисунок 2 – Работа программы при нормальном (а) и ненормальном (б) состояниях

Применение разработанного программного обеспечения в диагностике систем энергоснабжения позволит контролировать состояние трансформаторов в режиме реального времени, не выводя их из работы. Это предоставляет дополнительные возможности в обеспечении низкого уровня безаварийности и соблюдения режимов бесперебойного электроснабжения, что позволит избежать значительных экономических и экологических издержек или реального ущерба для потребителей.

Список литературы

- 1 ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 39 с.
2. Пехота, А. Н. Диагностика трансформаторов с помощью сверточных нейронных сетей / А. Н. Пехота, В. Н. Галушко, И. Л. Громыко // Энергоэффективность. – 2021. – № 2. – С. 30–36.

УДК 623.437

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ КАК ФАКТОРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

П. Г. ДЕМИДОВ, А. В. МАРДАНОВ, Д. В. ЯКУНИН
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Боевые действия в ходе специальной военной операции на Украине побили все рекорды применения беспилотников. Их количество у обеих сторон исчисляется уже тысячами. Дроны не только повышают боевую эффективность артиллерии и ракет, но и сами превращаются в очень важный

вид оружия. Беспилотники стали головной болью для военных как по российскую, так и по украинскую сторону баррикад. Ни один из комплексов противовоздушной обороны, стоящих на вооружении, не создавался под задачу уничтожения малоразмерных дронов. И как бы не были продвинуты комплексы С-350, С-400 и Панцирь, стрелять с них по полчищам дронов, всё равно, что палить из пушки по воробьям. Экономически нецелесообразно, да и ракеты быстро закончатся. В этой связи актуальной становится задача защиты от дронов.

В последнее время в средствах массовой информации появляются эмоциональные рассказы очевидцев проходящей Специальной Военной Операции (далее – СВО), проводящей Российской Федерацией (далее – РФ) на территории Украины, где сложилась непростая обстановка для войск РФ. Вооруженные Силы Украины (далее – ВСУ) массово используют для разведки беспилотные аппараты, которые меняя друг друга, непрерывно висят над позициями Вооруженных Сил РФ (далее ВС РФ) и быстро наводят на обнаруженные цели свою артиллерию.

Сообщалось, что ВСУ получили от западных спонсоров 1500 беспилотников, которые могут быть использованы в качестве ударных, то есть несут боезаряд. Полеты таких дронов зафиксированы не только на линии боевого соприкосновения, но и в Белгородской, Брянской, Курской, Московской областях. Нужны эффективные средства защиты от этой угрозы.

Стоит обратить внимание на такую тенденцию в развитии военных беспилотников – они становятся все более «умными», то есть способны на основе заложенных алгоритмов анализировать информацию и принимать самостоятельно решения. То есть повышается их автономность.

Такие аппараты могут выполнять полет без связи с оператором, а значит, становится малоэффективным такой способ борьбы с дронами, как создание радиопомех для каналов связи, навигации, управления, передачи видео. Этот способ борьбы с дронами получил название «*soft-kill*».

Остается вариант физического уничтожения беспилотников противника – «*Hard-kill*». Для этого могут быть использованы автоматизированные зенитные комплексы малой дальности, например, «Тунгуска», «Шилка» и, конечно же, зенитный ракетно-пушечный комплекс (ЗРПК) "Панцирь". (Вот только стрелять 30-мм снарядами по мелким дронам тоже вариант не рациональный). Они «эффективны, но дороги, недоступны и могут закрыть территорию всего в несколько гектар».

Действительно дальность действия таких комплексов – 20–40 километров, и можно подсчитать, сколько нужно пусковых установок, чтобы гарантированно прикрыть от ударов дронов линию фронта протяженностью 1000–2000 километров.

Немалый интерес вызывает применение в борьбе с беспилотниками аэростаты. Можно использовать их так же, как во время Второй мировой войны. Они затрудняют продвижение к намеченной цели. Беспилотнику придется маневрировать и обходить их, или же столкнуться и не выполнить боевую задачу.

Еще один способ борьбы с беспилотниками, – «ружья с картечью». Но они малоэффективны: «с собой носить не будешь, требуют очень высоких навыков, при этом дальность применения едва достигает 100 метров».

Наиболее перспективным направлением является электромагнитное воздействие на беспилотники, когда мощный направленный электромагнитный импульс сжигает электронные «мозги» дрона. Это направление набирает обороты и скоро мы это будем видеть часто, но только для прифронтового применения.

Все большее применение, в том числе у ВСУ, стали находить «дроны-перехватчики». Однако их распространение сопряжено с рядом проблем: требуется сложное математическое обеспечение, нужны дорогостоящие вычислители на борту, но перспективы у этого направления очень большие.

При этом не стоит сбрасывать со счетов обычные средства физической защиты от беспилотной угрозы – защитные укрытия. При их оборудовании могут быть использованы недорогие и распространенные подсобные материалы, например, рыболовные и иные подобные сети, которые могут защитить людей и технику от свободнопадающих гранат, сбрасываемых с коптеров.

Еще одно средство защиты – бетонные конструкции.

Кроме того, удар среднеразмерного дрона-камикадзе выдерживают металлические сетки. В идеале это «должна быть многослойная конструкция с дистанцией между слоями в 10 и более сантиметров».

На практике хорошо работают и сетки-рабицы, способные при правильном креплении демпфировать удар беспилотника.

Кстати, в соцсетях можно найти немало видео, на котором украинские военные используют металлические сетки для защиты замаскированных танков и боевых машин (рисунок 1).

Беспилотники являются относительно новым средством ведения боевых действий, и правильная тактика (как и средства) защиты от них ещё только на стадии разработки. На данный момент перспективными кажутся аэростаты (см. рисунок 1), совмещающие в себе сразу две функции: первое – радиоэлектронное подавление БПЛА противника за счёт размещения на аэростате специальной аппаратуры, и второе – использование аэростатов как физического препятствия. Как бы там ни было, только время покажет, какая тактика будет иметь успех.



Рисунок 1 – Аэростаты заграждения от БПЛА

Как бы там ни было, только время покажет, какая тактика будет иметь успех.

Список литературы

1 Методы противодействия БпЛА / Арсенал Отечества [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://arsenal-otechestva.ru/article/1601-metody-protivodejstviya-bpla>. – Дата доступа : 01.11.2023.

2 Рогозин подсказал, что может спасти от атак беспилотников / expert.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://expert.ru/2023/04/8/rogozin-podskazal-voyennym-chto-mozhet-spasti-ikh-ot-atak-bespilotnikov/>. – Дата доступа : 01.11.2023.

УДК 621.355

АВТОНОМНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ПЛОЩАДОК ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ТРАНСПОРТЕ

И. С. ДЕМИДОВИЧ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В данной работе рассматривается проблема совершенствования устройств для освещения площадок при производстве аварийно-спасательных, восстановительных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС). Предлагается общий вид таких устройств, отвечающих современным требованиям.

При проведении спасательных работ в условиях плохой видимости и ночью организуется освещение отдельных участков работ, а также магистральных и подъездных путей, по которым будет осуществляться движение людей и техники. Для этого, в первую очередь, устанавливается возможность использования уличных светильников и прожекторов, так как электропитание их осуществляется по наиболее устойчивым кабельным сетям.

Если существующую осветительную сеть использовать невозможно, освещение производится осветительными устройствами, доставляемыми к месту ЧС автомобильным либо железнодорожным транспортом.

Для освещения места работы наиболее удобны источники направленного и заливающего (кругового) света – различного типа прожекторы и лампы с матированным покрытием или с рассеивающим экраном перед источником света соответственно [1].

Как правило, в качестве источников питания применяют дизельные либо бензиновые генераторные установки. Однако генераторы имеют ряд особенностей и недостатков: шумность, достаточно высокая стоимость получаемой электроэнергии, необходимость технического обслуживания двигателя, потребление топлива при работе без нагрузки. Также для целей освещения широко применяются световые вышки АОУ, часто снабженные собственными бензиновыми генераторами.

Для целей освещения площадок целесообразно применять системы освещения, работающие от аккумуляторного источника питания.

Первый вариант такой системы может включать в себя отдельные группы устройств:

1 Источник питания (аккумулятор, оборудованный выключателем нагрузки, а также устройством защиты).

2 Потребители (светильники различной мощности и исполнения).

3 Зарядные устройства (рассчитанные на зарядку от сети 220 В, от бортовой сети автомобиля или от других источников питания).

Второй вариант – выполненная в едином корпусе установка, включающая в себя аккумулятор, мачту и светодиодные источники освещения на ней. Также в отдельном отсеке на корпусе прибора может быть размещено зарядное устройство.

Аккумуляторный источник питания представляет собой корпус, в котором размещена аккумуляторная батарея (АКБ), собранная из отдельных аккумуляторов (ячеек). Ячейки при объединении в батарею могут соединяться последовательно (для увеличения номинального напряжения) и параллельно (для увеличения емкости).

Также в корпусе могут быть размещены выключатель, подающий питание на выходные клеммы, индикатор заряда или вольтметр и устройство контроля и защиты АКБ – BMS-контроллер (BMS – battery monitoring system), в функции которого входит:

- защита от перегрузки по току;
- защита от короткого замыкания;
- защита от перезаряда (превышение максимального напряжения);
- защита от переразряда (падение выходного напряжения ниже минимального);
- балансировка последовательно соединенных ячеек (как правило, при заряде батареи).

Для выполнения этих функций BMS-контроллер измеряет силу тока на выходе АКБ, а также напряжение как всей АКБ, так и отдельных ячеек. Применение такого устройства значительно повышает надежность и безопасность аккумуляторного источника питания.

Аккумуляторные ячейки целесообразно применять литиевые, а именно литий-железо-фосфатные, обладающие рядом преимуществ перед другими.

Литий-железо-фосфатный аккумулятор (LiFePO₄, LFP) – тип электрического аккумулятора, являющийся видом литий-ионного аккумулятора, в котором используется соединение LiFePO₄ в качестве катода. Литий-железо-фосфатные аккумуляторы имеют ряд существенных отличий от классических литий-ионных. Наиболее важные отличия состоят в том, что LiFePO₄ обеспечивает более длительный срок службы, чем другие литий-ионные технологии (количество циклов заряда-разряда до потери 20 % емкости от 1500 до 7000), а также значительно безопаснее, так как при нарушении целостности корпуса не самовоспламеняются, как большинство литий-ионных [2].

Осветительные приборы являются основными потребителями энергии от аккумулятора. Подключаются они к аккумуляторному источнику питания с помощью быстросоединимых разъемов. Светильники изготавливаются с применением сверхярких светодиодов, как наиболее экономичных и современных источников света. Номинальная мощность каждого светодиода может быть от десятых долей ватта до десятков Ватт, однако оправдано использовать их на мощности, несколько ниже номинальной, что повышает долговечность и надежность работы, так как снижается нагрев и деградация светодиодов. Тем не менее светодиоды требуют размещения на радиаторе для отвода от чипов излишнего тепла. В качестве радиатора, как правило, используют алюминиевые корпуса с ребрами для увеличения площади охлаждения. Так как напряжение аккумуляторного источника снижается по мере разряда, в конструкции светильника необходим драйвер, стабилизирующий силу тока в светодиодах. Это решает несколько задач:

- во первых, обеспечивается правильное питание светодиода, что способствует длительному сроку службы;
- во вторых, яркость освещения не изменяется по мере разряда аккумулятора и падении напряжения питания;
- в третьих, обеспечивается экономия энергии, что особенно актуально при питании от аккумулятора [3].

В качестве **зарядного устройства** может использоваться любой блок питания, обеспечивающий зарядку по закону CC-CV (constant current-constant voltage – сначала постоянным током, в конце

постоянным напряжением). Выходное напряжение источника для четырех последовательно-соединенных литий-железо-фосфатных аккумуляторов должно составлять 14,6 В. Сила тока выбирается в зависимости от емкости аккумулятора и желаемого времени заряда. Источником энергии для заряда может быть как переменное напряжение 220 В, так и постоянное напряжение автомобильной бортовой сети или других источников.

Применение различных зарядных устройств обеспечивает универсальность системы, позволяя заряжать ее в зависимости от имеющихся источников.

Описанная система освещения имеет ряд преимуществ перед используемыми в настоящее время. Это бесшумность, экономичность, простота включения.

Список литературы

1 Освещение мест ЧС при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bigcamping.ru/blog/osveschenie-mest-chs-pri-provedenii-avarijno-spasatelnyh-i-drugih-neotlozhnyh-rabot>. – Дата доступа : 07.09.2023.

2 **Демидович, И. С.** Применение аккумуляторных источников питания при строительстве / И. С. Демидович, Ю. А. Коновалов, В. А. Савин // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч., Гомель, 21–22 мая 2020 года / под общ. ред. А. А. Поддубного. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 121–123.

3 **Ноэль, Л.** Охлаждение и регулирование температурных режимов светодиодов / Л. Ноэль // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – Т. 3, № 5. – С. 13–15.

УДК 656.7.08:004.93

СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В АЭРОПОРТАХ

Д. А. ДЕЧЕНКО, Н. В. ТИМОХОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Развитие и применение биометрических технологий – общемировая тенденция. Терракты 11 сентября 2001 года в США послужили толчком к бурному росту исследований в этой области. После введения в действие первых биометрических паспортов были развернуты десятки национальных и международных программ по автоматической идентификации личности.

Одной из первых стала программа США, в рамках которой граждане 27 стран при наличии биометрических документов могли въехать в страну без визы. Кроме того, западные страны (прежде всего ЕС) связывали наличие биометрических документов с возможностью предоставления права на безвизовое посещение Шенгенской зоны.

Преимущества, которые обеспечивает применение биометрии очевидны: обеспечение безопасности пассажиров и функционирования структур аэропортов; свободное перемещение между зоной вылета и другими отделами аэропорта; автоматизация досмотра искореняет очереди; упрощение обслуживания за счет отказа от паспортов и посадочных талонов.

Недостатки. Биометрия действительно повысит пропускную способность аэропортов и избавит их от очередей, но только если программное обеспечение будет работать безупречно. Достаточно одного сбоя, чтобы вышла из строя вся система. Из-за нарушения работы ПО в августе 2016 года компания Delta Air Lines приостановила рейсы по всему миру. По данным Sita Air Transport IT Insights эта проблема беспокоит многих авиаперевозчиков.

Система распознавания лиц для регистрации на рейс:

1 Зона предполётного досмотра.

Аэропорт Амстердам Схипхол совместно с KLM Royal Dutch Airlines с одной стороны Атлантики и аэропорты Бостон Логан и Аруба имени королевы Беатрикс совместно с JetBlue Airways с другой начали эксперименты с процедурой посадки на основании сравнения фотографии пассажира в биометрическом паспорте и его снимка непосредственно у ворот перед выходом к самолёту.

Для этого клиентам KLM нужно отсканировать свои документы у специальных киосков самостоятельной проверки регистрации на рейс, которые расположены уже после зоны предполётного досмотра. Клиенту JetBlue не требуется вообще практически ничего: достаточно введённых при оформлении билета личных данных. Затем – следовать к выходу на посадку и, когда она будет объявлена,

пройти через специальные турникеты с фотокамерами, отправляющими данные для сравнения с исходными паспортными. Информационное решение для американской компании поставляет агентство SITA, а непосредственным сличением реальности с документальными образцами в базе данных занимается Пограничная и таможенная служба США (US Customs and Border Protection, CBP).

2 Пограничный контроль.

Компания Emirates (ЕК) и аэропорт Дубая (DXB) развернули в одном из терминалов систему автоматического пограничного контроля без участия пограничников на базе биометрической информации. Здесь используется распознавание лиц, объединённое с услугой цифрового кошелька ОАЭ: путешественники могут регистрировать и хранить свои биометрические данные несколькими способами. К примеру, загрузив сделанное на мобильный селфи или предварительно оставив свои биометрические параметры в киоске Emirates при регистрации и в залах ожидания. Проект является результатом инициативы «Вместе», запущенной в мае этого года Emirates, таможней Дубая, Генеральным директором по делам беженцев и иностранцев (GDRFA), полицией и администрацией аэропорта Дубая. Целью проекта является улучшение восприятия пассажирами главной воздушной гавани страны.

Распознавание лиц для аэропортов в России.

Одна из российских компаний разработала собственную биометрическую платформу распознавания лиц для аэропортов. Пассажиры, зарегистрированные в системе, смогут проходить ускоренную регистрацию, досмотр и выходить на посадку без предъявления паспортов и билетов. Платформа сократит очереди в аэропорту, сделает путешествие приятнее и безопаснее.

Биометрическая платформа распознавания лиц интегрируется с системами безопасности аэропорта, сервисами бронирования билетов и программами лояльности авиакомпаний. На всем пути движения пассажира платформа может распознать его по лицу, узнать на стойке регистрации, открыть проходы в «чистую» зону, в зал ожидания повышенной комфортности, обеспечить проход через турникеты при выходе на посадку.

Две другие российские компании совместно разработали комплекс автоматического паспортного контроля (АСПК) без участия оператора, который открывает новые возможности для обеспечения бесперебойной автоматической обработки пассажиропотока на пунктах контроля при пересечении границы. АСПК представляет собой электронный шлюз eGates, который специально разработан для автоматического пограничного контроля. Комплекс спроектирован и полностью построен на российском оборудовании.

Технические средства, входящие в состав АСПК, включают в себя всё необходимое для осуществления контрольных функций, а также бесперебойной работы самого комплекса:

- считыватели паспортно-визовых документов, сканирующие документ в трёх диапазонах подсветки, а также обеспечивающие чтение бесконтактной микросхемы паспорта. Оборудование гарантирует совместимость работы с любыми документами в соответствии с рекомендациями Международной организации гражданской авиации (ИКАО) с использованием расширенного контроля доступа EAC (Extended Access Control) и/или базового контроля доступа BAC (Basic Access Control);

- АСПК оборудован информационным табло и экраном-помощником, которые в понятной и исчерпывающей форме сообщают пассажирам дополнительную информацию (информация о рейсе, занятость комплекса, режим работы, направление, информационные видеоролики), а также сопровождают каждый шаг процесса контроля интуитивно понятными подсказками в голосовой, текстовой и графической формах, сводя к минимуму риск ошибок и временные потери;

- систему считывания и распознавания посадочных талонов, выполняющую проверку в полном соответствии с требованиями Международной ассоциации воздушного движения (ИАТА) по обработке современных посадочных талонов с двумерными штрихкодами (BCBP);

- модуль регистрации биометрических параметров используется для снятия и верификации биометрических данных: отпечатки пальцев и изображение лица. Модуль включает видеокamеры высокого разрешения, считыватели отпечатков пальцев и осветители. В состав также входит сенсорный экран для отображения подсказок пассажиру, визуального сопровождения процесса и ввода дополнительной информации;

- автоматизированные входные и выходные двери и соответствующие им стойки для ограничения перемещения пассажира при прохождении паспортного контроля. АСПК оборудован датчиками и детекторами присутствия, которые дают возможность различать человека и предметы багажа.

С 2015 года началась масштабная опытная эксплуатация системы выпуска и учёта биометрических паспортов граждан Лаосской Народно-Демократической Республики в рамках крупнейшего инновационного российского проекта «Система выпуска и обращения биометрических заграничных паспортов граждан ЛНДР».

В рамках этого проекта в международном столичном аэропорту «Ваттай» в составе системы паспортного контроля были установлены два АСПК на вылете и прилёте.

В конце 2017 года стартовал проект по внедрению АСПК в Киргизии. 28 декабря был дан старт началу функционирования системы «электронные ворота» в аэропорту «Манас». Уже сегодня системой могут воспользоваться все граждане Киргизии, прибывающие в страну и имеющие идентификационную карту – биометрический паспорт гражданина республики образца 2017 года.

Летом 2018 года в крупнейшем российском Международном аэропорту «Шереметьево» стартовал проект испытаний опытного образца автоматической системы пограничного контроля, который разработан с учётом требований пограничной службы ФСБ России.

УДК 656.13; 656.051

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВНЕДРЯЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ДТП В ПОПУТНОМ ТРАНСПОРТНОМ ПОТОКЕ: ПОДХОДЫ И АВТОМАТИЗАЦИЯ

Д. В. КАПСКИЙ

*Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск
Научно-исследовательский политехнический институт БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

Д. П. ХОДОСКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Оценка качества дорожного движения в целом и отдельных мероприятий в частности является одним из основных вопросов в данной сфере деятельности. Совокупное качество дорожного движения определяется такими основными категориями как экономичность, экологичность, аварийность. Качество каждого из этих свойств определяется по своим отдельным критериям, зачастую не повторяющимися, количество которых велико. Кроме того, они применяются в различных отраслях деятельности человека: дорожной, медицинской, экологии и др. Сопоставить эти критерии даже между собой не представляется возможным, т.к. некоторые из них не носят абсолютного выражения. Таким образом, для оценки указанных категорий применялись различные показатели [1]: аварийности: абсолютные, относительные, удельные и сравнительные. Также применяется коэффициент тяжести; экологичности: приведенный объем выбросов вредных веществ в атмосферу и уровень эквивалентного транспортного шума. Кроме того, применяются удельный объем выбросов, произведенный транспортным потоком и объем выбросов, приведенный к потребителю; экономичности: удельная задержка, удельная остановка или суммарное значение в целом для транспортного потока этих показателей. Кроме того, применяются перепроход пешеходов, перепробег транспорта, перерасход топлива и др.; в качестве комплексного критерия применяются: уровень обслуживания [2], уровень удобства движения [3].

На взгляд авторов, наиболее подходящим и решающим ряд указанных выше сложностей является критерий – «потери в дорожном движении», предложенный Ю. А. Врубелем (БНТУ, г. Минск). Под потерями понимается социально-экономическая стоимость невынужденных издержек процесса движения. Поскольку оценка качества производится в денежном выражении, то можно сопоставлять между собой не только качество отдельных свойств дорожного движения, но и затраты на его достижение. Это обстоятельство делает сопоставление очень наглядным и позволяет легко и быстро оптимизировать – по критерию минимизации потерь, принимаемые решения по организации дорожного движения. Предложенный критерий постепенно внедряется в практику организации дорожного движения. Разработаны методики расчета экономических и экологических потерь для большинства типовых объектов и базовые (предварительные) методики расчета аварийных потерь для отдельных типовых объектов. Кроме того, в Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь потери при-

знаны основным оценочным критерием качества дорожного движения и указано на необходимость совершенствования методик расчета потерь [4].

Зная прогнозируемое число приведенных ДТП (определяется с помощью уравнения регрессии аварийности по потенциальной опасности, определенной посредством метода конфликтных зон), распределение их по тяжести последствий (указано в работе [5]) и полную расчетную стоимость ДТП каждой тяжести последствий (определяется через ВВП), можно определить прогнозируемые аварийные потери. Зная долю распределения ДТП по полосам на входе с определенным их количеством (определено в [5]), можно спрогнозировать приведенное число ДТП в каждой конфликтной зоне на полосе. Как показали выполненные исследования, управление транспортным потоком при подъезде к перекрестку при смене разрешающего сигнала светофора предопределяет работу с двумя группами автомобилей. Первая группа – это автомобили, проезжающие перекресток, а вторая – совершающие остановку перед стоп-линией. Поэтому суть предложений заключается в обеспечении безопасных условий проезда для автомобилей, входящих в каждую из групп. Таким образом, основным регулирующим параметром для автомобилей первой группы является продолжительность переходного интервала, а для второй – время оповещения водителей о смене разрешающего сигнала светофора.

Именно за счет увеличения продолжительности переходного интервала водителям предоставляется достаточно времени для бесконфликтного проезда перекрестка или, более точная предложенная формулировка, до наиболее удаленной конфликтной точки (основным параметром в этом случае является $V_{кфт}$ – расстояние до наиболее удаленной конфликтной точки). Однако наряду с указанным мероприятием также с помощью разметки на проезжей части для водителей должна быть указана зона, попав в которую водитель имеет безопасную возможность проехать перекресток (данная зона и характеризуется расстоянием S_{max} – максимальное расстояние до стоп-линии, при котором автомобиль может проехать перекресток в течение действия переходного интервала). Исходя из принципов существующей в нашей стране системы дорожной разметки в качестве таковой для выделения указанной выше зоны может применяться разметка 1.1 наносимая слева на полосе (желтого цвета). Последнее мероприятие ориентированно в том числе на неместных водителей. В отличие от других параметров светофорного цикла величина переходного интервала должна быть не меньше и не больше требуемой, поэтому предлагается для оценки ее достаточности использовать графический метод комплексного алгоритма [5].

Таким образом, с помощью предложенной разметки достаточно удобно регулировать начало конфликтной зоны, и тем самым указывать ее расположение для водителей, которые будут своевременно принимать соответствующие решения. Применение этой разметки также возможно для выполнения указанного назначения и в условиях использования беспилотных автомобилей. Основным параметром, влияющим на время оповещения о смене сигнала светофора, является фактическое расстояние видимости ТСОДД (S_B), причем модуль алгоритма позволяет проанализировать достаточность значения $t_{оп}$, сравнив значения расстояний S_B и S_{minc} при различных значениях скоростей автомобилей. Тогда достаточность существующего времени оповещения будет иметь место при $S_B > S_{minc}$ (минимальное расстояние до полной остановки у стоп-линии при использовании служебного значения замедления), а не достаточность – при $S_B < S_{minc}$.

Разработан и апробирован комплекс мероприятий по увеличению времени оповещения о смене разрешающего сигнала светофора: установка светофоров на консольной опоре (Г-образной) (при отсутствии островков безопасности) с вертикальным расположением сигналов приводит к снижению числа ДТП на 30 %, а с горизонтальным – на 26,7 %, при оборудовании светофоров индикаторами достигается сокращение числа ДТП на 21,7 %. При оборудовании перекрестков, имеющих входы с полосами, на которых динамический коэффициент более 1,2, светофорами над проезжей частью сокращение числа ДТП составило 19 %. Установлено, что вынос светофора над проезжей частью (при отсутствии островков безопасности) приводит к увеличению расстояния видимости на 20–40 % и, соответственно, к увеличению времени оповещения примерно на 35–50 %. Применение указанных мероприятий на различных перекрестках позволило снизить аварийность до 30 % и повысить пропускную способность до 10 % [5]. Для практической реализации метода конфликтных зон необходимо продолжать создание частных моделей прогнозирования аварийности в данном виде конфликта, на данном типовом объекте в данном режиме работы объекта, которые учитывали бы типовые особенности конфликта, объекта и режима его работы.

Список литературы

- 1 Капский, Д. В. Методология повышения качества дорожного движения / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2018. – 372 с.
- 2 Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 424 с.
- 3 Сильянов, В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М. : Транспорт, 1977. – 303 с.
- 4 Об утверждении Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 июня 2006 г., № 757 (в ред. постановлений Совета Министров от 18.10.2012 № 947, от 17.08.2016 № 642, от 22.05.2023 № 329)// Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2023. – № 5/51704.
- 5 Ходоскин, Д. П. Снижение аварийности на подходах к регулируемым перекресткам путем управления движением попутных транспортных средств : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Д. П. Ходоскин. – Минск, 2023. – 163 с.

УДК 355.69-049.5

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВОИНСКИХ ПЕРЕВОЗОК

С. В. КИРИК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В современных локальных военных конфликтах XXI века активно используются средства разведки, а также различные системы сбора, обработки и распределения разведывательной информации с целью обнаружения сосредоточения воинских частей и подразделений, а также пунктов управления для дальнейшего уничтожения.

Успех любой военной операции зависит от скрытого управления и маневра войск с дальнейшим сосредоточением на выгодных рубежах. Внезапность можно достичь только благодаря скрытому перемещению и тщательной маскировке вооружения и военной техники (далее – ВВТ).

На сегодняшний день при перевозке железнодорожным транспортом техника, установленная на железнодорожном подвижном составе, маскируется брезентами или табельными маскировочными комплектами, закрепленными на каркасах, искажающих размеры и внешний вид техники. Данные устройства имеют ряд недостатков:

- они не позволяют скрыть ВВТ от современных технических средств разведки;
- в пути следования требуют постоянного контроля за состоянием маскировочных конструкций и своевременное устранение обнаруженных недостатков.

Возникла необходимость разработать новые образцы комплектов маскировки, которые будут соответствовать современным тенденциями развития способов ведения боевых действий [1].

В связи с этим требуются рассмотреть вопросы по рассмотрению новых современных средств маскировки.

Вооруженными Силами России разработан современный маскировочный комплект «Накидка» для маскировки современных образцов ВВТ и модульных пунктов управления, которая предназначена для снижения демаскирующих признаков в оптическом, инфракрасных и радио-локационных диапазонах длин волн на основе многослойного радиопоглощающего материала, который в виде секций навешивается на ВВТ [2].

Маскировочный комплект включает чехол, выполненный с возможностью закрепления на внешней поверхности ВВТ с учетом максимального закрытия наружных поверхностей, подлежащих маскировке, удобства эксплуатации и технического обслуживания и состоящий из разных типоразмеров секций, выполненных из слоистого защитного материала, который является поглотителем электромагнитного излучения включающего, по меньшей мере, два внутренних слоя из смеси диэлектрических и электропроводящих углеродных волокон, механически скрепленных между собой иглопрокалыванием, в которой в качестве электропроводящих волокон используется углеродное волокно с удельным объемным электрическим сопротивлением от $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $1,0$ Ом·см, а отклонение от среднего значения содержания углеродного волокна в 1 г смеси не превышает 5 %, поглотитель дополнительно содержит два внешних слоя герметизирующих материалов. Секции

выполнены с возможностью соединения при помощи крепежных элементов, например, люверсов, и ответных им скоб, закрепленных на корпусе машины [3].

В местах нахождения окон и колес секции чехла выполнены с возможностью сворачивания в рулон и закрепления комплекта на машину в ходе совершения марша. В секциях чехла, нижние края которых расположены на расстояние менее одного метра от земли, предусмотрены неметаллические дренажные сетки. В местах соединения соседних секций, в которых не предусмотрено их крепление к корпусу машины, на одной из секций в этих местах установлены скобы, а на другой секции люверсы.

Наличие наружных слоев из водонепроницаемого материала обеспечивает многократное нанесение на поверхность секций чехла специальных деформирующих, камуфляжных и теплорассеивающих покрытий без ухудшения основных радио- и теплофизических параметров секций.

Результаты испытаний показали, что вероятность обнаружения ВВТ в инфракрасном диапазоне дневными и ночными приборами и прицелами, тепловизионными системами и головками самонаведения (далее – ГСН) снижается на 30 %.

В тепловом диапазоне вероятность обнаружения и захвата ВВТ инфракрасными ГСН снижается 2–3 раза, а также в радиотепловом диапазоне температура ВВТ, с маскировкой фона практически совпадают. В радиолокационном диапазоне вероятность и дальность обнаружения оснащенного «Накидкой» ВВТ снизится в шесть и более раз [4].

Таким образом, при перевозке войск железнодорожным транспортом с такими маскировочными комплектами позволит скрыть ВВТ не только от визуального наблюдения, но и от современных средств разведки.

Список литературы

1 **Ефимов, В. А.** Маскировка. Ч. I. Основы и техника маскировки : учеб. / В. А. Ефимов, В. Е. Кольчевский, С. Г. Чермащенко. – М. : ВИА, 1971. – С. 221–254, 273.

2 Сложный защитный материал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://yandex.ru/patents/doc/RU2474628C2_20130210. – Дата доступа : 10.09.2023.

3 Маскировочная сеть [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://yandex.ru/patents/doc/RU2546470C1_20150410. – Дата доступа : 10.09.2023.

4 «Накидка» Комплекты защиты для российских танков [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.bnti.ru/des.2&tbl=04.03.04.02.01>. – Дата доступа : 10.9.2023.

УДК 625.8

ИСТОРИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Д. Д. КОВАЛЬЧУК

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Транспорт играет важнейшую роль в развитии общества и экономики. В течение многих столетий люди разрабатывали различные методы и средства передвижения, чтобы преодолевать расстояния и обеспечивать доступ к различным ресурсам. Однако развитие транспорта невозможно без соответствующего транспортного образования, которое включает обучение и подготовку профессионалов в области транспорта. История развития отдельных видов транспорта и единой транспортной системы уходит в далекие времена и тесно связана с научными достижениями.

Древние способы транспорта.

Первые формы транспорта, используемые людьми, были связаны с пешими переходами и использованием животных. В древности люди использовали собак, верблюдов и лошадей в качестве средств передвижения.

Изобретение колеса – величайшее достижение в области механики за всю многовековую историю человечества. Считается, что появилось это древнейшее устройство в бронзовом веке. Согласно археологическим исследованиям, первые древние колеса относятся к периоду 3500–1000 до н. э. и найдены в местах, где был довольно высокий уровень цивилизации, где люди были знакомы с металлом, освоили выплавку из него различных металлических изделий. Так, в Месопотамии обра-

ботка металла достигла высочайшего уровня развития и дала толчок к появлению первых колесных повозок. Создание первых двух- и четырехколесных повозок относят к 3500 году до н. э., они были найдены в Месопотамии на месте, где был древний город Киш.

Однако с развитием наук и технологий, люди начали искать новые способы транспортировки и перевозки грузов. В древнем Египте были разработаны первые водные транспортные средства, такие как парусные лодки и лодки с гребным движителем. Это позволило людям перемещаться по рекам и океанам, открывая новые торговые пути и расширяя территорию, доступную для изучения и освоения.

Индустриальная революция и развитие транспорта.

Однако настоящий прорыв в развитии транспортных средств произошел с началом индустриальной революции в XVIII веке. Вместе с внедрением паровой энергии возникла необходимость в эффективной транспортной системе для перемещения товаров и людей. Именно в это время начали разрабатываться первые паровые двигатели для использования в транспорте.

Первый в мире паровой двигатель был изобретен британским инженером Томасом Ньюкоменом в 1712 году. Это изобретение стало революцией в промышленности и транспорте, так как позволило использовать паровую энергию для привода механизмов. Однако наиболее известным и признанным изобретателем парового двигателя является шотландский инженер Джеймс Уайт. В 1765 году он создал усовершенствованный паровой двигатель, который использовался для привода механизмов в текстильной промышленности. Это изобретение стало основой для создания современных паровых двигателей.

Сначала паровые двигатели использовались на железных дорогах, что позволило значительно увеличить скорость и грузоподъемность поездов. Вскоре после этого были созданы первые пароходы, которые смогли преодолеть океанские пространства, сократив время путешествия на многие месяцы.

Развитие автомобильного транспорта и авиации.

В начале XX века автомобильный транспорт стал широко распространенным благодаря изобретению двигателя внутреннего сгорания. Первый коммерчески успешный двигатель внутреннего сгорания был создан Этьеном Ленуаром около 1860 года, а первый современный двигатель внутреннего сгорания был создан в 1876 году Николаем Отто. Это стало началом массового производства автомобилей и создания сети дорог для их передвижения. Автомобили стали неотъемлемой частью повседневной жизни людей, обеспечивая им свободу перемещения и возможность доставки товаров.

Современные тенденции в транспорте и транспортном образовании.

С появлением компьютеров и развитием информационных технологий транспортный сектор претерпел ряд значительных изменений. Внедрение автоматических систем управления транспортом и навигационных технологий позволило улучшить безопасность и эффективность транспортных средств.

Также значительное влияние на развитие транспорта и транспортного образования оказывает стремительное развитие альтернативных видов транспорта, таких как электрические и гибридные автомобили, городская электрическая мобильность и смарт-города. К примеру, уже давно используются поезда на магнитной подушке. Рекорд скорости принадлежит японскому поезду серии L0 на магнитной подушке, который на линии JR-Maglev 21 апреля 2015 года развил скорость до 603 км/ч. Электромобили сегодня не менее востребованы. Это связано с тем, что электрические моторы не выделяют вредных выхлопных газов, благодаря чему они не только являются экологически чистыми, но и не нуждаются в системе отвода выхлопа, что еще больше упрощает конструкцию автомобиля, делая его легче и практичнее.

Важно, чтобы органы власти и образовательные учреждения адаптировались к изменениям в сфере транспорта и обеспечили соответствующие программы обучения и квалификации для специалистов этой отрасли.

История транспорта и транспортного образования свидетельствует о постоянном стремлении людей к усовершенствованию и эффективности средств передвижения. От древних способов транспорта до современных технологий и инноваций, транспортный сектор продолжает развиваться и

играть важную роль в развитии общества и экономики. Разработка и обучение профессионалов в области транспорта являются важными компонентами успеха этой отрасли и должны быть постоянно совершенствованы, чтобы соответствовать требованиям современного мира. История транспорта вряд ли интересует обычного человека. Вещи, с которыми мы встречаемся каждый день и без которых практически не представляем своей жизни, уже не привлекают внимания. Но на самом деле транспорт имеет огромную историю становления и развития. В данной работе мы видим, что каждый вид транспорта прошел путь от простейшего и чаще всего малоэффективного вида до самого современного и эффективного. Взять хотя бы новейшие автомобили – те технологии, которые применяются в них, не могли даже представиться его изобретателям. Вся эта «эволюция транспорта с древнейших времен до наших дней происходила по одной лишь причине – упрощение жизни человека. Транспорт навсегда изменил человека, дал новые возможности. Он позволил создать современное общество с процветающей экономикой. Поэтому нельзя останавливаться на достигнутых результатах, необходимо совершенствоваться. Транспортные системы должны содержаться так, чтобы способствовать глобальной торговле, обслуживать городскую инфраструктуру и удовлетворять нужды людей. Транспорт – это не только бетон, асфальт и сталь, но еще и люди, и нужна уверенность, что никто не будет забыт. Транспорт должен продолжать создаваться и развиваться с тем, чтобы сделать наши поселения более пригодными для жизни, предоставить людям больший выбор и мобильность, и помочь создать поистине глобальное сообщество.

УДК 629.1

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ С АВТОПИЛОТОМ

Е. С. ЛЕОНЧИК, В. А. ПОПОВ, И. С. ДЕМИДОВИЧ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Активные современные технологии быстро развиваются, становясь все лучше и лучше, но как известно, совершенству нет предела. Даже у самых продуманных систем могут быть недостатки, которые заставляют задуматься: а так ли эта разработка полезна, как о ней говорят?

Многие автопроизводители и технологические компании наперебой заявляют о том, что автопилот делает вождение более безопасным, но такие заявления на самом деле не более чем маркетинговый ход. Конечно, у подобных систем много достоинств, но можно ли полностью доверить управление автомобилем роботу?

В министерстве транспорта США отмечают, что водители обычно используют автопилот, когда едут по шоссе, а там движение, как правило, в два раза безопаснее, чем на городских улицах. Возможно, при включенной системе автоуправления происходит меньше ДТП просто потому, что она используется на более спокойных участках. К сожалению, ни Tesla, ни другие автопроизводители не предоставляют данных, по которым можно было бы определить, одинаково ли хорошо автопилот обеспечивает безопасность на любых дорогах.

В 2017 году General Motors представила свою систему помощи водителю Super Cruise. Впервые она была установлена в седане Cadillac CT6. Система определяет местоположение автомобиля с помощью GPS и бортовых камер, а также сканирует окружение, что позволяет ей контролировать скорость. Несмотря на то, что можно передать управление автомобилем роботу-помощнику, вздремнуть за рулем не получится: специальные датчики следят за состоянием водителя. Не стоит забывать о том, что в случае непредвиденной ситуации придется взять управление в свои руки. Еще одним конкурентом автопилота Tesla стал Blue Cruise от Ford Motor. Эта система сочетает в себе интеллектуальный адаптивный круиз-контроль с функцией центрирования полосы движения и распознавания знаков скорости.

Автопроизводители соревнуются между собой, добавляя в автомобили все больше технологических новинок и утверждая, что они самые надежные. Однако судя по статистике, в некоторых странах количество смертельных случаев на дорогах в последние годы растет. Например, в США в 2021 г. оно достигло своего максимума за 16 лет. В России наблюдалось снижение количества ДТП с жертвами на 7,2 % (за первые 5 месяцев 2021 г.) [1].

Профессор машиностроения и содиректор Центра исследований Стэнфордского университета Дж. Кристиан Гердес скептически относится к заверениям автопроизводителей по поводу безопасности. По его словам, слишком мало данных, которые позволили бы с уверенностью говорить о том, что системы-помощники действительно соответствуют ожиданиям. В Мичиганском университете при участии компании General Motors проведено исследование, целью которого было изучить преимущества Super Cruise и его влияние на безопасность. В итоге выяснилось, что данных, по которым можно было бы определить, снижает ли система количество аварий, недостаточно.

В 2021 г. администрация безопасности дорожного движения США обязала компании сообщать о серьезных авариях, произошедших при включенных системах помощи водителю, в течение дня после получения информации о них. В приказе говорилось, что будут обнародованы соответствующие отчеты, но этого так и не было сделано. Агентство по безопасности отказалось от комментариев по поводу того, какую именно информацию удалось собрать. Известно, что в Tesla не ответили на запросы данных по авариям. General Motors заявили, что сообщили о двух ДТП, при которых была использована система Super Cruise. От Ford никаких комментариев не было получено.

Такого рода данные вряд ли позволяют полностью оценить ситуацию, но они могут заставить водителей внимательнее изучать используемые системы. Брайант Уокер Смит, профессор из университета Южной Каролины, специалист по новым транспортным технологиям, подчеркнул, что для решения проблемы сначала нужно получить больше достоверной информации, которая сможет послужить основой расследования.

Несмотря на свои возможности ни одна из систем автоуправления не заменяет водителя. Находясь за рулем, нужно быть бдительным и готовым в любой момент взять управление в свои руки. Об этом предупреждают и автопроизводители, но по мнению экспертов, многие водители воспринимают подобные замечания несерьезно. Системы позволяют человеку за рулем не совершать активных действий, в результате он может слишком расслабиться и вообще перестанет следить за дорогой. Если в этот момент в автопилоте произойдет сбой или он не справится с ситуацией самостоятельно, водитель не сможет вовремя среагировать и взять управление на себя [2].

Специалисты по безопасности отмечают, что следует задуматься и о правильной рекламе инновационных помощников. Илон Маск в течение многих лет заявлял, что автомобили его компании стоят на грани полной автономии и могут управлять собой в любой ситуации. Само название системы – Autopilot – тоже говорит о полной автоматизации, которой на самом деле нет. Такие функции как автоматическое экстренное торможение и предупреждение о выходе из полосы движения были доступны и ранее. Они давно зарекомендовали себя на рынке и способны обеспечить безопасность водителей, замедляя или тормозя автомобиль в зависимости от ситуации. Что касается новейших систем управления, то они пока не настолько изучены и проверены, чтобы автопроизводители могли называть их стандартом безопасности.

Проблемы, связанные с безопасностью автопилотов, еще не решены, а уже разработана технология полностью автоматизированных систем вождения. Эта новейшая разработка, цель которой – полностью отказаться от водителей. Пока проводятся тесты на ограниченном количестве транспортных средств. В 2021 году беспилотные автомобили Cruise и Waymo получили разрешение на коммерческую эксплуатацию в пригороде Феникса, планируется, что они будут использоваться и в таких городах, как Сан-Франциско и Майами.

Беспилотный транспорт тестируется на специальных полигонах. На полигонах автомобили тестируют прежде всего на взаимодействие с дорожной инфраструктурой и с пешеходами на зебрах. На таких испытаниях выясняются печальные подробности: автопилот Tesla удалось обмануть с помощью дешевого проектора.

Испытатели проецировали различные двумерные изображения, а система воспринимала их как реальные объекты.

Если авто проходит этот этап, начинается следующий – в реальных условиях на шоссе. Во время таких испытаний в салоне находится пилот-испытатель, чтобы перехватить управление, если искусственный интеллект не справляется.

На дорогах Москвы беспилотники появились в июне 2019 года. Машины курсируют по специальным зонам для тестирования. Перед выходом на дорогу общего пользования Москвы первый беспилотник прошел сертификацию на полигоне НАМИ.

Несмотря на все усилия ГАИ, только на дорогах Беларуси каждый год в автомобильных авариях гибнет около 500 человек. Причина трагических аварий – это практически всегда человеческий фактор. Нарушение скоростного режима, авантюризм, управление транспортным средством в неподобающем состоянии – сколько раз каждому из нас приходилось видеть тяжелый автомобиль, который на огромной скорости несется по скользкой дороге мимо пешеходов или прямо на них? Положение усугубляется социальными факторами. Например, недостаточно суровое наказание за превышение скорости в РФ. Как следствие этого факта, аварийность на российских дорогах в 1,5 раза выше, чем на автодорогах Беларуси – Россия занимает первое место в Европе по тяжким ДТП.

Какой бы современной и надежной ни казалась система управления транспортным средством, она не может повлиять на неправильные или несвоевременные решения водителей во время движения. Ответственность за опасные и не соответствующие правилам маневры всегда будет лежать на человеке, а не на роботе. Будем надеяться, что автопроизводители и разработчики не станут об этом забывать [3].

Список литературы

- 1 Насколько безопасен автопилот в автомобилях. UDP Automotive : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://dzen.ru/a/Yx9FRwmfck_LcUla?share_to=link. – Дата доступа : 09.09.2023.
- 2 Беспилотный автомобиль Apple попал в аварию рядом с офисом компании. iPhones.ru: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.iphones.ru/iNotes/bespilotnye-avtomobili-apple-popali-v-dve-avarii-za-posledniy-mesyac-09-02-2021>. – Дата доступа : 08.09.2023.
- 3 Транспорт: VC.ru/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vc.ru/transport/>. – Дата доступа : 10.09.2023.
- 4 **Боднер, В. А.** Теория автоматического управления полётом / В. А. Боднер. – М., 1964.

УДК 625.8

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

В. А. ЛОСЬ, Ю. А. ЕРОФЕЕВ, И. С. ДЕМИДОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Каждый день в Республике Беларусь на тех или иных участках автомобильных дорог происходят сотни дорожно-транспортных происшествий. Причиной этому может являться не только вина водителя транспортного средства или невнимательность пешехода при переходе им дорогу в не положенном месте, но и ряд других факторов, одним из которых является неудовлетворительность дорожных условий.

Около 20 % случаев связано с дорожными условиями. Основными недостатками дорог, которые могут являться причиной дорожно-транспортных происшествий являются: дефектность и повышенная скользкость покрытия; недостаточная видимость и освещённость дороги; также возможное отсутствие тротуаров и пешеходных дорожек в населённых пунктах, отсутствие необходимых дорожных знаков, ограждений и др.

Мы рассмотрим причины появления дефектов на автомобильных дорогах и возможные решения проблем для уменьшения риска возникновения ДТП из-за неудовлетворительных дорожных условий.

На наш взгляд, самым важным недостатком дорог, который необходимо рассмотреть в первую очередь, является именно дефектность дорожного покрытия. Основными дефектами дорожного покрытия являются: трещины, выбоины и ямы; колея.

Трещины – нарушение целостности покрытия. Чаще всего это нарушение приходится на асфальтобетонное покрытие (рисунок 1).

Причин образования трещин может быть несколько, например: из-за резких перепадов температуры; из-за действия больших нагрузок в течение длительного времени, что может показывать на недостаточную прочность дорожного покрытия и земляного полотна на участке дороги; из-за неравномерного уплотнения слоёв дорожного покрытия.

Когда транспортные средства колёсами проезжают по трещинам, частички покрытия начинают крошиться и в итоге, если своевременно не устранить трещины, образуются выбоины.

Выбоины – нарушение целостности покрытия с небольшими углублениями (рисунок 2). Это могут быть просадки, проломы и крупные трещины.

Причиной образования выбоин и ям являются сдвиги, наплывы и другие деформации дорожного покрытия. Возникают они в основном при строительстве автомобильной дороги, когда были не соблюдены технические требования к асфальтированию проезжей части. Проезжая через такую неровность, транспортные средства совершают резкие удары на покрытие и такие частые удары приведут к ослаблению структуры дорожного покрытия, что говорит о появлении трещин, мелких выбоин, а за тем выбоин больших размеров. Ямы и выбоины необходимо заделывать на раннем сроке их образования, чтобы избежать увеличения их в размерах.



Рисунок 1 – Трещины в дорожном покрытии



Рисунок 2 – Выбоины в дорожном покрытии

Колея – углубление на покрытии автомобильной дороги после многократного проезда колёс транспортного средства по одной и той же оси (рисунок 3). Причин образования колеи много. Одну из важных причин уже назвали выше. Вторая причина – недостаточно уплотнённый верхний слой покрытия.

Следующий важный недостаток дорожного покрытия является повышенная скользкость. Связано это с недостаточным сцеплением шины колеса и дорожного покрытия. Низкое значение коэффициента сцепления повышает риск дорожно-транспортных происшествий. Хочу напомнить, что чаще всего дорожно-транспортные происшествия происходят в конце осеннего, начало зимнего периода, когда водители транспортных средств не сменили шины на зимние, где поверхность шин более шероховатая, что позволяет удержаться на скользком покрытии дороги лучше, чем на летней шине. В таких случаях дорожные организации должны следить тщательнее за погодными условиями, и при повышении скользкости обрабатывать поверхность покрытия противогололёдными материалами.



Рисунок 3 – Колея

Для обеспечения безопасности дорожного движения проводятся такие мероприятия, как:

- поддержка ровности дорожного покрытия путём заделки трещины, выбоины, устранения колеиности;
- поддерживание шероховатости покрытия;
- совершенствование уровня проектирования для лучшего обеспечения видимости дороги, а также избегание опасных перекрёстков путём создания на дороге кругового движения и дополнительных полос разгона и торможения, совершенствование технологий строительства дорог;
- улучшение искусственного освещения проезжей части, особенно на аварийно-опасных участках и у пешеходных переходов;
- повышение информированности водителей на опасных участках проезжей части путём установления необходимых знаков и ограждений;
- улучшение состава дорожного покрытия.

Список литературы

- 1 Автомобильные дороги Беларуси : энциклопедия / под общ. ред. акад. Белорусской инженерной академии А. В. Минина. – Минск : БелЭН, 2002. – 671 с.
- 2 КИРСУП Гомельоблдорстрой [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gomods.by/o-predpriyatii/set-dorog-i-struktura.html>. – Дата доступа : 11.09.2023.
- 3 Филиппов, В. В. Оценка влияния неровностей дорожных покрытий на безопасность движения / В. В. Филиппов, Н. В. Смирнова, Д. И. Кияшко. – Харьков, 2009.

УДК 338.245

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В РАЗВИТИИ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ КАК СДЕРЖИВАЮЩИЙ ФАКТОР АГРЕССИИ НЕДРУЖЕСТВЕННО НАСТРОЕННЫХ СТРАН БЛОКА НАТО

А. В. МАРДАНОВ, И. А. МАРДАНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в связи со сложившейся ситуацией у границ Республики Беларусь, связанной с нагнетанием обстановки недружественно настроенными странами коллективного Запада и с обострением возникновения вооруженного конфликта с ранее положительно настроенными братскими народами, остро встал вопрос о стратегическом развитии собственного военно-промышленного комплекса (далее – ВПК) в целях обеспечения национальной безопасности государства. Возникла необходимость производства боеприпасов к стрелковому оружию и артиллерийским системам, ракетного оружия, танков и другого вооружения и военно-специальной техники (далее – ВВСТ). Такое решение повысит обороноспособность Республики Беларусь и стабильность в регионе, а также уровень безопасности государства.

Развитие производства ВВСТ однозначно приведет к увеличению военно-технического потенциала нашего государства. Однако некоторые соседние страны могут воспринять это как угрозу и принять противодействующие меры. Чтобы не обострять обстановку у наших границ, спровоцировав гонку вооружений, развитие производства ВВСТ необходимо осуществлять в рамках международных законов, регулирующих данный вопрос.

Новая стратегия увеличения объемов производства ВВСТ предусматривает значительное увеличение продукции, что будет достигнуто за счет расширения ассортимента продукции ВПК.

Для реализации новой стратегии планируется привлечение инвестиций, которые будут направлены на модернизацию и обслуживание оборудования, разработку новых цифровых технологий, повышение квалификации и компетенций персонала. В свою очередь, инвесторы получают партнерские преимущества и долю в прибыли.



Рисунок 1 – Современные образцы военной техники Республики Беларусь

Увеличение производства ВВСТ с внедрением более современных технологий позволит создать новые рабочие места и повысить экспортный потенциал военной продукции. Расширение ассортимента и увеличение объемов производства вооружения делает производимую продукцию более конкурентноспособной на мировом рынке (рисунок 1). В свою очередь это позволит увеличить экспортную валютную выручку страны.

Согласно ближайшим планам введение в эксплуатацию новых производственных линий на местных предприятиях страны позволит в значительной степени увели-

чить объемы производства вооружения и техники. В ближайшее время планируется значительно нарастить выпуск ВВСТ, включая боевые машины пехоты, самолеты, вертолеты и др. Ожидается, что увеличение производства вооружения на местных предприятиях Республики Беларусь позволит повысить обороноспособность государства и обеспечить безопасность на долгие годы. Работы в этой сфере ведутся давно и финансирование на различных этапах предоставлялись государством несмотря на трудные экономические условия. Реализация планов по наращиванию производства ВВСТ на местных предприятиях является приоритетной задачей правительства и антикризисной мерой в текущих условиях существования.

Одним из возможных способов увеличения производства и сокращения затрат на производство боеприпасов и ВВСТ является автоматизация и роботизация производственных процессов. Это позволит сократить ручной труд и снизить риски для работников при работе с опасными материалами.

Применение робототехники в производстве также может повысить точность изготовления и качество наиболее важных узлов и механизмов в ВВСТ, что в свою очередь снизит количество брака и повысит качество выпускаемой продукции. Белорусские инженеры и разработчики уже работают над созданием собственных роботов и налаживанием автоматизированных производственных линий.

Одной из перспективных технологий для создания современного производства ВВСТ является 3D-моделирование. Это может значительно сократить время на создание прототипов, одновременно улучшая их качество. С помощью 3D-печати можно создавать отдельные детали, узлы и механизмы, а также инструменты для обслуживания, что в свою очередь снизит затраты и даст определенный экономический эффект (рисунок 2).



Рисунок 2 – Применение робототехники

В будущем возможно внедрение таких технологий, как нано- и биотехнологии. Данные технологии позволят создать новые материалы и оборудование с уникальными свойствами: повышенная прочность, долговечность и др.

На данном этапе для оптимизации производственных процессов могут быть внедрены различные системы автоматизированного управления производством и работами (далее – САУПР). САУПР позволит собрать все этапы производства на одной площадке, контролировать состояние процессов и оперативно реагировать на ошибки. Благодаря повышенной автоматизации производства, системам контроля и управления производственными процессами будет обеспечена стабильность и надежность производства, повысится качество выпускаемой продукции и будут значительно снижены расходы на производство в целом.

Список источников

- 1 **Коротков, А. В.** Экономическая эффективность инновационной политики в Республике Беларусь / А. В. Коротков, Ю. Э. Морозова // *Вестник БДУ*. – Сер. 3. – 2008. – № 2. – С. 71–75.
- 2 **Гурулев, С. П.** Оборонный сектор экономики Беларуси. Грани сотрудничества [Электронный ресурс] / Оборонно-промышленный комплекс России : Федеральный справочник / С. П. Гурулев. – 2010. – Режим доступа : федеральный справочник.РФ/projects/opk/structura-6.htm. – Дата доступа : 01.10.2023.
- 3 Визитная карточка белорусского военпрома // *Журнал государственного военно-промышленного комитета Республики Беларусь*. – № 02 (48). – 2023. – С. 58.

ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНОЙ ВОЗДУШНО-ДЕСАНТНОЙ БРИГАДЫ НА МАРШЕ

В. В. МАРИНИЧ, Д. В. ШАМКИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Отдельная воздушно-десантная бригада (далее – овдбр) является основным тактическим соединением Сил специальных операций (далее – ССО), решающим широкий круг задач, в ходе специальных действий, характеризующихся широким пространственным размахом, что подразумевает под собой широкое использование маневра (совершения марша как его составной части). Все это ставит высокие требования перед системой технического обеспечения.

Существующая системы технического обеспечения овдбр на марше рассмотрена как комплекс подсистем: доукомплектования ВВСТ; эксплуатации ВВСТ; обеспечения ракетами и боеприпасами; восстановления; обеспечения ВТИ; защиты, охраны и обороны; управления техническим обеспечением.

Техническое обеспечение овдбр в мирное время, в период нарастания военной угрозы и в ходе ведения военных действий организуется силами и средствами технического обеспечения овдбр и осуществляется по зональному принципу в пределах административно-территориальных границ областей Республики Беларусь.

Восполнение расхода и потерь ракет и боеприпасов осуществляется из ближайших стационарных арсеналов, баз и складов Вооруженных Сил (далее – ВС) транспортом овдбр, а также из артиллерийских складов назначенных соединений и воинских частей в соответствующих зонах технического обеспечения.

В целях восстановления неисправных (поврежденных) образцов вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ) могут использоваться стационарные пункты технического обслуживания и ремонта, запасы военно-технического имущества (далее – ВТИ), силы и средства технического обеспечения соединений и воинских частей в соответствующих зонах технического обеспечения, местная промышленная база (далее – МПБ).

Восполнение расхода ВТИ осуществляется из стационарных арсеналов, баз и складов ВС.

Для достижения основных целей технического обеспечения необходимо решить его основные задачи, а для этого требуется определить и проанализировать условия и факторы, влияющие на их выполнение.

Это позволит выявить проблемы и наметить пути дальнейшего совершенствования эффективности существующей системы технического обеспечения овдбр на марше.

Под условиями следует понимать составляющие обстановки, в которой они проводятся, а под факторами – обстоятельства или же движущие силы, определяющие причинно-следственные связи в рассматриваемом процессе (явлении).

К основным условиям и факторам, влияющим на техническое обеспечение овдбр на марше, стоит отнести:

- военные факторы: степень укомплектованности овдбр; наличие и состояние образцов вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ) и военно-технического имущества (далее – ВТИ); наличие, состояние и живучесть органов управления и подразделений технического обеспечения;

- военно-экономические факторы: наличие соответствующей местной промышленной базы на маршрутах движения и в зоне ответственности бригады;

- организационные факторы: наличие и состояние сил и средств технического обеспечения, их готовность к выполнению задач по предназначению; соответствие организационно-штатной структуры органов управления и подразделений технического обеспечения;

- военно-технические факторы: наличие, состояние и условия эксплуатации и восстановления ВВСТ; надежность образцов ВВСТ; достаточность запасов ВТИ в овдбр для выполнения задач технического обеспечения в ходе марша; уровень технической подготовки личного состава эксплуатирующих ВВСТ и специальной подготовки подразделений технического обеспечения;

– условия совершения марша: в мирное время или военное время; вне угрозы столкновения с противником или в предвидение встречи с ним;

– физико-географические условия: рельеф местности и его влияние на проходимость ВВСТ вне дорог; защитные и маскирующие свойства местности; время года, суток и погодные условия; наличие и состояние транспортных коммуникаций и их пропускная способность; характер естественных преград и их влияние на действия сил и средств технического обеспечения.

Качественное выполнение задач технического обеспечения будет зависеть от оперативности, непрерывности и скрытности управления техническим обеспечением, взаимодействия между органами. Для этого необходимо иметь достаточное количество сил и средств управления техническим обеспечением, целесообразно выбирать и готовить к работе места размещения и органов управления и должностных лиц, совершенствовать способы сбора и передачи информации методы работы должностных лиц, сокращать сроки выполнения задач управления техническим обеспечением.

Таким образом, проведенный анализ условий и факторов показал, что сложность и качество функционирования системы технического обеспечения овдбр на марше зависит от каждого из них в большей или меньшей степени. При этом в отличии от внешних факторов, влияние которых мы можем только учитывать, на внутренние факторы мы можем еще и влиять, тем самым повышать боеготовность овдбр.

В результате выполненного анализа были определены условия и факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на систему технического обеспечения овдбр на марше:

- 1 Степень укомплектованности овдбр силами и средствами технического обеспечения.
- 2 Степень укомплектованности личным составом экипажей (расчетов) водителей (механиков-водителей), специалистами-ремонтниками и уровень их профессиональной подготовки.
- 3 Отсутствие ВТИ необходимой номенклатуры для новых образцов ВВСТ (МАЗ-531605, МАЗ-631705, МЗКТ-500200, БТР-70МБ1, БРДМ «Кайман»).
- 4 Наличие у противника оружия массового поражения, высокоточного оружия, возможности его применения, а также воздействие авиации, диверсионно-разведывательных групп и незаконных вооруженных формирований с активным применением ударных беспилотных летательных аппаратов.

Исходя из вышесказанного решением проблемных вопросов может быть: увеличение штата ремонтной роты овдбр; принятие на вооружение новых образцов технического обслуживания и ремонта; изменение норм снабжения ВТИ овдбр; уточнение действующих нормативных правовых актов.

Список литературы

- 1 Наставление по обеспечению боевых действий ВДВ. – М. : Воентехиздат, 2005. – С. 43–78.
- 2 **Цейко, Е. Н.** Анализ основных условий и факторов, влияющих на танкотехническое обеспечение войск оперативного командования в оборонительной операции /Е. Н. Цейко // Вестник ВАРБ. – 2016. – С. 146–153.
- 3 Техническое обеспечение войск в бою и операции : учеб. ВА БТВ, 1988. – С. 178–186.
- 4 **Лисейчиков, Н. И.** Техническое и тыловое обеспечение войск по опыту войн и вооруженных конфликтов: моделирование и оптимизация процессов : пособие / Н. И. Лисейчиков. – Минск : ВА РБ, 2010. – С. 38–76.

УДК 656.13.08(470.23)

АНАЛИЗ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИШЕСТВИЙ В ГОРОДЕ МУРИНО И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

В. С. МИНЕЕВ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Мурино – небольшой густонаселенный город, относящийся к Ленинградской области и тесно связанный с транспортной развязкой города Санкт-Петербург. В последнее время на территории города ведется активная жилищная застройка, а уровень развития дорожной инфраструктуры стоит на месте, что приводит к частым дорожно-транспортным происшествиям (ДТП) и перегруженности внутренней улично-дорожной сети. Стоит отметить, что вина за ДТП может лежать не только на водителе транспортного средства, но и на пешеходе.

Наиболее частые причины ДТП, если вина на водителе транспортного средства [1], это:

- превышение разрешенной скорости;
- создание опасных условий при выезде на встречную полосу;
- несоблюдение дистанции и ПДД.

Причины ДТП, если вина на пешеходе:

- переход дороги в неполюженном месте;
- пешеход, который отвлекся при пересечении дороги;
- ДТП с участием детей.

Однако приведенные причины являются формализованными, а к объективным причинам ДТП можно отнести:

- недостатки в планировании и организации благоустройства улиц и автодорог;
- состояние освещения в темное время суток и состояние дорожного полотна;
- существующие средства регулирования, в том числе знаки, которые противоречат друг другу.

В настоящее время над дорожно-транспортной ситуацией в Мурино ведутся активные работы со стороны властей: реконструкция, ремонт и установка светофоров, обустройство Воронцовского бульвара, Охтинской аллеи и Петровского бульвара остановочными пунктами; запланирован ремонт дорожного полотна на бульваре Менделеева, который собираются закончить к концу 2023 года [2].

На рисунке 1 кратко описана существующая ситуация в Западном районе г. Мурино. На первом участке не закончено строительство продолжения Воронцовского бульвара, на втором участке отсутствует продолжение улицы Шувалово до шоссе Лаврики, третий участок демонстрирует незавершенное строительство кольца, которое было запланировано для разгрузки выездов из Мурино и четвертый участок имеет только пешее продолжение до соединения улицы Шувалова и проспекта Авиаторов Балтики с шоссе Лаврики. Отметим, что по ситуации на 2022 год в Мурино зарегистрировано 86 тыс. человек, но фактически проживает гораздо больше. Это свидетельствует о том, что транспортная инфраструктура города не успевает за ростом населения в городе.

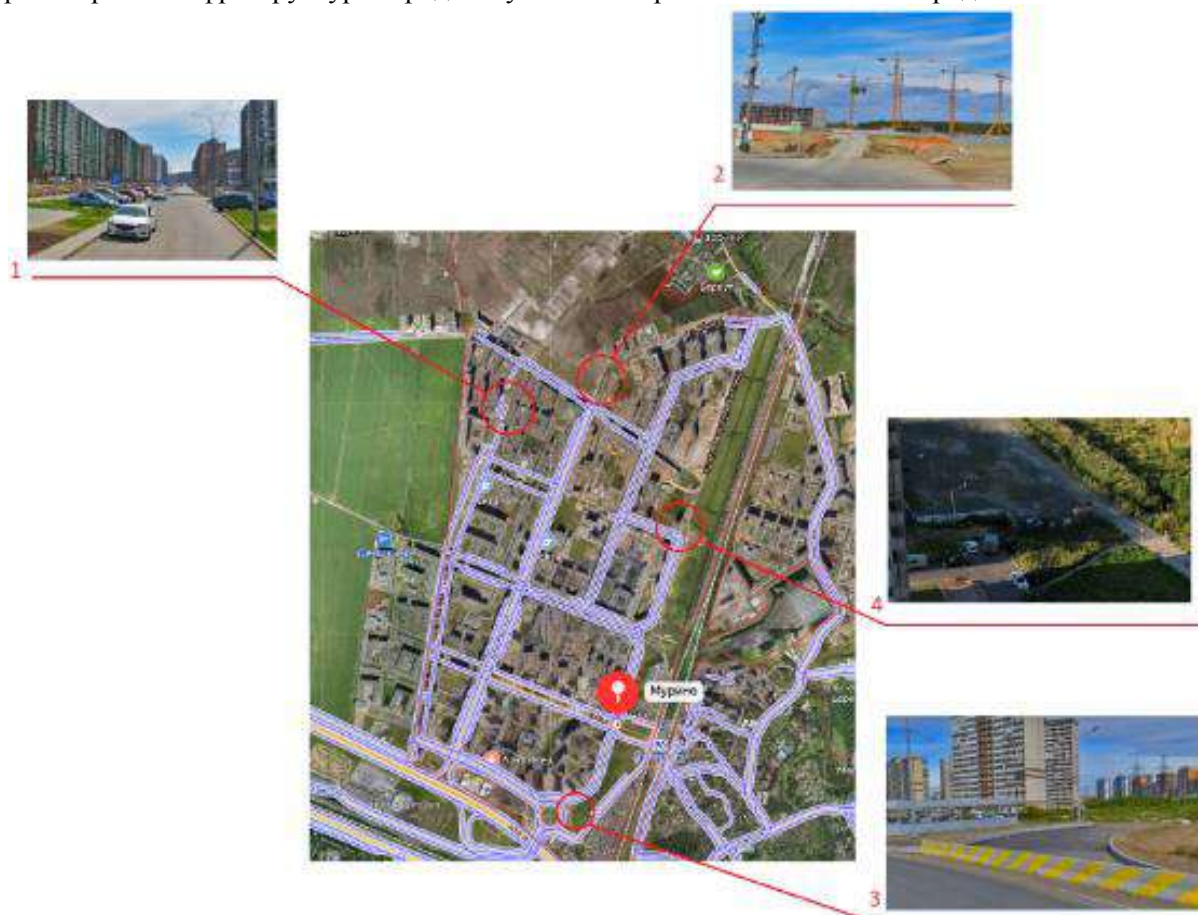


Рисунок 1 – Участки незавершенного строительства дорог г. Мурино

В таблице 1 приведены данные по ДТП за 2022 во Всеволожском районе [3].

Таблица 1 – Статистика ДТП за 2022 год

Месяц	Количество ДТП	Из них в г. Мурино	Наиболее частая причина ДТП	Ранено	Погибло	Из них в г. Мурино	
						Ранено	Погибло
Январь	30	5	Столкновение / наезд на пешехода	45	2	4	–
Февраль	23	2	Столкновение	25	1	1	–
Март	19	3	Столкновение	20	2	3	–
Апрель	26	2	Столкновение	33	2	2	–
Май	30	3	Столкновение / наезд на пешехода	31	4	3	1
Июнь	45	5	Столкновение	48	6	2	–
Июль	48	6	Столкновение / наезд на пешехода	48	8	5	–
Август	49	6	Наезд на пешехода	53	3	3	1
Сентябрь	32	4	Наезд на пешехода	33	6	5	–
Октябрь	58	8	Столкновение / наезд на пешехода / наезд на ТС	66	3	9	2
Ноябрь	32	5	Столкновение / наезд на пешехода / наезд на ТС	36	2	4	–
Декабрь	37	8	Наезд на пешехода / наезд на ТС	42	5	8	1
Всего	429	57	–	480	44	49	5
В процентном соотношении	100 %	13,3 %	–	100 %	9,2 %	100 %	10,2 %

Из данных таблицы 1 можно сделать вывод, что наиболее частыми причинами ДТП во Всеволожском районе является столкновение или наезд на пешехода/велосипедиста или припаркованное транспортное средство. Из них 14 % ДТП произошло в городе Мурино.

Для улучшения сложившейся ситуации предложены следующие мероприятия:

- внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС), предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях;
- обустройство дорог остановочными пунктами, знаками, разметкой и светофорами;
- развитие общественного транспорта в городе Мурино;

Внедрение ИТС в транспортную сеть города положительно влияет на функционирование транспортных и пешеходных потоков за счет увеличения пропускной способности, развития улично-дорожной сети, совершенствования организации дорожного движения (ОДД), сокращения количества легкого и грузового транспорта. Основной целью применения ИТС является оптимизация условий движения транспортных потоков на автомобильных дорогах городской агломерации для повышения их пропускной способности и снижения риска возникновения ДТП. Перспектива применения данной системы достигается в следующем:

- снижение задержек и увеличение скорости сообщения на всех видах транспорта на основе создания системы управления транспортными потоками, действующей в реальном времени;
- обеспечение приоритетных условий движения пассажирского и специального транспорта, в том числе с использованием систем точного позиционирования на основе перспективных технологий на базе ГЛОНАСС/GPS;
- обеспечение оперативного автоматизированного контроля движения транспорта и оперативного управления им;
- оперативное предоставление актуальной информации об изменении дорожного движения на УДС в центр управления дорожным движением городской агломерации, а также в областной центр управления транспортным районом и/или федеральные центры.

Список литературы

- 1 Новиков, И. А. Методология прогнозирования и предупреждения дорожно-транспортных происшествий : дис. канд. тех. наук: 05.22.10: защищена 20.03.20: утв. 20.05.20 / Новиков Иван Алексеевич. – М., 2020. – 117 с.
- 2 Агентство строительных новостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://asninfo.ru/news/98828-murinskiy-bulvar-mendeleyeva-stanet-shikarnym-k-2023-godu>. – Дата доступа : 21.05.2023.
- 3 Официальный сайт Министерства внутренних дел Российской Федерации <http://stat.gibdd.ru>.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, Р. Ю. ДОЛОМАНЮК, П. А. КАЦУБО, Я. В. ШУТОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современные устройства для распределения дорожно-строительных материалов должны соответствовать следующим основным требованиям [1, 2]:

- обеспечивать автоматическое управление технологическими процессами;
- повышать производительность;
- обеспечивать требуемое качество распределения материала;
- улучшать условия работы оператора;
- обеспечивать оперативное изменение режима работы рабочего оборудования;
- выдавать информацию об основных параметрах технологического процесса;
- сигнализировать при появлении неисправностей или отклонений параметров технологических процессов от нормы.

При этом эффективное выполнение работ по содержанию автомобильных дорог предполагает всесторонний контроль выполнения операций дорожно-строительными машинами. При этом функциональные возможности системы мониторинга транспорта и спецтехники очень широки (рисунок 1) [3].



Рисунок 1 – Система работы автоматизированной системы мониторинга спецтехники

Стоит отметить, что при реализации данной системы единица спецтехники с установленным на нее набором навигационно-связного оборудования представляет собой установку не только для качественного выполнения дорожно-строительных работ, но и для контроля за их выполнением (рисунок 2).

Исходя из расширения функциональных возможностей дорожно-строительной техники необходимо планировать следующие направления мероприятий по оптимизации системы организации текущего содержания автомобильных дорог:



Рисунок 2 – Пример реализации автоматизированной системы мониторинга (на примере автогудронатора)

– *мониторинг* – отображение на электронной карте местности в табличной форме текущих и архивных навигационных данных и данных о состоянии транспортных средств (местоположение, скорость, направление движения, состояние механизмов, история перемещения и др.) (рисунок 3);



Рисунок 3 – Расширение функций мониторинга

– *планирование* – формирование специализированных зон работы любой конфигурации (зоны загрузки (заправки), точки стоянки, области выполнения работы др.) и маршрутных заданий любого уровня сложности (рисунок 4);

– *оперативное управление* (автоматизированное формирование путевых листов, контроль и протоколирование действий диспетчера);

– *контроль* (управление качеством выполненных мероприятий по эксплуатации автомобильных дорог, контроль технического состояния транспортных средств);

– *анализ и отчет* (ведение стандартных и специальных учетно-отчетных форм).

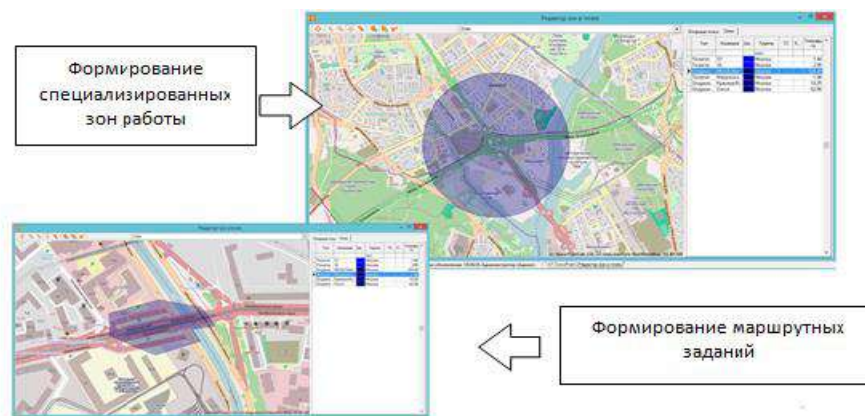


Рисунок 4 – Расширение функций планирования

Внедрение рассмотренного варианта системы мониторинга дорожно-строительной техники позволяет значительно расширить ее функциональные возможности и повысить качество дорожно-строительных работ.

Список литературы

- 1 **Петрусевич, В. В.** Анализ основных принципов построения автоматических систем управления рабочим оборудованием дорожно-строительных машин / В. В. Петрусевич, П. А. Кацубо, Р. Ю. Долманюк // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности : материалы III Междунар. науч. конф., Волгоград, 18–19 марта 2021 г. – Волгоград : Конверт, – 2021. – 70–72 с.
- 2 Способ обеспечения работы системы управления дозированием жидких дорожно-строительных материалов : заявка № а 202202216: Е 01С 19/26 / В. В. Петрусевич, П. А. Кацубо, Р. Ю. Долманюк. – № а 202202216; заявл. 12.09.2022.
- 3 Система мониторинга и управления транспортом и спецтехникой ЖКХ на основе технологий спутникового позиционирования ГЛОНАСС И GPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://space-team.com/monitoring_transporta/industry_solutions/housing/. – Дата доступа : 22.03.2022.

УДК 656.25.08

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДИВЕРСИЙ

Е. В. ПЕЧЕНЕВ, А. С. ШИПИЛЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время транспортная безопасность все чаще подвергается постоянному давлению со стороны радикалов, террористических групп и диверсантов. Примером этого является несколько совершенных за относительно небольшой срок диверсий на железной дороге Российской Федерации и на железнодорожных объектах Белорусской железной дороги.

1 мая на 136-м км дороги между Брянском и Унечей сработало взрывное устройство. После этого локомотив и семь вагонов грузового поезда сошли с рельсов, начался пожар.

7 мая в Челябинской области неизвестные пытались совершить диверсию на железной дороге путем поджога релейных шкафов.

Целая «рельсовая война» 2022 года происходила на территории Республики Беларусь. Порядка 17 случаев повреждения устройств автоматики и телемеханики СЦБ, железнодорожных путей и ее объектов было выявлено только в кварталный период.

Характер и объемы разрушений разрушения позволяют делать вывод, что больших объемов повреждений железнодорожного пути или его объектов (устройств автоматики и телемеханики СЦБ) не допущено, однако это существенно влияет на пропускную способность железнодорожного участка, а более главное на безопасность людей на объектах транспортной инфраструктуры.

Таким образом, основной задачей для обеспечения транспортной безопасности является предотвращение и недопущение подобных диверсий на объектах инфраструктуры.

Одним из способов добиться поставленных целей может быть постоянный мониторинг объектов железной дороги и ее объектов с помощью линейных систем видеонаблюдения с возможностью передачи данных (сведений) при приближении вероятных диверсантов к объектам железной дороги, а также интеллектуальной системы видеонаблюдения.

Автоматизированный струнный робототехнический комплекс – это автоматизированный комплекс, предназначенный для охраны периметров объектов, сухопутных и водных участков государственной границы, прибрежных акваторий, трубопроводов, контроля движения по автомобильным и железным дорогам. В комплект (состав) комплекса будут входить: передвижной модуль, оснащенный системой видеонаблюдения, который может перемещаться в пространстве вдоль охраняемого периметра либо территории; чувствительный элемент и стационарное оборудование для контроля, обработки, распознавания и отображения полученной информации с системы видеонаблюдения и чувствительного элемента. Для осуществления передвижения по рельсам-струнам модуль необходимо оснастить шасси с автоматизированным электроприводом и источником питания. Чувствительный элемент комплекса будет представлять собой волоконно-оптический кабель на брэгговских решетках – для точности определения конкретного места (участка) нарушения, который может быть уложен в грунт либо смонтирован на линейное ограждение. Стационарное оборудование будет состоять из: блока приема-передачи сигнала; блока обработки, распознавания и отображения сигнала; базы данных; блока программного обеспечения; модуля WI-FI; пульта оператора и устройства отображения информации.

Основные задачи интеллектуальной системы видеонаблюдения:

- обеспечение оптимального визуального мониторинга охраняемых и контролируемых зон;
- профилактика нарушений и несанкционированных действий в отношении как физических лиц, так и материальных ценностей, находящихся на охраняемой территории, а также профилактика возникновения аварийных или чрезвычайных ситуаций;
- регистрация видеоинформации, которая в случае возникновения какой-либо нештатной ситуации в дальнейшем может быть использована для восстановления реальной картины произошедшего;
- обеспечение оперативного визуального контроля персонала, а также сотрудников службы безопасности объекта (в случае привлечения внешних охранных структур).

В состав современных комплексов входит интеллектуальный детектор событий, позволяющий определять объект и его свойства – габариты, скорость, траекторию и направление движения, фиксировать унесенные или оставленные предметы. Детектор активируется непосредственно в IP-камере или кодере и доступен для всех операторов в системе. Определив требуемое событие, он передает тревожный сигнал в систему, где возможно задать нужную реакцию на то или иное событие.

Стандартно видеоаналитика обеспечивает обнаружение и фиксацию:

- объектов, входящих в определенную зону, покидающих ее или пребывающих в ней (поле обнаружения);
- «праздношатания» в определенной зоне на базе радиуса и времени;
- бездействующих объектов в течение указанного периода времени;
- удаленных объектов в течение указанного периода времени;
- траекторий движения объектов, перемещающихся в зоне видимости, и отображение их при помощи линий движения;
- пересечения нескольких линий (от одной до трех), объединенных в логическую последовательность;
- изменений состояния объекта – скорости, размера, направления и соотношения сторон в течение указанного периода времени (например, падающий объект).

Кроме того, в комплекс включен редактор сценариев тревожных задач в экспертном режиме.

Комплекс позволяет не просто отслеживать происходящее: она фокусируется на событиях определенного характера, например падении чего-либо на рельсы или оставленных в общественных зонах предметах. Такая система способна фиксировать бег, движение в противоположном людскому потоку направлении, образование толпы. Комплекс обладает еще и такой важнейшей функцией, как биометрическое распознавание лиц с поиском соответствий в базе данных в режиме реального времени. При необходимости система формирует сигнал тревоги и рассылает оперативную информацию на мобильные терминалы работников спецслужб – от охранников до сотрудников МВД и МЧС. Использование мобильных устройств в работе комплекса существенно повышает ее эффективность и сокращает скорость реагирования на событие.

Интеллектуальные детекторы движения с алгоритмами обработки видеосигнала, которые используются наряду со стационарными камерами, позволяют отделить нарушителя от фона, проследить траекторию его движения, а также исключить ложные тревоги, вызванные птицами, животными, ветром и снегопадом.

Список литературы

- 1 Шандалов, А. Интеллектуальная система видеонаблюдения на железной дороге / А. Шандалов, Д. Гармажанов // Control Engineering: ISSN 18817-0455. – 2023. – № 4 (58). – С. 22–24.
- 2 Поддубный, А. А. Концепция интеллектуальной системы поддержки принятия решений по восстановлению мостовых переходов / А. А. Поддубный, Е. В. Печенев // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2023. – № 1 (46). – С. 42–45.
- 3 Гансецкий, Д. В. Автоматизированный струнный робототехнический комплекс как прообраз интеллектуальной системы охраны границы / Д. В. Гансецкий // Современные технологии обеспечения пограничной безопасности : материалы науч.-практ. конф., Минск, 29 ноября 2018 г.: В 2 ч. / ГУО «ИПС РБ»; редкол. : О. Г. Машаров [и др.]. – Минск, 2019. – Ч. 1. – С. 28–31.

УДК 539.3

КОЛЕБАНИЯ СВАИ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ ОСАДКЕ ОСНОВАНИЯ

А. А. ПОДДУБНЫЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. А. ГОРДОН

Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, Российская Федерация

Сваи являются стержневыми элементами, передающими нагрузку из рыхлых и слабых слоев почвы к плотным и крепким глубоким слоям. Сваи применяются повсеместно и в огромных количествах. Практически перед любым строительством создаются свайные поля. Наличие основания, куда полностью или частично погружается свая, отражается добавлением его реакции в дифференциальное уравнение изгиба сваи в качестве дополнительной нагрузки.

К настоящему времени в научной литературе накопилось множество исследований, посвященных проблемам взаимодействия свай и поддерживающих их оснований. На моделях и натурных экспериментах изучаются вопросы прочности, динамики и устойчивости элементов системы «свая – основание».

Основная масса теоретических и экспериментальных работ этого направления исследований имеет целью установление прямых зависимостей предельных напряжений и деформаций, критических сил, частот и форм собственных и вынужденных колебаний свай от варьируемых параметров системы «свая – основание»: размеров и формы поперечного сечения сваи, характеристик материалов сваи и основания, условий закрепления сваи.

Из обзора современной научной литературы [1–3] следует сделать вывод о необходимости разработки методики моделирования состояния системы «свая – основание», возникающего при эксплуатации в результате внезапного повреждения, изменяющего расчетную схему системы под нагрузкой.

В настоящей работе поставлена и решена новая задача исследования динамического процесса во внецентренно сжатой свае, полностью погруженной в упругое основание Винклера, возбуждаемого частичной осадкой основания, либо образованием подземной полости вокруг сваи (пузырь).

Актуальность проведенного исследования обусловлена расширением использования тонких и длинных свай для морских сооружений, мостов, путепроводов, эстакад и тому подобного, полностью или частично погруженных в многослойные основания, со значительной надземной частью, подверженным боковым, моментным и прочим нагрузкам

На рисунке 1 представлена математическая модель изгиба шарнирно опертой по концам сваи, нагруженной внецентренной сжимающей силой.

Представлен ряд численных результатов, характеризующих реакцию находящейся в статическом напряженно-деформированном состоянии сваи, полностью погруженной в упругое основание, на внезапную осадку основания.

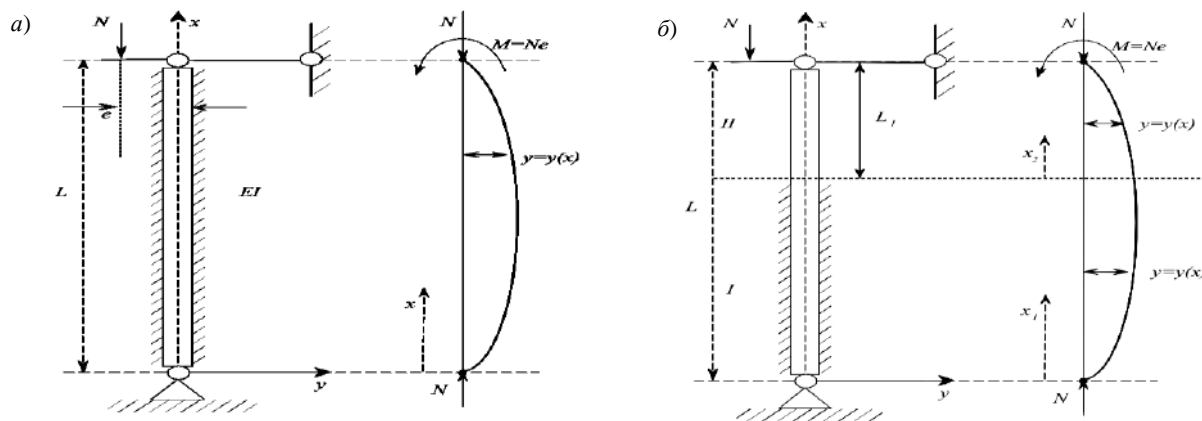


Рисунок 1 – Расчетная схема нагруженной сваи:
 а – до осадки основания; б – после осадки основания

На рисунке 2 показано развитие во времени прогибов сваи, начиная со статического прогиба $\omega_{ст}$, полученного из статического расчёта сваи, полностью погруженной в основание и, далее, прогибы $\omega_{дин}$, полученные из динамического расчёта сваи, состоящей из двух участков, при $\tau = 0, 1, 2, 3, 4$.

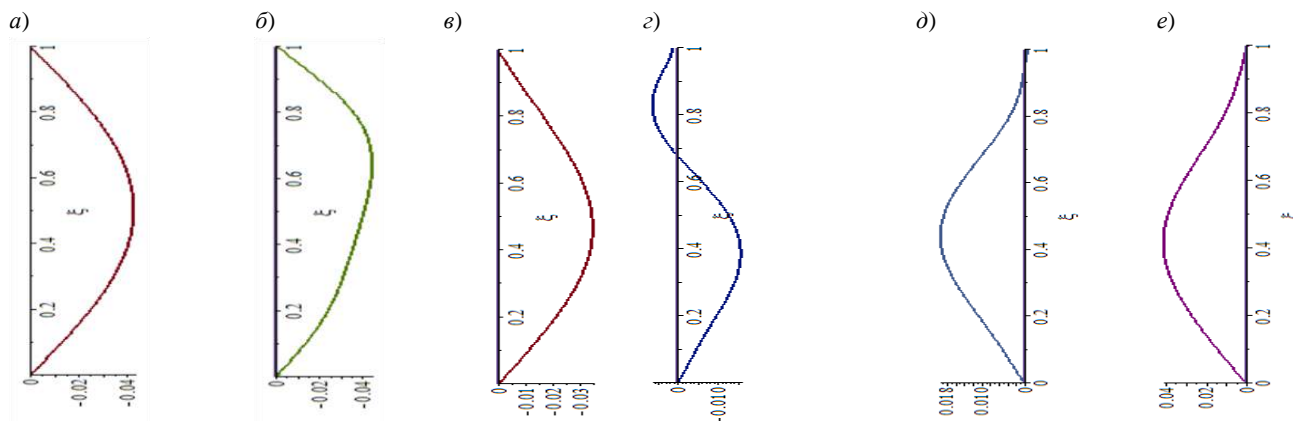


Рисунок 2 – Развитие прогибов сваи по времени
 а – $\tau = 0$ при статическом расчёте; б – $\tau = 0$ при динамическом расчёте; в – $\tau = 1$; г – $\tau = 2$; д – $\tau = 3$; е – $\tau = 4$

На рисунке 3 показана развертка периодических колебаний сечения $\xi = 0,7$ (точка сопряжения погруженного в основание и свободного участков).

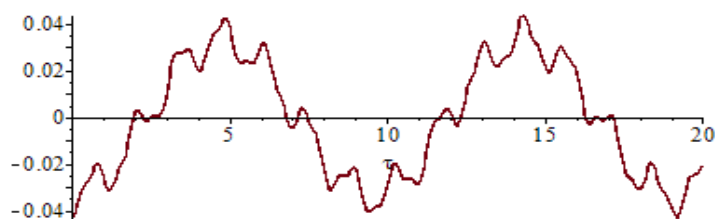


Рисунок 3 – Развёртка периодических колебаний сечения сваи

В результате выполненной работы построена математическая модель динамической реакции полностью погруженной в основание сваи как конструктивно нелинейной системы, изменяющей расчётную схему после внезапной осадки основания. Методом начальных параметров с использованием векторно-матричного представления состояния произвольного сечения разработаны алгоритмы расчёта начального статического состояния системы «свая – основание», собственных и вынужденных изгибных колебаний сваи, состоящей из двух участков: опертого на основание и свободного.

Для всех вариантов статического и динамического состояний определены прогибы, изгибающие моменты, собственные частоты, формы собственных и вынужденных колебаний при различных механических и геометрических параметрах системы «свая – основание». Условия закрепления свай – шарнирное опирание концов. Численные расчеты и графики выполнялись для силового варианта $N = N_0$ и различных сочетаниях основной и «условной» частот.

Список литературы

- 1 **Vogt, N.** Buckling of slender piles in soft soils / N. Vogt, S. Vogt Kellner // Bautechnik, Special Issue – Geotechnical Engineering, 2009. – P. 98–112.
- 2 **Janko, R.** Numerical and exact solution of buckling load for beam on elastic foundation / R. Janko // Transactions of the VSB – Technical Univ. of Ostrava, Mech. Series, 2013. – Vol. LIX, № 1. – P. 21–26.
- 3 **Dinckal, C.** Dynamics of a beam-column element on an elastic foundation / C. Dinckal, B. Alemdar, P. Gulkan // Can. J. Civ. Eng. 43, 2016. – P. 685–701.
- 4 **Поддубный, А. А.** Методики расчёта критической силы сжатого стержня, погружённого в упругое основание / А. А. Поддубный, В. А. Гордон. Вестник БелГУТ. Наука и транспорт, 2019. – № 1 (38). – С. 49–52.
- 5 **Gordon, V.** Stability analysis of a pile completely embedded into elastic foundation / V. Gordon, P. Morrev // Journal of Physic: Conference Series. Intern. conf. Applied Mathematics, Computational science and Mechanics: Current Problems. – AMCSM, 2018–2019. – С. 012004.
- 6 **Ruta, G.C.** Buckling of a column on Wiegardt foundation / G. C. Ruta, I. Elishakoff // ZAMM, 2006. – 617 p.
- 7 **Poddubny, A. A.** Dynamic loading of the rod a sudden change of elastic foundation structure / A. A. Poddubny, V. A. Gordon // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021. – 1079,042076.

УДК 349.6

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

Р. О. ПУЗАНОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Транспортная безопасность является одним из ключевых аспектов развития современного общества. Мировой прогресс в сфере инновационных технологий оказывает значительное влияние на систему транспортной безопасности, обеспечивая более эффективные и безопасные условия путешествия для граждан.

Инновационные технологии играют ключевую роль в развитии системы транспортной безопасности. Одним из таких технологических инноваций является использование автоматических систем контроля транспортных средств. Такие системы позволяют наблюдать за скоростью движения, загруженностью дороги, а также контролировать соблюдение правил дорожного движения. Это значительно повышает безопасность на дорогах и снижает число аварий.

Другой важной новинкой в сфере транспортной безопасности является использование беспилотных автомобилей. Такие автомобили оснащены современными системами искусственного интеллекта и способны самостоятельно принимать решения на дороге. Это может существенно снизить вероятность аварий, связанных с человеческим фактором. Кроме того, беспилотные автомобили могут быть оснащены системами дистанционного контроля и управления, что делает их более безопасными и эффективными для пассажиров.

Инновационные подходы в транспортной безопасности включают в себя применение новых аналитических методов для обработки больших объемов данных. Современные системы массовой информации позволяют собирать огромное количество информации о дорожных условиях, поведении водителей и автомобилей. Анализ этих данных позволяет выявить тенденции и проблемы, что в свою очередь позволяет разрабатывать более эффективные меры по обеспечению безопасности на дорогах.

Современные инновационные подходы в системе транспортной безопасности включают в себя развитие системы обучения и сертификации для водителей. Все больше государств признают необходимость усиленного обучения и тестирования для получения водительских прав. Это позволяет повысить квалификацию водителей и снизить вероятность аварий.

Один из инновационных подходов в обеспечении транспортной безопасности – это использование беспилотных транспортных средств (БТС). БТС могут быть оснащены передовыми технологи-

ями, такими как радары и камеры, которые позволяют им автоматически распознавать и реагировать на опасные ситуации на дороге, минимизируя риски для пассажиров и пешеходов [2].

Еще один инновационный подход – это внедрение системы «умных дорог». Это инфраструктурные разработки, которые сочетают в себе передовые технологии и сенсоры, чтобы создать интеллектуальную сеть, способную мониторить и управлять дорожным движением в режиме реального времени. Это может включать контроль скорости, направления движения, определение плотности трафика и опасных участков дороги [2].

Большое внимание также уделяется использованию аналитических систем и искусственного интеллекта в обеспечении транспортной безопасности. Эти системы могут анализировать большие объемы данных, собранных с различных источников, и предоставлять информацию о возможных угрозах, что позволяет оперативно реагировать на них и предотвращать потенциальные аварии.[2]

Инновационные подходы также включают использование датчиков утомления и раздражения водителя. Эти устройства могут контролировать физические и психологические показатели водителя, такие как пульс, дыхание и уровень внимания, и предупреждать о возможной усталости или отвлечении, что помогает предотвратить аварии, вызванные человеческим фактором [2].

Одним из самых актуальных инновационных подходов является разработка и внедрение электрических и гибридных автомобилей. Это позволяет снизить выбросы вредных веществ и улучшить качество воздуха, что, в свою очередь, способствует повышению безопасности на дороге и снижению риска заболеваний и развития экологических проблем [2].

Блокчейн-технология также может быть использована в обеспечении транспортной безопасности. Она может обеспечить систему децентрализованного и прозрачного хранения информации о состоянии автомобилей, их владельцах и истории обслуживания, что позволяет более эффективно отслеживать и предотвращать мошенничество, а также обеспечивать безопасность пассажиров [2].

Использование искусственного интеллекта и машинного обучения также упрощают разработку алгоритмов на основе искусственного интеллекта для распознавания и классификации опасных ситуаций на дороге, анализа данных о безопасности и прогнозирования возможных аварий. Развитие системы сбора и обработки данных: новые методы могут включать улучшенные системы мониторинга дорожного движения, использование датчиков и камер для автоматического сбора данных о безопасности и разработку алгоритмов для анализа этих данных и выявления трендов и паттернов. Внедрение систем предупреждения и предотвращения аварий, разработка и внедрение новых технологий (например, системы предупреждения столкновений, системы контроля усталости водителя, системы контроля скорости и т. д.) помогают лучше предотвратить аварии на дороге или снизить их последствия. Огромный вклад может внести развитие системы дистанционной диагностики и обслуживания транспортных средств: новые методы включают использование технологий для мониторинга состояния автомобилей и своевременного обнаружения потенциальных проблем, а также разработку систем дистанционного обслуживания для предотвращения возникновения аварийных ситуаций, связанных с неисправностями транспортных средств.

Внедрение новых систем поддержки принятия решений: разработка и внедрение новых методов вводятся для предоставления информации и рекомендаций водителям и государственным органам для принятия обоснованных решений, например, отображение предупреждений о дорожных ситуациях на навигационных системах или предоставление аналитической информации для планирования безопасности дорожного движения. Один из интересных подходов в обеспечении системы транспортной безопасности – использование искусственного интеллекта и машинного обучения. Новейшие технологии обработки больших объемов данных и аналитика позволяют создавать инновационные системы мониторинга и предсказания аварийных ситуаций на дорогах.

Например, на основе алгоритмов машинного обучения можно разработать систему автоматического анализа видео с дорожных камер и фотографий с места аварии. Это позволит быстрее и точнее определять причины ДТП (дорожно-транспортных происшествий), а также предсказывать вероятность их возникновения в определенных местах и время.

Еще одним интересным инновационным подходом является использование дронов для мониторинга и патрулирования дорог. Дроны оборудованы камерами и другими сенсорами, что позволяет получать детальную информацию об участках дороги, контролировать скорость автомобилей, обнаруживать аварийные ситуации и быстро реагировать на них. Такие системы дронов уже успешно

внедрены в некоторых странах и показывают высокую эффективность в обеспечении безопасности на дорогах.

Также, стоит отметить использование интернета вещей в системе транспортной безопасности. Благодаря установке датчиков на дорогах, автомобилях и даже на пешеходах, можно получать реальное время, данные о состоянии и перемещении всех участников дорожного движения. Это позволяет автоматически принимать решения и предупреждать об опасных ситуациях на дорогах, минимизируя риск аварий и повышая общую безопасность [1].

Это всего лишь некоторые примеры интересных инновационных подходов в обеспечении транспортной безопасности. Современные технологии и идеи продолжают менять и улучшать систему безопасности на дорогах, и в будущем мы можем ожидать еще большего развития и применения инноваций [1].

В заключение, можно сделать вывод, что для успешной реализации проекта необходимо учесть все выявленные факторы и проблемы. Только при соблюдении определенных условий и принятии соответствующих мер можно достичь поставленных целей. Также стоит отметить, что не стоит забывать о значимости планирования и оценки рисков в ходе реализации проекта. Все это позволит достичь успеха и увеличить вероятность положительных результатов.

Список литературы

1 Белорусский государственный университет транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.bsut.by/>. – Дата доступа : 12.07.2019.

2 Репозиторий Белорусского национального технического университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/>. – Дата доступа : 22.03.2020.

3 Глобальный план десятилетия действий по обеспечению безопасности дорожного движения 2021–2030 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://cdn.who.int/> . – Дата доступа : 22.03.2020.

УДК 658.5.017.7

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ПРОНИКНОВЕНИЯ НА ОХРАНЯЕМЫЙ ОБЪЕКТ

Н. В. РЯЗАНЦЕВА, Т. А. ГОЛДОБИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в сложной политической обстановке резко повысилась актуальность исследований, связанных с разработкой систем обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Системы несанкционированного проникновения на охраняемый объект обладают достаточно широким спектром средств и методов для обнаружения, однако, как показал анализ, они не анализируют аудио информацию. Как правило, БПЛА не обнаруживается и системой ПВО. В то же время, анализируя звук такого летательного аппарата, мы можем обнаружить его появление на небольшом, но достаточном для принятия ответных мер расстоянии.

В основе системы лежит использование направленных микрофонов, которые улавливают и анализируют звук, издаваемый дронами. Эти микрофоны, будучи расположенными на определенном расстоянии друг от друга, могут с помощью метода триангуляции с достаточно большой точностью обнаруживать БПЛА в пространстве. Фокусируясь на определенном направлении, микрофоны помогают идентифицировать звуки дрона и отличать их от фонового шума, позволяя системе активировать соответствующие меры реагирования.

Для идентификации проникновения будет использоваться нейронная сеть, которую предварительно следует обучить на конкретных примерах звуковых сигналов, издаваемых БПЛА.

Добавление видеокамеры и возможность вращать микрофоны в разных направлениях позволяют расширить потенциал системы и предоставить ценные визуальные и аудиоданные для дальнейшего отслеживания и анализа поведения дронов.

Самым очевидным решением было бы использование готовых программных продуктов, которые предлагает рынок, однако они в основном предназначены для генерации изображений по текстовому описанию, коллажам и с помощью смешивания картинок. Среди наиболее популярных

продуктов в настоящее время можно упомянуть DALL-E 2, российскую нейросеть ruDALL-E, DALL-E MINI/Craiyon, Artbreeder, Lexica.art, Dream by WOMBO, нейросеть с открытым кодом Stable Diffusion, Dezgo, как вариант Stable Diffusion без установки на компьютер, Midjourney, нейросети для создания логотипов, нейросеть Turbologo, нейросети для работы с текстом и программным кодом, например, Explainpaper – анализ текстов и статей, Copilot – помощник для написания программного кода, Ghostwriter – помощник для написания программного кода, RuGPT-3 – нейросеть для генерации текста, ReText.AI – сервис перефразирования и рерайтинга, Copy Monkey.ai – генерация текстов.

Использование готовых систем безопасности, таких, например, как система безопасности от компании Xeoma, система микрофонного наблюдения Oak Brook, система интеллектуальных нейроподобных датчиков для распознавания и идентификации опасности (SENTRI), созданная компанией Safety Dynamics, система Pilargw и др., также невозможно, так как все эти системы являются узкоспециализированными и дорогостоящими.

Зачастую для улучшения качества результата в системах обнаружения используют различные вспомогательные методы, такие как сейсмологические (в системах локализации выстрела), применяются дополнительные датчики (в системах сигнализации), используется диверсификация методик обнаружения (в системах обеспечения общественной безопасности). Кроме того, необходимо учитывать санкционные ограничения и высокую стоимость подобных проектов. Исходя из вышеизложенного, было принято решение провести самостоятельную разработку.

Описываемая система включает в себя аппаратную часть, программный модуль обработки звуков, программный модуль для формирования и обмена уведомлениями, а также приложение для мобильного телефона для обработки данных уведомления.

Аппаратная часть разрабатываемого комплекса представлена микрофонным модулем, подключенным к микропроцессорной системе под управлением ОС Linux.

В основе модуля лежит микросхема WM8960, которая представляет собой аудиокодек с низким энергопотреблением, в состав которого включены два 24-битных сигма-дельта аналого-цифровых преобразователя соотношением сигнал шум в 94 dB, а также два цифроаналоговых преобразователя соотношением сигнал шум в 98 dB. Выходной драйвер усилителя способен формировать звуковой сигнал мощностью до 1 Вт для динамиков с сопротивлением 8 Ом, с коэффициентом нелинейных искажений меньше 0,1 %. Конфигурация BTL способна обеспечивать высокую выходную мощность и отличный PSRR. Малый ток утечки и относительно эффективные механизмы шумоподавления позволяют напрямую подключаться к источнику питания, уменьшая количество компонентов и потребление энергии в портативных приложениях с батарейным питанием.

Также следует отметить возможность динамических настроек усиления, что обеспечивает полное внутреннее смещение уровня аналоговых выходных сигналов, позволяя максимизировать выходную мощность динамика при минимизации других аналоговых токов питания без включения дополнительных компонентов в финальную схему. Входы ЦАП могут мультиплексировать на себя два псевдодифференциальных интерфейса стереомикрофона, а также коммутацию дополнительных линейных стереовходов, делая таким образом доступными в качестве входных устройств до трех источников аналогового стереовхода. Данная возможность устраняет необходимость во внешних аналоговых переключателях во многих приложениях. Усилители Boost доступны для дополнительного усиления на микрофонных входах, а усилитель с программируемым усилением с автоматической регулировкой уровня смешанного сигнала (ALC) поддерживает постоянную громкость записи.

В качестве микропроцессорного модуля было решено использовать одноплатный компьютер Raspberry Pi 3. Этот выбор основывается на относительно низкой стоимости платы (30–35\$) и доступности ее в нашем регионе; характеристики производительности модуля достаточны для проработки прототипа. В случае, если производительность компьютера окажется недостаточно высокой для поставленной задачи, возможна адаптация под вышеуказанные модули.

При необходимости масштабирования задачи также возможны более высокопроизводительные сборки в иных форм-факторах, захват при этом может производиться за счет ресурсов звуковых карт. Принципиального изменения в алгоритм распознавания это не внесет.

Разработка программного обеспечения проводилась на языке Python. Данный язык программирования был выбран для минимизации затрат на разработку. Кроме того, использование Python для написания модулей значительно повышает портируемость программного обеспечения. Широкое

применение данного языка для машинного обучения оправдывается наличием большого ассортимента библиотек, необходимых для подобного рода разработок.

В основе системы использовалась ОС Linux, так как конечный программный продукт должен был быть монолитным, запуск ПО осуществляется посредством подсистемы `init.d`, которая при загрузке операционной системы запускает выполняемые скрипты в заданном порядке. В основу программного продукта закладывается `main`-файл, который будет отвечать за непрерывный захват акустического окружения и анализ окружающих звуков на предмет соответствия эталонным образцам. Механизм распознавания реализован на нейронной сети ANN, что позволяет достаточно оперативно соотносить зафиксированные звуки с обученными последовательностями.

Метод распознавания основан на сопоставлении отпечатков обучающих последовательностей и захваченных параметров окружения. В основе механизмов, отвечающих за распознавание, заложена библиотека `PyTorch`, которая полностью соответствует нашим требованиям – открыта для использования, имеет широкий набор всех необходимых инструментов, поддерживаемых сообществом. Также следует отметить кроссплатформенность данной библиотеки – использование возможно в равной мере как в ОС Linux, так и в Mac OS или Windows. Дополнительно следует отметить возможность GPU многопоточной обработки на платформах CUDA и ROCm.

Как показали результаты тестирования, уже на этапе получения данных сигнал содержит в себе значительное количество помех, которые формируются как шумом окружения, так и переотражением основного сигнала. Применение фильтров устраняют большинство сторонних сигналов. При известном фоновом шуме возможна адаптивная фильтрация, предназначенная для подавления конкретного вида шума, например, применение простого фильтра верхних частот значительно снижает сторонние составляющие в сигнале. При настройке модели в зависимости от комбинации входных наборов для количества эпох, равных 128, средняя точность составила 78,8 %, что является достаточно хорошим результатом.

УДК 612.845.5: 004.3+004.4

АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК МАШИНИСТАМИ С АНОМАЛЬНОЙ ТРИХРОМАЗИЕЙ

В. В. СИНИЦЫНА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Как известно, болезни органов зрения довольно часто не только препятствуют восприятию окружающей человека визуальной информации, но и являются серьезной помехой на пути освоения многих профессий. И такая профессия, как машинист поезда, не стала исключением. Так, среди нарушений зрения, не позволяющих человеку работать на должности машиниста поезда, выделяются аномалии цветового зрения. Наиболее распространенной аномалией цветового зрения считается аномальная трихромазия, которая встречается примерно у 6 % населения Земли, когда вообще аномалии цветового зрения свойственны 8 % населения земного шара [1].

Особенность аномальной трихромазии заключается в недостаточном количестве фотопигмента определенного цвета в фоторецепторах колбочек глаз человека. В зависимости от цвета недостающего фотопигмента выделяются следующие формы цветоаномалии: тританомалия, протаномалия и дейтераномалия. Тританомалия характеризуется частичным отсутствием синего фотопигмента, протаномалия – красного фотопигмента, дейтераномалия – зеленого.

Кроме того, формы аномальной трихромазии имеют различные степени тяжести: А, В и С. Так, степень А – наиболее тяжелая степень аномальной трихромазии, при которой количество фотопигмента очень сильно сокращено по сравнению с количеством фотопигмента в фоторецепторах колбочек глаз нормального трихромата. Степень С является наиболее легкой, в таком случае цветоаномалы воспринимают цвета почти так же, как и нормальные трихроматы. Определение степени тяжести аномалии происходит на основании выявленных у цветоаномалов порогов цветоразличения. Однако довольно часто степень тяжести аномалии классифицируют не только на основании

порогов цветоразличения испытуемого, но и на основании значений, полученных, к примеру, в результате прохождения человеком Farnsworth-Munsell 100 Hue Test. В таких случаях степень тяжести ранжируют значениями от 0,1 до 0,9, где, соответственно, 0,1 представляет собой практически полное отсутствие аномальной трихромазии, 0,9 же характеризуется наличием у человека тяжелой степени цветоаномалии.

Так, в «Перечне медицинских противопоказаний к работе по должностям работников железнодорожного транспорта общего пользования, непосредственно обеспечивающих перевозочный процесс» Республики Беларусь указано, что в случае наличия у работника протаномалии типа А, дейтераномалии типа А данные нарушения классифицируются в качестве выраженных нарушений способности к трудовой деятельности; в случае же протаномалии типа В или дейтераномалии типа В наблюдается умеренно выраженное нарушение способности к трудовой деятельности; при наличии у работника протаномалии типа С, дейтераномалии типа С, а также при правильном различении красного, зеленого и желтого цветов принято считать присутствие у такого работника легкого нарушения способности к трудовой деятельности. Но стоит отметить, что машинисты не могут осуществлять пассажирские перевозки ни при одной из вышеупомянутых аномалий [2].

Запрет на работу машинистами для людей с аномальной трихромазией вполне обоснован, так как известны случаи серьезных последствий невозможности корректного распознавания цветов сигналов светофоров и иных железнодорожных знаков людьми, управляющими транспортными средствами и имеющими аномалии цветового зрения. Так, в XIX веке цветоаномалии людей, управляющих различными транспортными средствами, не раз приводили к катастрофам [3].

Совершенствование же аппаратного и программного обеспечения способствует не только развитию безграничного доступа людей с цветоаномалиями к любому типу визуальной информации, но и предоставляет возможность вовлечения в профессии людей, испытывающих трудности с подобного рода деятельностью в силу наличия таких форм аномальной трихромазии, как протаномалия, дейтераномалия или же тританомалия различной степени тяжести.

Целью данной работы является определение методов и средств, позволяющих машинистам с аномальной трихромазией осуществлять безопасные пассажирские железнодорожные перевозки.

Кроме того, поставлены следующие задачи:

- определить, какие именно технические устройства способны предоставить возможность пассажирских перевозок машинистами поездов с цветоаномалиями;

- обозначить характеристики программного обеспечения вышеназванных устройств.

Следует определить, какие именно технические средства и с какими характеристиками программного обеспечения способны помочь машинистам поездов с аномальной трихромазией в их профессиональной деятельности. Так, важно, чтобы преобразование цветов окружающей машиниста визуальной информации осуществлялось быстро, а результат выводился не на устройстве, которое будет расположено в каком-либо одном фиксированном месте кабины, а на таком устройстве, которое было бы способно следовать за направлением взгляда машиниста. Наилучшим вариантом в данном случае представляется использование очков, позволяющих загружать программное обеспечение для обработки и преобразования воспринимаемой информации и незамедлительно отображать машинисту результат данного преобразования.

В связи с разработкой программного обеспечения для предоставления возможности машинистам с аномальной трихромазией осуществлять безопасные железнодорожные перевозки необходимо отметить некоторые важные положения:

- программное обеспечение призвано помогать машинистам с различными формами аномальной трихромазии, то есть с протаномалией, дейтераномалией и тританомалией, а также учитывать наличие у машинистов различных степеней тяжести цветоаномалий (от наиболее тяжелой степени А до наиболее легкой степени С);

- кроме того, для машиниста поезда особенно важно иметь возможность корректно различать цвета сигналов светофора, железнодорожных знаков, а также различных элементов на панели управления;

- коррекция изображений должна представлять собой стремление сделать цветовую составляющую реколоризованных изображений для машинистов с цветовой слепотой более близкой в восприятии к тем цветам, которые наблюдает нормальный трихромат;

- в ночное время программное обеспечение должно распознавать цвета необходимых железнодорожных знаков и сигналов светофора наиболее близко к тому, как данное распознавание происходит днем при естественном освещении;

- машинисту поезда следует иметь возможность различать цвета моргающих ламп на панели управления в кабине так же хорошо, как и сигналы светофоров, железнодорожные знаки;
- скорость обработки программным обеспечением принимаемой информации также должна быть довольно высокой, то есть важны такие характеристики, как скорости обработки видеопотока, распознавания ключевых для наблюдения объектов и их рекolorизации;
- степени вероятности выхода из строя устройства, сбоя алгоритма должны стремиться к нулю, так как подобные неполадки повлекут за собой катастрофические последствия.

Таким образом, необходимо отметить, что проблема наличия аномальной трихромазии у машинистов поездов является достаточно актуальной, так как не позволяет людям с теми или иными формами и степенями цветовой аномалии занимать данную должность. Однако на сегодняшний день возможна разработка программного обеспечения, которое поможет машинистам с различными формами и степенями тяжести аномальной трихромазии безопасно управлять пассажирскими поездами. Кроме того, использовать данное программное обеспечение лучше всего в очках, которые позволяют загружать соответствующее программное обеспечение и отображать окружающую действительность в соответствии с наиболее корректным для работников с цветоаномалиями представлением.

Список литературы

- 1 Шиффман, Х. Р. Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – СПб. : Питер, 2003. – 222 с.
- 2 Об организации медицинского обеспечения безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта общего пользования и об установлении отдельных форм медицинских документов [Электронный ресурс] : постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 31 окт. 2012 г., № 171 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2012.
- 3 Chaparro, A. Applications of Color in Design for Color-Deficient Users / A. Chaparro, M. Chaparro // Journal of Ergonomics in design. – 2017. – P. 23–30.

УДК 355.41

АНАЛИЗ ОПЫТА ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОЕННОЙ ЛОГИСТИКИ С ПОМОЩЬЮ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ УКРАИНЫ

В. П. СТЕПУК

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

Искусство планирования и управления перемещением войск, а также обеспечение их всем необходимым для ведения боевых действий было упомянуто под словом «логистика» в начале X века византийским императором Львом VI Мудрым [3]. За прошедшие XI веков современный мир с момента появления термина «логистика» претерпел множество изменений, он стал сложнее и многограннее. И военная логистика, развиваясь наравне с другими военными науками, стала многофункциональнее, проникая во всё новые области обороны и безопасности государства. Ведущие военные державы однозначно понимают, что ход и исход военных действий зависит от того, насколько полно и своевременно войска будут обеспечены всем необходимым, как скоро будут возвращены в строй раненые, а также восстановлены поврежденные вооружение и военная техника.

В основе современных проведенных военных операций в Югославии, Ираке, Сирии, Ливии, Украине можно выделить основные приоритеты в тыловом обеспечении группировок войск, определяющие успех одной из противоборствующих сторон:

- господство в ситуационной осведомленности, т. е. знании местоположения, состояния запасов и резервов материальных средств своих сил и сил противника, их передвижений, а также в прогнозировании величин их расхода и потерь и рациональном планировании восполнения запасов в соответствии с динамичной обстановкой на театре военных действий (далее – ТВД);
- своевременное реагирование на заявляемые потребности группировок войск (сил) – рациональное распределение, быстрая (своевременная) и адресная доставка необходимой войскам (силам) номенклатуры материальных средств в требуемых количествах;
- адаптивность системы материального обеспечения, т. е. приспособляемость ее к динамично изменяющимся условиям реальной оперативной обстановки на ТВД с широким использованием местной (гражданской) производственной и логистической инфраструктуры;

– превосходство над противником в системе управления тыловым обеспечением (в количестве и качестве средств связи, автоматизации, оперативной поддержки принятия ситуативных и организационных решений).

При рассмотрении системы материально-технического обеспечения Вооруженных сил Украины (далее – ВСУ) стоит отметить ряд особенностей, связанных с активным применением автоматизации процессами управления материальным обеспечением. Отсутствие необходимых объемов материальных ресурсов, качественного распределения и планирования их поставок заставило Министерство обороны Украины принимать решение о кардинальном совершенствовании организации материального обеспечения Вооруженных сил. С 2019 года в ВСУ началось внедрение автоматизированной системы логистическим обеспечением LOGFAS (Logistic Functional Area Services), применяемую в армиях стран – членов НАТО (далее – система, LOGFAS).

LOGFAS появилась на свет в конце 80-х годов и изначально планировалась как временная мера до разработки полноценной коммерческой информационной системы. Однако, развиваясь и дополняясь новыми возможностями, система «дожила» до первой четверти XXI века. Она разработана и технически поддерживается Агентством НАТО по связи и информации (NCIA). С 1995 года LOGFAS используется для организации единой логистической системы стран – членов НАТО при подготовке и проведении операций и учений. Разработана в целях унификации логистических возможностей стран – членов НАТО, повышения эффективности использования национальных ресурсов, упрощения и ускорения логистических потоков и предоставления командованию помощи в принятии решений по тыловому обеспечению. Это набор цифровых инструментов, поддерживающих процессы управления стратегическим перемещением и оперативным развертыванием контингентов стран-членов НАТО, их тыловым обеспечением, планированием воинских перевозок в зоне боевых действий с помощью следующих модулей:

– **менеджер географии (GEOMAN)** используется для управления картами местоположения войск, грузов и маршрутов. Местоположения GEOMAN включают воздушные и морские порты. Маршруты включают воздушные, морские, внутренние водные пути, железную дорогу, автодорогу и трубопроводы. Может быть дополнена информацией о транспортной инфраструктуре;

– **управление данными LOGFAS (LDM)** используется для управления и анализа оперативными данными и составления отчетов о них;

– **система развертывания и передвижения группировок войск армий стран-членов (ADAMS).**

Включает в себя:

– планирование и мониторинг стратегического развертывания войск в зоне ответственности;

– координацию передвижения войск;

– распределение сил и средств и планирование материального обеспечения;

– **организация приема и дальнейшего продвижения войск (CORSOM).** Как и ADAMS, CORSOM используется для улучшения технологических операций по приему, перегрузке и дальнейшему продвижению войск во время развертывания. CORSOM также включает в себя мероприятия по планированию, анализу и устранению проблемных вопросов, а также обеспечение мониторинга процессов во время развертывания;

– **эффективное наглядное исполнение (EVE)** поддерживает проведение развертывания войск и обеспечивает мониторинг передвижения и транспортировки активов. EVE также поддерживает обзор, приоритетность и координацию передвижения и транспортировки войск;

– **модель распределения поставок (SDM)** – инструмент поддержки принятия решений командирами (начальниками), используемый для моделирования оперативного пополнения запасов материальных средств и обеспечения жизнедеятельности войск при различных сценариях планируемых операций;

– **модель планирования устойчивого развития (SPM)** предназначена для планирования всестороннего обеспечения операций, стратегического планирования создания запасов материальных средств и анализа устойчивости боеготовности и боеспособности войск (сил).

LOGFAS взаимодействует с другими информационными системами НАТО, такими как информационная система оперативного планирования для медицинской поддержки TOPFAS, текстовых сообщений JChat, управления событиями JOCWatch, ситуационной осведомленности IGeoSit и NCOP.

Дорожная карта внедрения LOGFAS в ВСУ реализуется с 2022 года и уже активно развертывается до уровня бригад [4, 6]. В Украине система внедряется в первую очередь для обеспечения

надлежащей прозрачности и контроля над поставками вооружения и военной техники, получаемыми в виде материально-технической помощи от стран-членов НАТО [7]. В результате масштабирования она будет являться одним из главных инструментов внедрения цифровой логистики в ВСУ и обеспечит логистическое планирование не только международной помощи, но и впоследствии полного перечня задач по управлению материальными ресурсами в ходе ведения боевых действий: прогнозирование, планирование и контроль за поставками необходимых ресурсов в войска. ВСУ, внедряя цифровые сервисы Североатлантического альянса, планирует интегрироваться в автоматизированную систему управления логистическим обеспечением стран-членов НАТО, повышая оперативную совместимость с их номенклатурами видов вооружений и материальных средств и управленческими процессами «натовского» стандарта [4].

Проблемы цифровизации в условиях современной военной логистики возникают сразу же при попытке её внедрения. Вместе с тем любые инновации требуют огромных государственных финансовых затрат и законодательных реформ. На данный момент основными проблемными вопросами автоматизации процессов управления военной логистикой в ВСУ являются:

- перевод бумажных носителей информации о состоянии запасов материальных средств на цифровые. Необходимо создание автоматизированного учета материальных средств на всех уровнях от войскового склада до базы хранения стратегического уровня;

- обеспечение защиты и безопасного обмена информации закрытого характера. Для этого буквально каждое электронное устройство (смартфон, компьютер, дисплей, мышь, клавиатура и производственное оборудование, включая кабели) и работающее на этом оборудовании программное обеспечение должно подвергаться специальной проверке;

- наличие подготовленных высококвалифицированных кадров. Уже подготовлено более 300 специалистов-операторов LOGFAS для ВСУ, развернуты 350 рабочих мест, чтобы охватить все уровни логистического планирования от стратегического командования до бригады;

- необходимость в большом количестве автоматизированных рабочих мест [5].

Цифровизация военной логистики, активное внедрение автоматизации процессами управления тыловым обеспечением является одной из приоритетных задач Плана строительства и развития Вооруженных Сил Республики Беларусь. Создание современной информационной системы материального обеспечения и, в том числе, единой системы организации (планирования) подвоза материальных средств войскам в операциях являются основными направлениями дальнейших научных исследований в области развития военной логистики.

Список литературы

- 1 Лисейчиков, Н. И. Военная логистика / Н. И. Лисейчиков. – Минск : НИИ ВС РБ, 2020. – 449 с.
- 2 Молокович, А. Д. Транспортная логистика : учеб. / А. Д. Молокович. – Минск : Выш. школа, 2019. – 465 с.
- 3 Егоров, Ю. Н. Логистика / Ю. Н. Егоров. – М. : ИНФРА-М, 2016. – 191 с.
- 4 Поставки оружия: Украина успешно ввела логистическую систему LOGFAS от НАТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.zn.ua/>. – Дата доступа : 01.10.2023.
- 5 Мост между армиями НАТО. Украина переводит военную логистику на натовскую IT-систему LOGFAS. Насколько сложен этот путь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.forbs.ua/>. – Дата доступа : 01.10.2023.
- 6 Глава Минобороны Украины обсудил с генсеком НАТО внедрение в ВСУ стандартов альянса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tass.ru/>. – Дата доступа : 01.10.2023.
- 7 На Украине планируют ввести натовскую систему логистики LOGFAS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ria.ru/>. – Дата доступа : 01.10.2023.
- 8 What is LOGFAS? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nexuslcm.com/>. – Дата доступа : 01.10.2023.

УДК 351.815

ВОЕННАЯ ЛОГИСТИКА ОПЕРАТИВНЫХ И СНАБЖЕНЧЕСКИХ ПЕРЕВОЗОК КАК ОСНОВА БОЕВОЙ ГОТОВНОСТИ ВОЙСК

С. Н. ТИМАШКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Объективно существующие источники военных угроз в рамках современной мировой военно-политической обстановки в Европейском регионе требуют нахождения в постоянной боевой готовности военной организации государства с целью обеспечения военной безопасности.

Боевой готовностью войск является их способность приступить к выполнению боевых задач в соответствии с их предназначением в заданные сроки. Эти заданные сроки и определяют военную логистику оперативных и снабженческих перевозок фундаментальным звеном системы боевой готовности войск. Под военной логистикой понимается управление перемещением войск, их бесперебойное снабжение вооружением и военной техникой, всеми видами материальных средств для достижения успеха в военной компании, а также эвакуация раненых и вышедших из строя техники и вооружения.

На развитие военной логистики каждого государства оказывают влияние различные факторы, которые можно условно разделить на пять групп.

1 Группа военных факторов (концепция национальной безопасности, военная доктрина государства, численность и дислокация вооруженных сил и других воинских формирований, а также их укомплектованность стоящими на вооружении образцами военной и специальной техники).

2 Группа экономических факторов (бюджет государства и военного ведомства на текущий год, уровень развития военной логистики в государстве).

3 Группа социальных факторов (уровень образования и развития науки государства, наличие компетентного кадрового потенциала).

4 Группа геополитических факторов (военно-политическая обстановка в регионе, географическое положение государства и его географические размеры).

5 Группа технических факторов (уровень развития техники и технологий, наличие и готовность транспорта, развитие логистической инфраструктуры) [1].

Кроме факторов, оказывающих влияние на развитие военной логистики, важное значение приобретают и принципы, определяющие ее эффективность, основными из которых являются:

– *живучесть*, то есть способность военной логистической системы выполнять основные функции, несмотря на создаваемые противником препятствия, для успешного выполнения поставленной задачи;

– *интеграция* – объединение всех логистических функций в единую систему, что позволяет избавиться от дополнительных затрат времени и средств на промежуточные операции между грузоотправителем и грузополучателем;

– *скорость реагирования* – способность быстро обеспечить выполнение поставленной задачи согласно принятому решению в условиях изменяющейся обстановки;

– *простота* – логистические задачи должны быть просты и понятны, а логистические процессы для удобства должны быть максимально стандартизированы;

– *экономичность* – характеризуется результативностью военной логистики оперативных и снабженческих перевозок по отношению к затратам;

– *непрерывность* – недопущение возникновения любых незапланированных перерывов в логистической деятельности;

– *импровизация* – способность системы адаптироваться при возникновении непредвиденных обстоятельств;

– *информационная безопасность* – возможность противостоять несанкционированному доступу к информационным ресурсам логистических перемещений вооруженных сил государства [2].

Военная логистика обеспечивается использованием как отдельных видов транспорта (железнодорожный, автомобильный, воздушный, морской, внутренний водный), так и нескольких видов в комплексе. Каждый вид транспорта имеет свои рациональные сферы использования, отличительные черты по особенностям функционирования, инфраструктуре, возможностям транспортировать различные объемы, условиям транспортировки, эффективности перевозки.

Военная логистика оперативных и снабженческих перевозок Республики Беларусь имеет свои особенности в силу географических размеров и расположения государства (отсутствие выхода к морю, относительно небольшие маршруты передвижения войск), уровня развития транспортной инфраструктуры (слабое развитие внутренних водных путей сообщения, наличие однопутных железнодорожных перегонов, оборудованных полуавтоматической блокировкой электрификация только основных железнодорожных коридоров и направлений; наличие большого числа устаревшего парка грузовых вагонов и вагонов с продленными нормативными сроками службы, что чревато масштабным дефицитом рабочего парка; ограниченное наличие вагонов-теплушек для перевозки личного состава, выполняющего задачи по охране и сопровождению воинских грузов).

В современных условиях на территории Республики Беларусь железнодорожный транспорт остается самым мощным видом сухопутного транспорта, используемым для обеспечения воинских перевозок в интересах Вооруженных Сил Республики Беларусь.

Главным достоинством железнодорожного транспорта является:

- 1) высокая провозная способность;
- 2) большая протяженность магистралей;
- 3) максимальная надежность перевозок и малая зависимость от климатических условий;
- 4) относительно высокая скорость доставки грузов и сравнительно низкая себестоимость перевозок;
- 5) минимальное воздействие на окружающую среду.

Основными недостатками железнодорожного транспорта являются:

- 1) высокая уязвимость от воздействия противника;
- 2) сложность восстановления разрушенных объектов;
- 3) высокая стоимость нового строительства и восстановления.

Как правило, основные проблемы в военной логистике оперативных и снабженческих перевозок возникают в момент ведения боевых действий. Дороги и пути сообщения на театрах военных действий, куда необходимо организовать бесперебойное снабжение войск вооружением и различными видами материальных средств, а также непосредственно само перемещение войск, находятся под постоянным обстрелом противоборствующих сторон. В результате войска могут остаться на долгое время без снабжения в силу слабой организации логистической поддержки, что ведет к потере ими боевой способности. Данная проблема является основным звеном в иерархической организации составляющей боевой готовности военной организации государства.

Таким образом, военная логистика оперативных и снабженческих перевозок должна отличаться наибольшей гибкостью и многовариантностью возможных решений, что будет обеспечивать успех военных действий.

Список литературы

- 1 Коновалов, В. Б. Перспективные направления развития и пути совершенствования военной логистики / В. Б. Коновалов, В. В. Тришункин // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 4–1 (45). – С. 455–458.
- 2 Курбанов, Т. Х. Развитие военной логистической инфраструктуры (складского хозяйства) на основе принципов обеспечения войск / Т. Х. Курбанов // Менеджмент предпринимательской деятельности: материалы 14-й науч.-практ. конф. – 2016. – С. 488–491.

УДК 656.2.025.4:004

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

В. В. ТОМАШОВ, О. В. ЧЕРНЫШОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Перевозка грузов в настоящее время претерпевает качественные изменения. Это связано со стремлением повысить эффективность работы транспорта, снизить издержки, уменьшить стоимость перевозок, соблюдать сроки доставки грузов и обеспечивать их сохранность – то, что в большей степени продиктовано развивающимися рыночными отношениями и связанной с ними конкурентоспособностью автомобильных грузовых перевозок.

Современные условия диктуют обязательное внедрение и использование информационных технологий – информационно-управляющих систем во все сферы нашей жизни.

Самой большой проблемой области информатизации транспорта являются закрытые интеллектуальные системы. Создано огромное количество систем, автоматизирующих отдельные бизнес-процессы, а чаще даже отдельные задачи и функции. При этом системы зачастую не связаны друг с другом, используют собственные хранилища оперативной и нормативно-справочной информации. Отсутствуют регламенты поддержания актуальности, синхронизации данных в разных системах. Многие используемые средства автоматизации не соответствуют современным требованиям. На современном этапе развития информационных технологий на первый план ставится создание еди-

ного информационного пространства, которое включает в себя единое пространство данных, единое методологическое пространство и единое пространство функционала.

Что же касается перевозки опасных грузов – эта особая часть номенклатуры грузов. Объемы перевозок опасных грузов автомобильным транспортом составляют более 25 % от общего и ежегодно возрастают. В общем объеме грузов, перевозимых всеми видами транспорта, доля опасных грузов составляет около 20 %. Около 35 % из них приходится на долю железнодорожного транспорта. В основном это нефтепродукты, сжиженные и сжатые газы. Перечень опасных грузов, предъявляемых к перевозке, насчитывает около пяти тысяч наименований. Из-за присущих опасным грузам свойств их перевозка требует постоянного внимания и непрерывного контроля.

Развитие информационных и коммуникационных технологий открыло новые возможности для решения сложных транспортных проблем, с которыми сталкивается современный мир. Решение было найдено в создании уже не систем управления транспортом, а транспортных систем, в которых средства связи, управления и контроля изначально встроены в транспортные средства и объекты инфраструктуры, а возможности управления (принятия решений) на основе получаемой в реальном времени информации, в таких системах доступны не только транспортным операторам, но и всем пользователям транспорта. Задача решается путем построения интегрированной системы: люди – транспортная инфраструктура – транспортные средства, с максимальным использованием новейших информационно-управляющих технологий.

Наблюдается активный процесс формирования и развития интеллектуальных транспортных систем (ИТС) в транспортном секторе экономики, который уже привел к очевидному улучшению работы всех видов транспорта во всех странах, где этому уделялось должное внимание.

В странах – участниках Европейского соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов предусмотрено обязательное проведение мониторинга перевозок опасных грузов. Мониторинг осуществляется с помощью комплексной информационно-аналитической системы контроля транспортных средств (КИАСК-ТС), реализованной на основе спутниковых навигационных технологий ГЛОНАСС/GPS.

Функциональная архитектура сервиса предусматривает контроль перевозок опасных грузов, в том числе их отслеживание и классификацию, уведомление об аварии с опасными грузами, передаче информации об авариях и нарушениях порядка перевозки опасных грузов всем заинтересованным организациям, отслеживание местоположения транспортного средства, перевозящего опасный груз, обнаружение его отклонения от запланированного маршрута, идентификацию входа ТС в чувствительные географические области (например зоны, в которых перевозка опасных грузов запрещена), аутентификация водителя с деактивацией транспортного средства при попытке управления ТС неправомочным водителем.

Система мониторинга включает:

- бортовые устройства, обеспечивающие навигацию ТС с помощью ГНСС, связь с автоматизированными центрами контроля и надзора по каналам сотовой и, возможно, спутниковой связи (с низкоорбитальными спутниками) и передачу в АЦКН информации о местоположении и состоянии ТС, вводимой водителем и формируемой автоматически;

- автоматизированные центры контроля и надзора, осуществляющие мониторинг перевозок опасных грузов.

Включение в состав бортового устройства, средство спутниковой связи необходимо для обеспечения мониторинга в зонах, где отсутствует сотовая связь. Сообщение с бортового устройства о перевозке опасного груза должно включать следующий набор мониторинговой информации:

- идентификационный номер бортового устройства;
- географическую широту местоположения транспортного средства;
- географическую долготу местоположения транспортного средства;
- скорость движения транспортного средства;
- путевой угол транспортного средства;
- время и дату фиксации местоположения транспортного средства;
- признак нажатия тревожной кнопки.

Кроме того, необходимо обеспечить возможность передачи следующих данных о перевозке опасных грузов:

- состояние ТС («Перевозка опасного груза», «Разгрузка», «Нет опасного груза»);
- номер специального разрешения, в соответствии с которым осуществляется перевозка;
- номер (номера) ООН перевозимого (перевозимых) грузов;
- данные о количестве груза на борту ТС.

Получив указанную информацию, контролирующие органы имеют возможность определить государственный регистрационный номер, модель, марку и принадлежность ТС, вид перевозимого груза (грузов), разрешённый маршрут движения. При этом возможен контроль наличия специального разрешения для данного ТС, вида груза и маршрута. В ходе перевозки они получают мониторинговую информацию, которая может использоваться для автоматического контроля соблюдения разрешённого маршрута перевозки, а при отклонении от него на величину, большую заданной, – для выдачи тревожного сообщения оператору и на линейные посты транспортного надзора.

Для опасных грузов в упаковках целесообразно предусмотреть нанесение на каждую упаковку RFID-меток, содержащих признак опасного груза и его номер ООН. Для сбора информации с RFID-меток ТС должно быть оснащено считывателями, зоны действия которых полностью перекрывают внутренний объём кузова ТС. Если конструкция кузова предусматривает возможность его закрытия и запираения, на запорное устройство целесообразно поместить «электронную пломбу» – приспособление, выдающее сигнал при попытке его несанкционированного вскрытия.

При перевозке опасных грузов навалом/насыпью представляется целесообразным использовать датчики нагрузки на оси. Существуют разновидности датчиков для автомобилей с рессорной подвеской и с пневмоподвеской. Аналогичные датчики нагрузок могут устанавливаться и на тележки железнодорожного подвижного состава.

Проведенный анализ существующих интеллектуальных транспортных систем применяемых во время перевозки опасных грузов не даёт возможность сделать однозначный вывод, что усовершенствование ИТС еще впереди. Главным направлением усовершенствования будет разработка стандартов на телематические системы, что позволит использовать оборудование разных поставщиков в едином информационном пространстве.

Список литературы

- 1 ГОСТ Р 56829-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения. Введ. 2016-06-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 10 с.
- 2 Интеллектуальные транспортные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.niiat.ru/activity/intellektualnye-transportnye-sistemy>. – Дата доступа : 09.09.2023.
- 3 Железные дороги мира : журнал. – 2020. – № 5. – С. 50–62.

УДК 358.94

ПРОТИВОВОЗДУШНАЯ ОБОРОНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО ОПЫТУ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ

В. В. ЦЫБУЛЬКО

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск

Железные дороги – связующие нити, опоясывающие все континенты. Они имеют одинаково важное стратегическое значение, как в мирное, так и в военное время. Железнодорожная инфраструктура, обеспечивающая эксплуатацию данных дорог, железнодорожный транспорт, который позволяет достаточно быстро перемещать различные грузы, имеют также важное значение. От их целостности зависит решение многих стратегических задач в масштабе любого государства. Все это подтверждает и ход специальной военной операции, проводимой Российской Федерацией в Украине. Следует отметить, что обе противоборствующие стороны пытаются вывести из строя, как железнодорожную инфраструктуру, так и железнодорожный подвижной состав, обеспечивающие выполнение задач в интересах военных.

Необходимо отметить, что наибольшую эффективность, как по поражению элементов железнодорожной инфраструктуры, так и по поражению подвижного состава имеют средства воздушного нападения.

Опыт, как специальной военной операции, так и других конфликтов показывает, что если ранее среди средств воздушного нападения пальма первенства отдавалась пилотируемой авиации, то постепенно их функции стали выполнять крылатые и баллистические ракеты различной дальности, авиационные средства поражения, более дешевые средства такие, как беспилотные летательные аппараты различного назначения

Но что бы не использовалось для поражения, то ли пилотируемая авиация, то ли весь спектр высокоточных средств поражения, то ли беспилотные летательные аппараты, – в борьбе с ними многое будет зависеть от эффективности применения средств противовоздушной обороны, которые способны успешно бороться с ними.

О том, что оружие и боеприпасы для группировки Вооруженных сил Украины в Донбассе идут, в том числе и по железной дороге, известно давно. Поэтому российское высокоточное оружие с определенной периодичностью поражает стратегически важные узлы украинских железных дорог. Российские военные высокоточным оружием большой дальности уничтожают тяговые подстанции на железнодорожных станциях Украины, предназначенные для распределения энергии, в том числе для питания электроподвижного состава, через которые осуществляется поставка иностранного вооружения и военной техники украинской группировки войск в Донбассе [1].

Также поражаются железнодорожные пути и мосты, по которым перемещается оружие и боеприпасы из Польши, Венгрии и Словакии, и перегоны, по которым Вооруженные силы Украины перекидывают бронетехнику из центра Украины на восток. Следует ожидать поражение депо, вагоноремонтных заводов и отдельных тепловозов. Дефицит тяги приведёт к парализации движения [2].

Украинские военнослужащие также наносят удары по элементам железнодорожной инфраструктуры, расположенной на территории ЛНР, ДНР, Запорожской и Херсонской областях.

Говоря о возможных способах реализации защиты железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава от воздействия средств воздушного нападения с использованием средств противовоздушной обороны то их, конечно же, два:

– во-первых, это прикрытие от ударов с воздуха элементов железнодорожной инфраструктуры зенитными ракетными комплексами и системами. Вооруженными силами Украины и Вооруженными силами Российской Федерации данный вариант реализован. Следует отметить, что эффективность системы противовоздушной обороны Вооруженных сил Украины из-за значительных потерь имеет невысокую эффективность;

– во-вторых, это использование для борьбы со средствами воздушного нападения специализированных поездов (бронепоездов), оснащенных средствами противовоздушной обороны.

Опираясь на опыт Российской Федерации в ходе проведения ею специальной военной операции, хотелось бы остановиться на втором варианте борьбы со средствами воздушного нападения, который не получил такого широкого применения как первый, но тем не менее он использовался ранее и достаточно эффективно, в том числе и в годы Великой Отечественной войны.

Если же углубиться с историей, то еще в конце XIX века впервые родилась идея создать специальные военизированные поезда для защиты и ремонта железнодорожной инфраструктуры и ведения боевых действий. Составы получили название бронепоезда. В начале 90-х годов от них хотели отказываться полностью, при этом часть их ставили на хранение, а часть ликвидировали. Вместе с тем во время первой и второй компаний на Кавказе (1999–2009 года) пять составов: «Казбек», «Дон», «Амур», «Байкал», «Терек» несли успешно службу и показали свою эффективность. В 2015 году Министерство обороны России могло лишиться четырех оставшихся специальных поездов, но Сергей Шойгу, сменив Анатолия Сердюкова на посту Министра обороны Российской Федерации, отменил решение о ликвидации бронепоездов.

Необходимо отметить, что уже в 2022 году бронепоезда снова вернулись. Сообщение о том, что армия России использует их в зоне специальной военной операции, стала определенным сюрпризом. Решение о вводе бронепоездов в зону специальной военной операции было принято на основе успешного «чеченского» опыта. Практика применения специальных составов в зоне специальной военной операции показывает, что опыт прадедов и дедов актуален и в наши дни.

На первый взгляд в современные представления о боевых действиях эти, казалось бы, гости из далекого прошлого не вписываются. Тем не менее, согласно заявлениям российского командования, специальные поезда полностью оправдали ожидания. В зоне специальной военной операции несут службу четыре бронепоезда: «Байкал», «Амур», «Волга» и «Енисей». Вооружены специаль-

ные составы зенитными установками, автоматическими гранатометами, средствами РЭБ и разведывательными дронами. Главные задачи современных бронированных поездов во многом схожи с задачами их предшественников. Это сопровождение эшелонов, пассажирских составов и гуманитарных грузов в зоне проведения специальной военной операции, а также разминирование и оперативный ремонт железнодорожных путей.

Для борьбы со средствами воздушного нападения в составе бронепоездов есть специальные платформы с размещаемыми на них двумя зенитными установками. Боевые расчеты установок ведут разведку воздушного пространства и в случае возникновения угрозы тут же устраняют ее.

При этом расчеты зенитных установок благодаря оснащению поезда могут выявлять низколетящие воздушные аппараты (возможность поражения до 1,5 километра), укрепленные позиции и наземную легкобронированную технику (возможность поражения до 2,5 километра).

Зенитные установки легко справляются с разведывательными и боевыми дронами. Один из бойцов специального поезда «Волга» рассказал, как сбил неопознанный беспилотник в 200–300 метрах от поезда. «В близости от нас, метров 200–300, был замечен неизвестный летательный аппарат, происхождение установить не удалось, под ним был непонятный подвес. Поступила команда, цель была успешно отработана, беспилотник был сбит» [3].

Как вывод необходимо отметить – без специальных и заблаговременных мер по созданию средств и способов защиты железнодорожных коммуникаций, к которым можно смело отнести и специализированные поезда, которые решают и задачи противовоздушной обороны, в будущих войнах железнодорожное сообщение может быть парализовано ударами авиации и высокоточных средств поражения на достаточно протяженных участках и на много часов, а то и суток.

Список литературы

1 DISCRED.RU [Электронный ресурс] : Артур Приймак. Россия начала военную операцию против железных дорог Украины, 2022. – Режим доступа : <https://www.discred.ru/2022/04/26/rossiya-nachala-voennuyu-operatsiyu-protiv-zheleznyh-dorog-ukrainy/>. – Дата доступа : 08.07.2023.

2 VGUDOK [Электронный ресурс] : Операция деиндустриализация. – Режим доступа : <https://vgudok.com/lenta/operaciya-deindustrializaciya-ukrainskie-zheleznye-dorogi-ne-smogut-perevozit-oruzhie-zerno-i>. – Дата доступа : 08.07.2023.

3 ТРК «Звезда» [Электронный ресурс] / Павел Кольцов, Анастасия Бобылева. 12.04.2023. Расчет зенитной установки на бронепоезде сбил неопознанный БПЛА в зоне СВО. – Режим доступа : <https://tvzvezda.ru/news/2023412253-qAkU5.html>. – Дата доступа : 08.07.2023.

УДК 356.1

БЕСКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ

Я. В. ШУТОВ, П. А. КАЦУБО, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, Р. Ю. ДОЛОМАНЮК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Современная военно-политическая обстановка показывает, что вооруженные силы должны готовиться к отражению новых угроз безопасности страны, связанных с совершенствованием технологической составляющей противоборствующих сторон. Основой этому служит стратегия активной обороны, то есть «комплекс упреждающих мер по нейтрализации угроз безопасности государства». В настоящее время наиболее технологически развитые государства активно разрабатывают и принимают на вооружение комплексы беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) различного назначения, что уже приобрело стратегический характер.

Бесконтактные методы отличаются высокой технологичностью и наукоемкостью. Они подходят для охраны особо важных объектов в совокупности с высокоэффективными системами обнаружения. Применяются в основном там, где высоки требования к скрытности, эффективности, универсальности.

При рассмотрении этих методов противодействия малым БпЛА в порядке возрастания эффективности первым является акустический. Его суть состоит в применении направленной звуковой волны мощностью около 140 дБ на расстоянии 40 м с целью вывода из строя механизма гироскопа малого БпЛА, что в дальнейшем ведет к потере управления. Преимуществом такого метода является отсутствие визуального демаскирующего фактора системы.

Эффективность существенно снижается при эксплуатации в неблагоприятных погодных условиях, что не удовлетворяет требованиям, выдвигаемым подразделениями РВСН, а наличие звуковых демаскирующих признаков не позволяет рассматривать его в составе силовых ведомств.

Далее следует метод, основанный на применении лазерных средств для выведения из строя оптической системы БпЛА или механической деформации подсистем управления. Преимуществом такого метода является скрытность, а основными недостатками – высокая техническая сложность и большие энергозатраты. Такой способ эффективен в качестве дополнительного при противодействии роям беспилотников, но не подходит для подразделений ПВО (особенно в составе мобильных формирований), так как не может эффективно применяться в неблагоприятных условиях и требует высоких энергетических ресурсов.

Одним из самых передовых на рынке является российский многофункциональный мобильный комплекс для борьбы с беспилотниками «Рать» с системой направленного лазерного уничтожения.

Комплекс предназначен для обнаружения, классификации беспилотных летательных аппаратов и подавления их радиоэлектронных средств СВЧ-излучением. Физическое уничтожение осуществляется лазерными средствами поражения. Лазерная система мощностью 1,5 кВт может бороться с БпЛА на дальности в 1 км. При этом происходит не только ослепление оптики дрона, но и физическое разрушение самого летательного аппарата.

На зарубежном рынке представлена система Phaser (разработка компании Raytheon, США). Устройство способно моментально вывести из строя группу вражеских беспилотников и практически любую электронику в системах управления. В отличие от лазерных противодронных систем, которые разрушают дрон механически за счет сильного дистанционного нагрева, Phaser, дистанционно формирующий наведенные токи в электрических цепях беспилотника, способен уничтожать целые группы БпЛА, не перенацеливая фокус излучателя на каждое устройство в рое.

Одним из наиболее эффективных и скрытных методов противодействия БпЛА является применение средств радиоэлектронной борьбы с целью перехвата управления БпЛА, постановки помех в работе бортовой электроники и манипулирование протоколами связи БпЛА.

Особенность состоит в том, что оператор должен проводить семантический многофакторный анализ условий обстановки и иметь широкий спектр программных инструментов по длительному противоборству БпЛА. Системы, основанные на таком методе, могут эксплуатироваться военнослужащими структурных подразделений радиоэлектронной борьбы, что повышает оперативность и квалифицированное их применение. Однако сегодня специалистов РЭБ в ракетных соединениях недостаточно, чтобы обеспечить развертывание подобных систем близ каждого ракетного дивизиона.

Следующий метод – манипулирование протоколами связи БпЛА (спуфинг). Он представляет собой разновидность радиоэлектронной борьбы и подразумевает ряд способов воздействия на систему управления БпЛА. К ним относится получение доступа к управлению за счет взлома зашифрованного канала связи или подмены данных авторизации, пополнение интерфейса и канала данных для внедрения в тракт управления стороннего кода. В ряде стран внесение изменений в код управления БпЛА приравнивается к взлому компьютера и наказывается законодательно.

Таким образом, бесконтактные методы представляют собой высокотехнологичные комплексы, которые требуют подготовки оператора. Аудио- и лазерные системы не универсальны, поэтому их применение затруднительно. Эксплуатация систем РЭБ подразумевает наличие сложного программно-аппаратного комплекса, что обусловлено высокими затратами. Подобными комплексами можно усилить структурные подразделения РЭБ, которые выполняют задачи при каждом штабе, но придавать такие средства каждому подразделению не рационально.

На рынке представлены готовые разработки подобных систем. Так, компания DroneShield (США) создала противодронную систему DroneSentry, которая может заглушить управляющий сигнал и направить дрон назад к оператору (как вариант – заставить аппарат сесть в безопасном режиме). Дальность действия системы – примерно 2 км.

На отечественном рынке аналогичные системы представлены радиолокационно-оптическим комплексом обеспечения безопасности объектов и нейтрализации БпЛА «Валдай» или «РДК-МЦ» («ROSC-1»). Используя трехкоординатную обзорную РЛС с диапазоном 3 см, средства радиотехнической разведки, оптико-электронную систему, средства радиоэлектронного противодействия и физического воздействия на БпЛА, комплекс выполняет задачи: обнаружения целей радиолокационным каналом, автоматического сопровождения цели оптико-электронными средствами, пеленгации источников радиоизлучения, распознавания типов целей, радиоэлектронного подавления каналов управления, передачи данных и навигации, выдачи целеуказаний средствам противодействия (дрона-

перехватчика с сетью), в том числе огневым средствам. Дальность обнаружения РЛС в свободном пространстве для мини/микро-БПЛА типа DJI Mavik (DJI Phantom) – не менее 5 км, а для средних БПЛА – не менее 15.

Эксклюзивные разработки представлены на российском рынке следующими изделиями:

1 «Купол-про» – переносной (стационарный) комплекс противодействия БПЛА всенаправленного действия 360x180. При включении мгновенно создается «непроницаемая» для БПЛА защитная полусфера радиусом не менее 2 км одновременно в 10 частотных диапазонах.

2 «Сапсан-бекас» – мобильный, многофункциональный комплекс. Использует средства радиолокационной, радиотехнической, оптико-электронной разведки для радиоэлектронного подавления. Все средства обнаружения и воздействия объединены современным программным обеспечением с АРМ управлением. Дальность обнаружения РЛС малоразмерной воздушной цели в зависимости от ЭПР растет от 3600 до 7100 м. Дальность обнаружения малоразмерной воздушной цели в зависимости от размера (в том числе и в темное время суток) – от 4 до 7 км.

3 Zala-zont является наиболее эффективной портативной системой подавления спутниковых навигационных систем (GPS, GLONASS, BeiDou, GALILEO) в радиусе до 2 км, обеспечивает безопасность наземных групп от нападения беспилотников-камикадзе и снятия точных координат группы (рис. 8в). Весит всего 800 г вместе с АКБ и помещается в стандартный подсумок для транспортировки магазина от автомата. Для подзарядки или непрерывной работы система подключается к сети 110/220В. Срок непрерывной работы – 6 ч.

4 Система обнаружения и противодействия БПЛА «Эгида» является одной из самых дальнобойных в своем сегменте и предназначена для скрытного обнаружения и радиоэлектронного подавления малоразмерных БПЛА на территории особо важных объектов и пульта управления этими БПЛА. Заявленная дальность обнаружения БПЛА позволяет обнаружить дрона на расстоянии 21 км и нейтрализовать его каналы связи в радиусе 20 км.

Таким образом, анализ методов противодействия БПЛА показывает, что приоритетными для применения в подразделениях РВСН являются методы физического воздействия. Современное вооружение этих подразделений включает пулемет ПКТ, однако эффективность его огня по далеко летящему малогабаритному БПЛА невелика. Эксплуатация зенитно-ракетных систем, интегрированных в автоматизированную систему охраны стационарных объектов, которые доказали свою эффективность в Сирийской Арабской Республике, эффективна, но затратна и для мирного времени нецелесообразна.

Начинать следует с установки сетей, которые не наносят ущерба воздушному судну, обяжут нарушителя ответить перед законом за вторжение и являются экономически выгодными. Следующий этап – внедрение систем обнаружения и радиоэлектронного подавления БПЛА на базе подразделений РЭБ, где оператор будет находиться в готовности к своевременному принятию мер. Такой подход к организации противодействия БПЛА способен отразить как одиночный, так и массированный налет в любой обстановке.

Вопрос противодействия БПЛА на объектах особой важности, к числу которых относятся объекты ПВО, должен быть решен в ближайшем будущем, так как воздушные суда дистанционного управления, имеющие возможность видео- и фотофиксации, сегодня вполне доступны, а ущерб, который может нанести самодельный дрон-камикадзе или разведчик, не поддается исчислению.

Список литературы

1 Макаренко, С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам : [монография] / С. И. Макаренко. – СПб. : Научное издание, 2020. – 204 с.

2 Ростопчин, В. В. Ударные беспилотные летательные противоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния / В. В. Ростопчин // Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye летательные_apparaty_i_protivovozdusnaa_oborona_problemy_i_perspektivy_proti_vostonia. – Дата доступа : 01.10.2023.

3 Самойлов, П. В. Угрозы применения малоразмерных БПЛА и определение наиболее эффективного способа борьбы с ними / П. В. Самойлов, К. А. Иванов // Молодой ученый [Электронный ресурс]. – 2017. – № 45. – С. 59–65. – Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/179/46398/>. – Дата доступа : 01.10.2023.

4 Аниськов, Р. В. К вопросу борьбы с незаконным использованием беспилотных летательных аппаратов коммерческого типа / Р. В. Аниськов // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2017. – № 9–10 (111–112). – С. 71–75.

5 Еремин, Г. В. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО / Г. В. Еремин, А. Д. Гаврилов, И. И. Назарчук // Отвага [Электронный ресурс]. 29.01.2015. № 6 (14). – Режим доступа : http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpkvzglyad/malorazmernye_bespilotniki/. – Дата доступа : 01.10.2023.

6 Еремин, Г. В. Организация системы борьбы с малоразмерными БПЛА / Г. В. Еремин, А. Д. Гаврилов, И. И. Назарчук // Арсенал Отечества. 2014 № 6 (14). – Режим доступа : <http://arsenal-otechestva.ru/new/389-antidrone>. – Дата доступа : 01.10.2023.

СОДЕРЖАНИЕ

7 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Атрошко Е. К., Дралова И. П.</i> Определение элементов деформаций конструкций зданий и сооружений геодезическими способами.....	5
<i>Бондаренко В. О., Шимановский А. О.</i> Влияние времени коррозионного износа железобетонной балки на ее напряженно-деформированное состояние.....	6
<i>Доля В. А., Васильев А. А.</i> Особенности обследования и оценки технического состояния конструкций зданий и сооружений храмовых комплексов	8
<i>Евстратенко А. В.</i> Понятие «стагнирующие территории» в архитектурно-градостроительной практике	10
<i>Zhelyazov T. A.</i> Physical-based multiple-factor model of a lead-core rubber bearing for seismic isolation	12
<i>Иванов Е. А., О. Е. Пантюхов</i> Совершенствование конструктивных схем большепролетных покрытий. Альтернативный вариант покрытия	13
<i>Кабышева Ю. К., Агеева К. Э., Васильев А. А.</i> Расчетно-экспериментальная зависимость начальной карбонизации бетона от количества цемента и гарантированной прочности бетона на сжатие	15
<i>Калашиник Е. Г., Подгорнова Г. Т.</i> Организация и проведение просмотров при изучении проектирования зданий с применением BIM-технологии	17
<i>Канцианова С. А., Яшина Т. В.</i> О применении инновационных технологий при возведении одноэтажных зданий	19
<i>Кологривко А. А., Кузьмич В. А.</i> Исследование несущей способности шламового основания для строительства конвейерного уклона из галитовых отходов	21
<i>Кракова И. Е., Цыганок О. И.</i> Анализ влияния характеристик заполнителя на прочность и колебания сэндвич-панелей	23
<i>Малашков Д. В., Неверов А. С.</i> Материалы на основе гипсовых вяжущих повышенной водостойкости и прочности с добавлением полимерных добавок	25
<i>Невейков А. Н., Дедок В. Н.</i> Применение метода вертикального армирования слабого основания для устройства сплошной фундаментной плиты крупнопанельного дома.....	26
<i>Праведная М. А., Яшина Т. В.</i> Использование гелиотехнологии при производстве железобетонных изделий	29
<i>Прасол В. М., Леонова Т. О.</i> Аддитивные технологии в строительстве.....	30
<i>Прасол В. М., Головкин Д. М.</i> Особенности выбора метода устройства фундамента в центральных районах крупных городов	32
<i>Прасол В. М., Головкин Д. М.</i> Проблемы строительства зданий и сооружений в условиях плотной городской застройки.....	34
<i>Ржевуцкая В. А., Москалькова Ю. Г.</i> Влияние размера образца на значение кубиковой прочности керамзитобетона	37
<i>Руденкова И. В., Балахонова А. В.</i> Классификация способов зонирования в ходе реновации заводской территории в парковую зону: достоинства и назначение, возможности решения проблем реновационного процесса.....	38
<i>Сирош К. А.</i> Расчет узлов сопряжения и их несущих элементов вариационно-разностным методом	40
<i>Ташкинов А. Г.</i> Исследование свойств заливочных пенопластов в условиях высоких температур	42
<i>Титкова Т. С., Тачилкина А. В.</i> Анализ опыта адаптации существующих зданий под гидропонные вертикальные фермы	44
<i>Ткачева М. И., Васильев А. А.</i> Анализ методов определения скорости коррозии стальной арматуры в карбонизированном бетоне	46
<i>Толочко А. В.</i> Оценка визуальной среды города	48
<i>Хмельницкий Е. С.</i> Перспективы применения природных форм древесины для несущих конструкций.....	50
<i>Шелото В. В., Прасол В. М.</i> Анализ целесообразности применения искусственного интеллекта в строительной отрасли.....	51
<i>Шелото В. В., Яшина Т. В.</i> Календарное планирование строительных работ с применением инновационных программ	53
<i>Юницкий А. Э., Хилько О. В.</i> Использование большепролетных сооружений малой материалоемкости для возведения экосистемных платформ	55

8 ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

<i>Абдукадиров Ф. Э., Абдусаттаров А.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния элементов инженерных сооружений – ригеля с применением комплекса «Ли́ра».....	58
<i>Абдукадиров Ф. Э., Шермухамедов У. З.</i> Пространственный расчет конструкции метро-эстакады на сейсмические воздействия в ПК «Ли́ра-САПР».....	60
<i>Абдусаттаров А., Рузиева Н. Б.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния сильфонных компенсаторов и тройниковых соединений трубопроводов	61
<i>Андросов И. Н., Мартиросов М. И.</i> Сравнительный анализ прочности панелей из углепластиков под действием статической нагрузки	64
<i>Астапов А. Н., Матуляк А. И., Тарасова А. Н., Терентьева В. С.</i> Механизм защитного действия покрытия $\text{HfSi}_2\text{-MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-HfC}$ в условиях высокотемпературного окисления.	66
<i>Ахраменко Н. А., Буй М. В., Павленко А. П.</i> Использование законов электромагнетизма курса физики для расчета взаимодействия двух соосных круговых токов одинакового диаметра	68
<i>Барулина М. А., Кондратов Д. В., Бекренев Н. В., Злобина И. В.</i> Исследование тепловых эффектов в композиционном материале под СВЧ воздействием	70
<i>Богданов А. Н.</i> К теории колебательных процессов в механических системах	71
<i>Большаков Р. С., Суханов Г. И., Супруновский А. В.</i> К вопросу эффективности планирования «окон».....	72
<i>Боршевецкий С. А., Локтева Н. А.</i> Определение функции прогиба для прямоугольной пластины с дополнительным линейным закреплением при воздействии сосредоточенной нагрузки.....	74
<i>Вахтерова Я. А., Федотенков Г. В.</i> Обратная нестационарная задача по идентификации распределенной нагрузки, воздействующей на балку Бернулли – Эйлера	75
<i>Гончарова Н. Ю., Большаков Р. С., Давыдова Н. В.</i> Возможности организации туристических перевозок смешанного типа.	77
<i>Гордеев С. В., Селиверстов А. А., Раскачаев В. В., Новиков В. А.</i> Анализ различных подходов при конечно-элементном моделировании воздействия на твердое тело нестационарным высокоинтенсивным тепловым потоком.....	79
<i>Горохова М. В.</i> Исследование изменения характера циклических напряжений в зоне концентрации при общем знакопостоянном нагружении.....	79
<i>Гундина М. А., Юхновская О. В.</i> Выявление аномальных значений геоданных	81
<i>Дай Во Ван, Локтева Н. А.</i> Стационарная задача о движении жестко закрепленного сегмента оболочки Кирхгофа – Лява в упругой среде.....	82
<i>Диденко А. А., Астапов А. Н., Сукманов И. В.</i> Анализ методов повышения стойкости к окислению и абляции углерод-керамических композиционных материалов	83
<i>Егорова М. С., Тушавина О. В.</i> Математическая модель тепломассопереноса внутри экранно-вакуумной теплоизоляции с учетом скорости распространения тепла внутри слоев	84
<i>Жаворонок С. И., Курбатов А. С.</i> О различных вариантах уравнений аналитической механики нетонких неоднородных оболочек и их приложениях к задачам стационарной динамики.....	85
<i>Журавков М. А.</i> Технологии искусственного интеллекта и современная механика	87
<i>Зверев Н. А., Земсков А. В.</i> Постановка одномерной нестационарной задачи термомехано-диффузии для цилиндрических тел с учетом релаксации диффузионных и тепловых процессов.....	88
<i>Земсков А. В., Хао Ле Ван, Сердюк Д. О.</i> Модель изгиба ортотропной консольно-закрепленной балки Бернулли – Эйлера под действием нестационарных термомехано-диффузионных нагрузок.....	90
<i>Калягин М. Ю., Рабинский Л. Н.</i> Исследование роста поврежденности в композиционных материалах	92
<i>Карабаев А. М., Абдусаттаров А., Хожжахматов С. Ш.</i> К моделированию расчета деформирования трёхслойной плиты из асфальтобетонных покрытий	93
<i>Киргинцева С. В., Можаровский В. В.</i> Реализация расчета параметров гидроудара для труб из композитов с помощью компьютерных программ	95
<i>Кириленко А. И., Бурдин И. Л.</i> Перспективы применения водорода для воздушных судов.	96
<i>Кириленко А. И., Листопад А. И.</i> Атмосфера: модели и стандарты для авиации	98
<i>Климкович Н. М., Николайчик М. А., Журавков М. А.</i> Численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород от глубины ведения горных работ до дневной поверхности	100
<i>Козел А. Г.</i> Нагружение сэндвич-пластины на основании Пастернака при температурном воздействии.....	102
<i>Колесник С. А., Новиков А. С., Тушавин Н. А.</i> Физико-математическая модель теплообмена при охлаждении элементов конструкций ракетных двигателей	103
<i>Колесник С. А., Стифеев Е. М., Тушавин Н. А.</i> Метод моделирования двумерной ретроспективной задачи теплопроводности	104
<i>Кривень Г. И., Орехов А. А.</i> Исследование устойчивости модифицированных композитов с вискеризованными волокнами	105

<i>Кривень Г. И., Рыжова Е. С.</i> Теплопроводности модифицированных композитов с вискерсами, выращенными перпендикулярно поверхности волокна	106
<i>Кривень Г. И., Шавелкин Д. С.</i> Методы оценок модуля потерь волокнистого композита	107
<i>Кулаженко Ю. И.</i> Самосовмещения произвольных элементов n -арных групп относительно последовательностей вершин шестиугольников	109
<i>Курбатов А. С., Жаворонок С. И.</i> Деформирование тонких безмоментных оболочек с эффектом памяти при неизотермических фазовых превращениях.....	110
<i>Лачугина Е. А.</i> Собственные колебания пятислойной круговой пластины	111
<i>Леоненко Д. В.</i> Упругопластический изгиб круговой трехслойной пластины ступенчато-переменной толщины	113
<i>Маркова М. В.</i> Оптимизация поперечного сечения кругового трёхслойного элемента	114
<i>Мир-Салим-заде М. В.</i> Обратная задача механики разрушения для подкрепленной перфорированной пластины	116
<i>Мозилевич Л. И., Попова Е. В., Попова М. В.</i> Уединенные волны деформации в стенках кольцевого канала с вязкой жидкостью, выполненного из несжимаемого материала с дробной и квадратичной физической нелинейностью.....	118
<i>Можаровский В. В., Кузьменков Д. С., Киргинцева С. В.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния зубьев с покрытиями в зубчатых колесах из композитов.....	120
<i>Мозалевская А. К., Маловецкая Е. В.</i> Применение комплексного подхода для формирования программных средств прогнозирования грузовых перевозок	122
<i>Мурадов А. А., Абдусаттаров А., Рузиева Н. Б.</i> Расчетные модели бруса при совместном действии переменных сил с учетом повреждаемости.....	124
<i>Нестерович А. В., Шафиева Ю. В.</i> Терморadiационное неосесимметричное нагружение трехслойной физически нелинейной пластины	126
<i>Новиков С. П., Головнич А. К.</i> Аналитические решения кривой скатывания вагонов по продольному профилю сортировочной горки.....	127
<i>Оконечников А. С., Федотенков Г. В., Феоктистова Е. С.</i> Контактная задача в нестационарной постановке о взаимодействии жесткого ударника и мембраны на сверхзвуковом режиме	130
<i>Орехов А. А., Рабинский Л. Н.</i> Исследование процесса каплеударной эрозии в композиционных материалах авиационного назначения	130
<i>Орехов А. А., Терещенко Т. С.</i> Анализ распределения температуры в полупространстве при воздействии объемного источника тепла.....	131
<i>Погодин В. А., Астапов А. Н.</i> Поведение лейкосапфира при аэрогазодинамическом обтекании и нагреве потоками воздушной и азотной плазм.....	131
<i>Попов В. С., Попова А. А.</i> К моделированию взаимодействия диска на нелинейно-упругом подвесе с вязкой сжимаемой жидкостью при ползущем ее движении	133
<i>Попов В. С., Попова М. В., Кондратов Д. В., Кондратова Т. С.</i> Моделирование взаимодействия слоя вязкого газа, находящегося в узкой щели, с ее стенкой, имеющей подвес с мягкой кубической нелинейностью	135
<i>Пронина П. Ф., Тушавина О. В.</i> Исследование влияния дозы излучения на физико-механические характеристики полиимидных пленок с металлизированным покрытием элементов экранно-вакуумной теплоизоляции	137
<i>Пронина П. Ф., Тушавина О. В.</i> Расчетно-экспериментальные методы исследования экранно-вакуумной теплоизоляции	138
<i>Пшеничников С. Г.</i> Динамическая задача для вязкоупругого цилиндра конечной длины при действии сдвиговой нагрузки.....	138
<i>Рабинский Л. Н., Мартиросов М. И., Дедова Д. В.</i> Динамика трехслойных цилиндрических панелей с внутренними дефектами под действием нагрузок различной физической природы	140
<i>Рабинский Л. Н., Шавелкин Д. С.</i> Методы моделирования модифицированных композитов с вискеризованными волокнами	142
<i>Рузиева Н. Б., Сабиров Н. Х., Абдусаттаров А.</i> Формирование расчетной модели для сферической части трубопровода при переменном нагружении	144
<i>Сазанков А. П., Шилько С. В., Дробыш Т. В., Хотько А. В.</i> Характеризация упруго-диссипативных свойств шинных кордов при циклическом нагружении	146
<i>Сердюк Д. О., Федотенков Г. В.</i> Фундаментальные решения для анизотропной пластины Чоу на упругоинерционном основании	148
<i>Соколова Т. А., Мартиросов М. И., Хомченко А. В.</i> Исследование воздействия града на пластину из полимерного композиционного материала	150
<i>Старовойтов Э. И., Тарлаковский Д. В., Федотенков Г. В.</i> Колебания трехслойной пластины в нестационарном температурном потоке.....	152

<i>Старовойтов Э. И., Яровая А. В., Абдусаттаров А.</i> Термосиловое нагружение трехслойных физически нелинейных пластин погонными силами	154
<i>Тарлаковский Д. В., До Нгок Дат.</i> Изгиб шарнирно опертой моментной упругой прямоугольной пластины при использовании двух упрощающих гипотез под действием нестационарной нагрузки	156
<i>Трацевская Е. Ю.</i> Изменения динамических свойств слабосвязных грунтов при техногенном подтоплении	158
<i>Тушавина О. В.</i> Перспективные способы тепловой защиты летательных аппаратов	160
<i>Черноус Д. А., Коднянко Е. В.</i> Решение контактной задачи для роликовой опоры, содержащей промежуточный слой из несжимаемого материала	161
<i>Черняк А. В.</i> Уравнения равновесия сэндвич-пластины с линейно изменяющимися несущими слоями	163

9 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВОСПИТАНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

<i>Александров Д. Ю.</i> О проблемах поиска оптимума мотивации в академической среде	165
<i>Александров Д. Ю.</i> Профорентация как системная общенациональная задача и фактор устойчивого развития	167
<i>Беспалова М. В.</i> Интеллектуальный кураторский час как средство повышения интереса студентов к теме встречи	169
<i>Бородина Е. В., Кол С. Н.</i> Проектная деятельность в обучении студентов по организации и управлению перевозочным процессом	170
<i>Бурченков В. В.</i> Интенсификация образовательного процесса на основе цифровых аттестационно-обучающих программ	172
<i>Гегадеш М. Г.</i> Применение принципов концепции педагогики удивления при подготовке специалистов транспортного комплекса	175
<i>Горохова М. В., Зябко Н. Г.</i> Традиции кафедры теории конструирования инженерных сооружений по проведению воспитательной работы на предметно-профессиональной основе	177
<i>Дивин Е. Н.</i> Новые информационные технологии обучения в транспортном вузе	178
<i>Довгулевич О. А.</i> Тестирование как основа диагностики знаний студентов	180
<i>Доломанюк Р. Ю., Петрусевич В. В., Шутов Я. В., Кацубо П. А.</i> Современные средства обучения в подготовке специалистов	182
<i>Евдокимович В. Е.</i> Формирование творческого мышления студентов в учебном процессе	184
<i>Казаков Н. Н.</i> Современные тенденции и риски в развитии высшего транспортного образования в Республике Беларусь	186
<i>Калашиник Е. Г., Подгорнова Г. Т.</i> Преподавание графических дисциплин. Плюсы и минусы компьютерных технологий	188
<i>Киселева С. В., Шевчук В. Г., Сатырев Ф. Е., Шевчук И. Г.</i> Оценка критериев качества компьютерных тестов по специальным дисциплинам	190
<i>Коновалова О. Н.</i> Использование виртуальной Padlet-доски в самостоятельной управляемой работе студенческого коллектива	191
<i>Кульгейко М. П., Подгорнова Г. Т., Артюшков О. В.</i> Анализ текущей и промежуточной аттестации студентов по курсу «Начертательная геометрия»	193
<i>Ключников, А. В., Станкевич В. М., Тимошков В. Ф., Фёдоров Е. А., Страдомский М. Ю.</i> О перспективах межвузовского взаимодействия при подготовке специалистов транспортного комплекса в области управления эксплуатационной работой на железной дороге	195
<i>Маслов А. А.</i> Практика формирования профессиональных компетенций при подготовке специалистов для железнодорожной отрасли с использованием иммерсивных технологий	196
<i>Масловская Е. М., Довгелюк Н. В., Царенкова И. М.</i> Образовательный процесс и самостоятельная работа студентов	199
<i>Моисеенко В. Л., Довгяло В. А., Пупачёв Д. С.</i> Производственная экскурсия как воспитательный элемент будущих специалистов	201
<i>Остриков О. М., Острикова М. Я., Остриков В. О.</i> Конкурсы и олимпиады по 3D-моделированию как эффективные образовательные технологии в подготовке специалистов транспортного комплекса	203
<i>Петров-Рудаковский А. П., Прохоров В. А.</i> Транспортное образование в современном обществе	204
<i>Пигунов В. В., Грибовская Е. Е.</i> Особенности подготовки кадров для транспортного и строительного комплексов на заочном факультете	206
<i>Пигунов А. В., Холодильов О. В.</i> Использование в учебном процессе системы тестового мониторинга знаний	208
<i>Подольская В. Н., Шаповалов В. А.</i> Опыт подготовки студентов кафедры «Локомотивы» к участию в международном инженерном чемпионате CASE-IN	211
<i>Пшеничников Ю. А.</i> Опыт организации работы с отстающими студентами при изучении информатики	212

<i>Сатырев Ф. А.</i> Компьютерное моделирование работы принципиальных схем в учебном процессе	214
<i>Суханова О. А.</i> Образовательные технологии в высшей школе	216
<i>Турсунов Н. К., Юнусов С. З., Алимхамедов Ш. П.</i> Интеграция образования и производства как способ повышения качества подготовки специалистов по транспортной безопасности	217
<i>Харлап С. Н.</i> Система индивидуализации оценки знаний по учебной дисциплине	219
<i>Шорец Т. В.</i> Применение цифровых технологий в воспитательном процессе высших учебных заведений...	221
<i>Юницкий А. Э., Каханович А. Ю.</i> Системная инженерия в образовательной и транспортной отраслях	223
<i>Яковцева О. И.</i> Трехмерное моделирование в учебном процессе	225
<i>Яшкова Н. В.</i> Особенности кадровой политики на предприятиях железнодорожного транспорта	227

10 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

<i>Власюк Т. А., Белоус А. Н., Гончарова Л. А.</i> Особенности применения бесконтактной смарт-карты Istanbulkart для оплаты проезда на городском рельсовом транспорте на примере города Стамбула (Турецкая Республика).....	229
<i>Власюк Т. А., Сосновский И. И.</i> Применение технологии Dig Data для анализа пассажиропотоков в агломерации	231
<i>Власюк Т. А., Цзэн Сяньфэн, Житникова Я. В.</i> Особенности организации высокоскоростного пассажирского сообщения в КНР в День холостяка и «Фестиваль покупок»	232
<i>Головнич А. К.</i> Функциональное моделирование пассажирских станций на основе технологий искусственного интеллекта.	234
<i>Головнич А. К., Вакуленко С. П.</i> Особенности использования BIM-технологий в функциональном моделировании работы пассажирских станций	236
<i>Ерофеев А. А., Кузнецов В. Г., Федоров Е. А., Дулуб П. М.</i> Подходы к формированию комплексного плана транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь.....	238
<i>Зайцева Т. В.</i> Защита сети передачи данных Белорусской железной дороги от внешних киберугроз	240
<i>Капский Д. В., Скирковский С. В.</i> Применение математического моделирования при транспортном планировании.....	242
<i>Кравченко И. Н., Аземша С. А., Башаримов А. Е.</i> Оценка эффективности оптимизации расписания городского общественного транспорта на дублирующих участках методами имитационного моделирования	244
<i>Кузнецов В. Г., Ерофеев А. А., Федоров Е. А., Литвинова И. М., Килочицкая М. А., Захаревич А. А.</i> Роль Белорусской железной дороги в реализации комплексного плана транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь	246
<i>Куренков П. В., Дранченко Н. С.</i> Перспективы железнодорожного транспорта в осуществлении пассажирских перевозок в зоне «город-пригород»	249
<i>Лю Юйвей, Скирковский С. В., Капский Д. В.</i> Проблемы размещения выделенных полос для маршрутного пассажирского транспорта	251
<i>Миленский В. С., Козлов В. В.</i> Использование потенциала МТК «Север – Юг» для перевозок экспортной продукции Беларуси.....	252
<i>Михальченко А. А.</i> Исследование эффективности транспортной логистики пассажирских перевозок	257
<i>Михальченко А. А., Панг Гуосю.</i> Особенности построения тарифов для логистических схем пассажирских перевозок.....	259
<i>Никифорова Г. И., Сергеева Т. Г., Кизляк О. П.</i> Развитие пассажирских перевозок в современных условиях.....	261
<i>Пазойский Ю. О., Щербинина Е. В.</i> Расчет маршрутов следования транспортных потоков в сети	264
<i>Петров-Рудаковский А. П., Прохоров В. А.</i> Цифровая трансформация в городской мобильности.....	268
<i>Старостенко Д. Н., Аземша С. А.</i> Оценка эффективности работы составов модульных пассажирских транспортных средств при регулярных перевозках пассажиров в городах	270
<i>Стружко Г. В., Шалик Д. И., Копытков В. В.</i> Инновационные способы тушения пожаров в метро.....	271
<i>Тоторов М. В., Безмен Д. В., Копытков В. В.</i> Анализ технических решений для минимизации чрезвычайных ситуаций на грузовых железнодорожных станциях на примере ООО «Кронохем»	273
<i>Федоров Е. А., Ерофеев А. А., Литвинова И. М., Килочицкая М. А., Бояр К. Н.</i> Аprobация принципов комплексного планирования транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь	274
<i>Ходоскина О. А., Дорошкова М. А., Потёмкина Т. Г.</i> Перспективы развития транспортно-логистического потенциала в современной экономической системе	276
<i>Шинкарёв П. С., Копытков В. В.</i> К вариантам защиты пострадавших в электромобилях при дорожно-транспортных происшествиях.....	278
<i>Шуть В. Н., Козинский А. А.</i> Система управления перевозок пассажиров маршрутного такси	280
<i>Шуть В. Н., Швецова Е. В.</i> Сравнение ИТС и классической пассажирской транспортной системы	282
<i>Яннис Г. Н.</i> Исследование безопасности пассажирских перевозок.....	284

11 ИСТОРИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

<i>Аверин И. С.</i> Тенденции развития транспортного обеспечения вооруженных сил	286
<i>Бессольнов А. Б.</i> Основоположники железнодорожного транспорта России	288
<i>Васильев А. А.</i> Из истории «Двухпалубников»	289
<i>Дудко С. А.</i> Рождение железнодорожных войск Российской империи	292
<i>Ерофеев А. А., Васильев А. А.</i> К юбилею Либаво-Роменской железной дороги (история создания и техническое описание дороги)	294
<i>Земсков Ю. М., Куценкова Л. С.</i> Топливо, применяемое на железнодорожном транспорте	296
<i>Кирик С. В., Голик Д. П., Голик М. П.</i> Строительство железных дорог на территории Беларуси	299
<i>Кирик С. В., Голик Д. П., Голик М. П.</i> Транспортные коммуникации Белоруссии и служба военных сообщений Западного особого военного округа в 1940–1941 гг.	303
<i>Кириченко Е. Г.</i> О традиции гуманитаризации транспортного образования в Белорусском государственном университете транспорта	307
<i>Козороз И. Н.</i> Образование и человек: генезис кризиса в XXI веке	309
<i>Куценкова Л. С.</i> Горьковская железная дорога	311
<i>Максюткин П. А., Куценкова Л. С.</i> Легендарный паровоз серии «Овечка»	312
<i>Низова О. В.</i> Образовательный процесс в БИИЖТ в 1953–1958 гг. – передовой опыт подготовки инженерных кадров	314
<i>Рябцева Н. А.</i> Повышение квалификации инженерно-технических кадров на железнодорожном транспорте Беларуси в 1960-е гг.	316
<i>Семенюта Н. Ф.</i> История электрической связи на железнодорожном транспорте	318
<i>Семенюта Н. Ф.</i> История электротехнического образования на железнодорожном транспорте	320
<i>Скрябина Л. С.</i> К вопросу о мобилизационной готовности железных дорог и дорожной сети БССР накануне Великой Отечественной войны в отражении материалов документальной публикации	322
<i>Станкевич С. Е., Алексеев Р. И.</i> История авиации: что такое первая авиация	324
<i>Станкевич С. Е., Касаревич А. В.</i> Покорение неба: первая идея, первый самолет и первый полет	326
<i>Тетерюков Н. К.</i> Политическая социализация студенческой молодежи в процессе изучения гуманитарных дисциплин	328
<i>Фролов В. А.</i> Стандартизация на железнодорожном транспорте. Становление и исторические аспекты	330
<i>Чаянкова Г. М.</i> Традиции БИИЖТа – БелГУТа как основа корпоративной культуры и воспитания студенческой молодежи	332
<i>Шевчук В. Г., Киселева С. В.</i> История развития высокоскоростного движения	334

12 ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

<i>Амбражевич Д. П.</i> Роль искусственного интеллекта в обеспечении безопасности движения на дорогах	337
<i>Асютин С. С.</i> Существующий подход выбора конфигурации путей подвоза и эвакуации (военных автомобильных дорог). Проблемные вопросы и возможные пути их решения	338
<i>Бобрицкий С. М., Латун М. В.</i> Обоснование выбора типа сварных соединений для крепления элементов цилиндрического понтона сборно-разборного наплавного моста	340
<i>Генчиков Н. Г., Трубкин А. Д.</i> Некоторые особенности инновационного развития железнодорожного транспорта	342
<i>Громыко И. Л., Мирош Д. В., Котел И. В., Монархович И. Е.</i> Диагностика маломощных трансформаторов с помощью искусственных нейронных сетей	343
<i>Демидов П. Г., Марданов А. В., Якунин Д. В.</i> Инновационные подходы защиты от беспилотных летательных объектов как факторы безопасности вооружения, военной и специальной техники	345
<i>Демидович И. С., Петрусевиц В. В.</i> Автономное освещение площадок производства работ при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте	347
<i>Деченко Д. А., Тимохов Н. В.</i> Система распознавания лиц в аэропортах	349
<i>Капский Д. В., Ходоскин Д. П.</i> Определение качества внедряемых мероприятий по предотвращению ДТП в попутном транспортном потоке: подходы и автоматизация	351
<i>Кирик С. В.</i> Повышение безопасности воинских перевозок	353
<i>Ковальчук Д. Д.</i> История транспорта и транспортного образования	354
<i>Леончик Е. С., Попов В. А., Демидович И. С.</i> Оценка безопасности управления автомобилем с автопилотом ..	356
<i>Лось В. А., Ерофеев Ю. А., Демидович И. С.</i> Оценка влияния повреждений дорожного покрытия на безопасность движения	358
<i>Марданов А. В., Марданова И. А.</i> Инновационные подходы в развитии военно-промышленного комплекса Республики Беларусь как сдерживающий фактор агрессии недружественно настроенных стран блока НАТО	360
<i>Маринич В. В., Шамкин Д. В.</i> Основные условия и факторы, влияющие на техническое обеспечение отдельной воздушно-десантной бригады на марше	362

<i>Минеев В. С.</i> Анализ причин дорожно-транспортных происшествий в городе Мурино и пути их решения.....	363
<i>Петрусевич В. В., Долманюк Р. Ю., Кацубо П. А., Шутов Я. В.</i> Разработка мероприятий по оптимизации системы организации текущего содержания автомобильных дорог	366
<i>Печенев Е. В., Шитилев А. С.</i> Применение систем видеонаблюдения на железных дорогах для предотвращения диверсий	368
<i>Поддубный А. А., Гордон В. А.</i> Колебания сваи при частичной осадке основания	370
<i>Пузанов Р. О.</i> Современные подходы в обеспечении безопасности на транспорте	372
<i>Рязанцева Н. В., Голдобина Т. А.</i> Нейросетевая система обнаружения несанкционированного проникновения на охраняемый объект	374
<i>Синицына В. В.</i> Аппаратные и программные средства для осуществления безопасных пассажирских железнодорожных перевозок машинистами с аномальной трихромазией.....	376
<i>Степук В. П.</i> Анализ опыта цифровизации военной логистики с помощью внедрения информационных технологий в Вооруженных силах Украины	378
<i>Тимашков С. Н.</i> Военная логистика оперативных и снабженческих перевозок как основа боевой готовности войск	380
<i>Томашов В. В., Чернышов О. В.</i> Анализ использования интеллектуальных транспортных систем при перевозке опасных грузов	382
<i>Цыбулько В. В.</i> Противовоздушная оборона железнодорожных транспортных коммуникаций и подвижного состава по опыту специальной военной операции	384
<i>Шутов Я. В., Кацубо П. А., Петрусевич В. В., Долманюк Р. Ю.</i> Бесконтактные методы противодействия беспилотным летательным аппаратам.....	386

Научно-практическое издание

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ
ТРАНСПОРТНОГО И СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

Материалы Международной научно-практической конференции,
посвященной 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа
(Гомель, 16–17 ноября 2023 г.)

Часть 2

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректоры: *Т. М. Маруняк, А. А. Павлюченкова, Т. Л. Федькова*
Компьютерная верстка – *Е. И. Кудрявская, С. В. Ужанкова*

Подписано в печать 15.11.2023 г. Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 46,04. Уч.-изд. л. 42,28. Тираж 50 экз.
Зак. № 2185. Изд. № 51.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель

ISBN 978-985-891-128-7

