

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

Военно-транспортный факультет

СТРОИТЕЛЬСТВО И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Материалы
X Международной научно-практической конференции

Под общей редакцией *Д. В. Ляпорова*

Гомель 2026

УДК 624.19/.8
ББК 39.112
С86

Редакционная коллегия:

Д. В. Ляпоров (отв. редактор), **В. В. Томашов** (зам. отв. редактора),
Р. Ю. Доломаниук (отв. секретарь), **Я. В. Шутов** (зам. отв. секретаря)

Р е ц е н з е н т – декан строительного факультета канд. экон. наук, доцент
И. М. Царенкова (БелГУТ)

Строительство и восстановление искусственных сооружений :
С86 материалы X Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред.
Д. В. Ляпорова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белору-
с. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2026. – 215 с.
ISBN 978-985-891-275-8

Изложены материалы X Международной научно-практической конферен-
ции «Строительство и восстановление искусственных сооружений», позво-
ляющие обобщить достигнутые результаты и наметить пути дальнейшего
внедрения новых способов и технологических приемов мостовых восстанови-
тельных работ.

Материалы сборника могут быть полезны как для профессорско-препода-
вательского состава университета, так и для курсантов и студентов.

УДК 624.19/.8
ББК 39.112

ISBN 978-985-891-275-8

© Оформление. БелГУТ, 2026

УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

От имени оргкомитета X Международной научно-практической конференции «Строительство и восстановление искусственных сооружений» приветствую вас и желаю всем плодотворной работы в обобщении достигнутых результатов, обсуждении перспективных конструкций и технических средств для восстановления железнодорожных мостов и определении пути дальнейшего совершенствования способов и технологических приемов мостовых восстановительных работ.

Выражаю уверенность, что обмен мнениями по этим и другим вопросам, активное сотрудничество специалистов в различных направлениях деятельности позволят найти взвешенное, комплексное решение многих важнейших проблем, т. к. мировой опыт локальных войн и конфликтов свидетельствует о том, что проблема повышения темпов восстановления мостов, снижения трудоемкости и материалоемкости восстановительного процесса остается актуальной и требует своего дальнейшего разрешения.

Благодарю вас за участие в работе нашей конференции и желаю всем успехов в решении научных проблем.

**Начальник
военно-транспортного факультета
полковник Д. В. Ляпоров**

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 355.41

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРЕЧНЯ ЗАДАЧ И ОБОСНОВАНИЯ ПОРЯДКА ПРИМЕНЕНИЯ БЛА (БАК) В ИНТЕРЕСАХ ВСЕСТОРОННЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК (СИЛ) И ЕЕ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Д. Ю. БОГДАНОВ, И. А. ЗВОНКОВИЧ

Учреждение образования

«Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

В рамках комплексного исследования научно-прикладных основ и перспектив применения беспилотных авиационных комплексов (БАК) и беспилотных авиационных систем (БАС) в интересах всестороннего обеспечения войск (сил), которые проводятся на факультете Генерального штаба Вооруженных Сил Военной академии Республики Беларусь, нами были впервые разработаны научно-прикладные методики обоснования способов применения, рационального состава и ОШС воинских формирований, оснащенных БАК (БАС) в интересах всестороннего обеспечения войск (сил) в военное время, а также макет специального программного обеспечения (СПО) реализации разработанных методик на ЭВМ (АРМ).

В основу представляемой в докладе методики формирования перечня задач и обоснования порядка применения БЛА (БАК) в интересах всестороннего обеспечения войск (сил) в военное время положен алгоритм, блок-схема которого представлена на рисунке 1.

Реализация данного алгоритма позволяет должностным лицам и органам управления всесторонним обеспечением войск (сил) в ходе специальных и (или) боевых действий (операций):

- в результате параметрического анализа объема и условий выполнения практических задач в соответствующей системе сформировать перечень задач, выполнение которых может быть возложено на БАК (БАС);

- на основе расчета значений показателей целевой эффективности (результативности, оперативности и ресурсоемкости) работы образцов БЛА (БАК) в сравнении с аналогичными показателями штатных образцов ВВСТ, имеющих в системе, принять обоснованное решение в отношении целесообразных условий и порядка применения БАК (БАС) в системе;

- рассчитать необходимое количество БЛА (БАК), требующихся для выполнения заданного перечня и объема задач в системе с учетом конкретных (фактических либо прогнозируемых) условий ее функционирования.

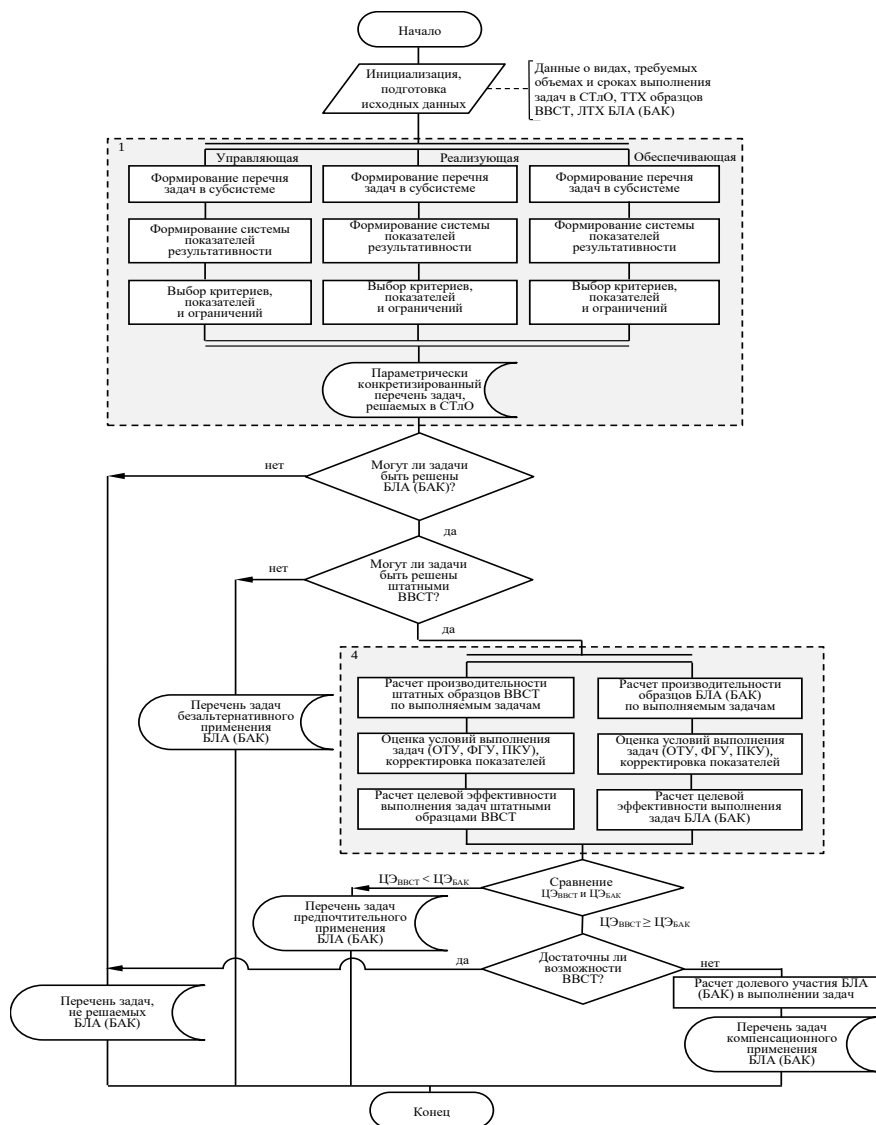


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма формирования перечня задач и обоснования порядка применения БЛА (БАК) в интересах всестороннего обеспечения войск (сил)

Представляемая методика разработана впервые (не имеет аналогов), причем уже реализована нами на ЭВМ (АРМ) в виде действующего макета СПО, пользовательский интерфейс которого также представлен в докладе.

Список литературы

1 **Богданов, Д. Ю.** Применение БЛА (БАК) в интересах материально-технического обеспечения войск (сил): опыт и перспективы / Д. Ю. Богданов, И. А. Звонкович // National Science Journal. – 2021. – № 66. – С. 9–14.

2 **Богданов, Д. Ю.** Оценка эффективности применения беспилотных авиационных комплексов по отдельным задачам в интересах подразделений материально-технического обеспечения войск (сил) / Д. Ю. Богданов // Актуальные проблемы функционирования материально-технического обеспечения войск национальной гвардии РФ: материалы X науч.-практ. конф. (Пермь, 18 февр. 2022 г.) : в 2 ч. Ч. 1. – Пермь : Изд-во ПВИ ВНГ, 2022. – С. 74–81.

3 **Богданов, Д. Ю.** Оценка эффективности применения БЛА (БАС) в интересах войскового тыла / Д. Ю. Богданов, И. А. Звонкович // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2022. – № 1 (74). – С. 16–23.

4 **Богданов, Д. Ю.** Теоретические аспекты и методы рациональной организации тылового (материально-технического) обеспечения войск (сил) в военное время : монография / Д. Ю. Богданов. – СПб. : ВА МТО, 2020. – 264 с.

УДК 624.21/.8:378

ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРА-СИМУЛЯТОРА ПОНТОНА САМОХОДНОГО (ТОЛКАЧА) ПСТ-1 ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПОНТОННО-МОСТОВЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

К. А. БЫСТРОВ, И. А. ОЛАНДАРЕВ

*Главное управление начальника Железнодорожных войск,
г. Москва, Российская Федерация*

В современных условиях особую значимость приобретает подготовка квалифицированных специалистов подразделений, в чьи задачи входит преодоление водных преград. Ключевым элементом такой подготовки для мотористов буксирно-моторных средств, обслуживающих понтонные парки, являются специализированные навигационные тренажеры, такие как тренажер для понтона самоходного (толкача) ПСТ-1 (рисунки 1, 2).

Тренажер ПСТ-1 предназначен для обучения мотористов толкачей действиям на водных преградах при оборудовании и содержании мостовых и паромных железнодорожных переправ, отработки практических навыков и нормативов без расхода моторесурсов и горюче-смазочных материалов.



Рисунок 1 – Тренажер-симулятор



Рисунок 2 – Система группового отображения

Изделие представляет собой полномасштабный динамический тренажер, имитирующий рубку понтона самоходного (толкача) ПСТ-1, система подвижности которого обеспечивается трехступенной динамической платформой, состоящей из трех электромеханических приводов, кривошипно-шатунного механизма и центрального узла.

В состав тренажера входит рабочее место и место инструктора, компьютерный шкаф, система группового отображения, прибор питания, комплект эксплуатационной документации и запасных частей (рисунок 3).

Основные технические характеристики тренажера: длина – 3,6 м; ширина – 7,8 м; высота – 3,1 м; масса – 1500 кг; потребляемая мощность – 6000 Вт; время непрерывной работы – 8 ч; ресурс – не менее 8000 ч.

**НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ТРЕНАЖЕРА-СИМУЛЯТОРА ПОНТОНА САМОХОДНОГО (ТОЛКАЧА) ПСТ-1**

ТРЕНАЖЕР-СИМУЛЯТОР ПОНТОНА САМОХОДНОГО (ПСТ-1) ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ТРЕНИРОВКИ МОТОРИСТОВ ТОЛКАЧЕЙ ДЕЙСТВИЕМ НА ВОДНЫХ ПЕРЕКРАДКАХ ПРИ ОРГАНИЗОВАНИИ И СОДЕРЖАНИИ МОСТОВЫХ И ПАРОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕКРАДКАХ, СЪЕЗДАХ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ И НОРМАТИВОВ В СОСЛУЖЕБНОЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ БОЕВОЙ ПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВОЙСК И ДРУГИМИ РУКОВОДЯЩИМИ ДОКУМЕНТАМИ В ХОДЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ БЕЗ РАСХОДА МОТОРРЕСУРСОВ И ГСМ.

Производитель:
АО «СИТРОНИКС КТ»

ПСТ-1 разработан для использования в качестве технического средства обучения в Железнодорожном институте и предназначено для обучения (инструкторов и курсантов) в МТО.

ПСТ-1 эксплуатируется в закрытом помещении (тренировочный зал) и в летней стеновой теплотехнике маневрует решение задачи работы моториста: от включения и остановки двигателя и рубки ПСТ-1 до крепления рабочего места и его взаимодействия с программным управлением толкача.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Длина – 3 550 мм
- Ширина – 7 900 мм
- Высота – 3 100 мм
- Эксплуатационная температура от окружающей среды
- Напряжение питания – 220 ± 10 В
- Частота питания – 50 ± 1 Гц
- Потребляемая мощность – не более 6 кВт
- Время непрерывной работы – 8 ч
- Ресурс – не менее 8 000 ч

СОСТАВ ТРЕНАЖЕРА:

- рабочее место инструктора
- рабочее место обучающего
- система группового отображения
- шкаф компьютерный
- прибор питания

Рисунок 3 – Назначение и технические характеристики тренажера-симулятора

Мостовые переходы через водные преграды в случае их разрушения являются объектами сложными по трудоемкости и значительными по времени для восстановления. Тем самым на период восстановительных работ территория государства в транспортном отношении может быть рассечена на изолированные друг от друга регионы.

Строительство и восстановление больших и внеклассных железнодорожных мостов с устройством свайных фундаментов может достигать по времени от 7 до 30 суток, а иногда и более, в зависимости от географических, инженерных, технических и ряда других условий.

В то же время, по опыту проводимых учений, наведение наплавных железнодорожных мостов (рисунок 4) позволяет сократить сроки восстановления мостовых переходов до 3–5 суток, то есть кратно сократить время в 3–4 раза, что доказывает высокую эффективность использования наплавных железнодорожных мостов [1].



Рисунок 4 – Проведение специального учения

Наведение наплавного железнодорожного моста – это сложная инженерная операция, требующая скоординированной и слаженной работы отдельных специалистов, технологических команд, специализированных подразделений и воинских частей. Опыт применения понтонно-мостовых подразделений показывает, что такое обучение должно включать подготовку к работе в условиях, приближенных к реальным, включающим в себя быстрое развертывание [4].

Понтон самоходный (толкач) ПСТ-1 (рисунки 5, 6) представляет собой специализированную плавучую установку, которая играет важнейшую роль в инженерных операциях по наведению наплавных железнодорожных мостов, а также для сборки и транспортировки строительно-монтажных плашкоутов и паромных переправ.



Рисунок 5 – Серийный образец ПСТ-1



Рисунок 6 – Тренажер-симулятор ПСТ-1

Компактные размеры и высокая маневренность понтона самоходного (толкача) ПСТ-1 позволяют работать в условиях стесненных водных путей, требуя от операторов (мотористов) не только высокого мастерства, отличного знания принципов маневрирования и динамики судна в различных неблагоприятных гидрометеорологических условиях, но и психологической подготовки, способности принимать решения в условиях стресса и высокого риска [2].

Обучение мотористов предыдущего поколения изначально строилось на сочетании теоретических занятий (изучение конструкции толкача, правил эксплуатации) с практическими тренировками на воде под руководством опытных инструкторов.

Сегодня организация эффективного обучения специалистов для работы с ПСТ-1 представляет собой комплексную задачу, требующую интеграции технической подготовки, нормативно-правового обеспечения и практических навыков маневрирования.

При этом практическое обучение непосредственно на реальных объектах традиционно связано с достаточно высокими издержками, связанными с эксплуатацией данных технических средств, повышенной опасностью для личного состава (отработка аварийных ситуаций или специфических сценариев, например: сильное течение, внезапная поломка рулевого управления и т. д.), загрязнением окружающей среды и др.

Кроме того, количество образцов используемой для обучения техники и наличие ее моторесурса, как правило, ограничено, а погодные или гидрологические условия не всегда позволяют проводить полноценные занятия.

Применение навигационных тренажеров решают эти проблемы: их использование позволяет отрабатывать навыки в безопасной, контролируемой и воспроизводимой среде, минимизируя затраты и риски, связанные с обучением на реальной технике в полевых условиях, они позволяют имитировать реальные сценарии работы без износа оборудования, угрозы безопасности личного состава, загрязнения окружающей среды. Исторический

опыт и испытания показывают, что внедрение тренажеров на порядок снижает себестоимость часа подготовки специалиста и существенно повышает его безопасность за счет отработки запрограммированных нештатных и аварийных ситуаций (рисунок 7).



Рисунок 7 – От тренажера к реальной практической работе

Используемое в тренажере программное обеспечение позволяет отрабатывать навыки и совершенствовать технику вождения на плаву, в любое время суток и в любых погодных условиях, а также моделировать условия слаживания экипажа при проведении занятий без расхода топлива и моторесурса. Функциональные возможности программы: изменение времени года, погодных условий, уровня волнения, скорости течения, времени суток; контроль действий обучаемого с рабочего места инструктора; фиксация действий обучаемого; хранение результатов выполненных упражнений; автоматическое выставление оценки и ее ручная коррекция инструктором; печать отчета и др. [3].

Таким образом, главными преимуществами использования навигационного тренажера являются:

- безопасность – навигационный тренажер ПСТ-1 позволяет обучаться и отрабатывать действия в сложных и приближенных к боевым ситуациям без риска для жизни, техники или окружающей среды. Ошибки обучаемых не приводят к реальным последствиям;

– экономия времени и ресурсов – нет необходимости использовать дорогостоящие реальные образцы ПСТ-1, так как обучение происходит с применением технологии дополненной реальности, что снижает износ оборудования, расход топлива и эксплуатационные затраты при многократном повторе упражнений;

– возможность моделирования различных ситуаций – тренажер способен имитировать широкий спектр погодных условий, технических неисправностей и других нестандартных сценариев, которые трудно или невозможно воспроизвести в реальности;

– объективная оценка компетентности – использование автоматического независимого контроля, хранение и фиксация результатов действий обучающихся.

При этом имеется ряд ограничений:

– отличия от реальных условий – даже самые современные технологии и программное обеспечение не могут полностью воспроизвести все нюансы поведения техники, человеческого фактора или внешних обстоятельств, и у обучаемых может формироваться ложное чувство уверенности;

– необходимость технического обслуживания – для поддержания актуальности программного обеспечения и аппаратной части требуется регулярное обновление и квалифицированное обслуживание.

Возможными направлениями модернизации навигационного тренажера ПСТ-1 могут быть: повышение реалистичности графики, разработка адаптивных сценариев с учетом индивидуального уровня подготовки пользователя, интеграция с внешними источниками данных (например, погодными сервисами) для моделирования максимально приближенных к реальности ситуаций, создание интеллектуальных виртуальных напарников или противников для обучения командным взаимодействиям, оценке действий обучаемых и др.

Тем не менее применение навигационного тренажера ПСТ-1 за счет интерактивности процесса обучения позволяет приблизить учебный процесс к реальным условиям выполнения учебно-производственных задач, повысить уровень усвоения знаний и отработки практических навыков личного состава.

Специалисты получают возможность многократно отрабатывать сложные маневры без риска аварийных ситуаций. Это снижает вероятность ошибок при работе в реальных условиях, тем самым повышается общий уровень боевой подготовки отдельных специалистов и боевой готовности понтонно-мостовых подразделений к выполнению мероприятий по штатному предназначению.

Список литературы

1 К вопросу истории создания наплавных железнодорожных мостов и их применение в Железнодорожных войсках / М. А. Левин, В. В. Смирнов, В. А. Рыбицкий //

Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2022. – № 1 (23). – С. 186–192.

2 **Тарасевич, В. Г.** Только актуальные вопросы – в интересах Железнодорожных войск, использование понтона самоходного (толкача) ПСТ-1 / В. Г. Тарасевич // Материально-техническое обеспечение Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2023. – № 10 (46). – С. 14–19.

3 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023669858, Российская Федерация. Тренажер-симулятор понтона самоходного (толкача) КТ.РВU.002.02 BoatSim : № 2023669075 : заявл. 18.09.2023 : опубл. 21.09.2023 ; заявитель акционерное общество «СИТРОНИКС».

4 Использование наплавного железнодорожного моста-ленты МЛЖ-ВФ-ВТ при ликвидации последствий кризисных ситуаций / С. И. Завальнюк, В. А. Рыбицкий, И. П. Донцов [и др.]. – Киров : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2019. – С. 618.

Секция I
СТРОИТЕЛЬСТВО, ВОССТАНОВЛЕНИЕ
И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИКРЫТИЕ
ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 624.21/.8:624.016

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ КОМПОЗИТНЫХ
МАТЕРИАЛОВ В МОСТОСТРОЕНИИ

А. А. АСАДЧИЙ, И. В. ПРИМАК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Мосты являются важнейшими элементами транспортной инфраструктуры, от надежности которых зависят экономические связи и безопасность населения. Однако на протяжении всего срока эксплуатации они подвергаются комплексу разрушающих факторов: динамическим нагрузкам от транспорта, климатическим воздействиям (перепады температур, влага, УФ-излучение) и химической агрессии (противогололедные реагенты, морская соль). Традиционные материалы – сталь и железобетон – имеют ограниченный ресурс из-за коррозии, усталости материалов и потери несущей способности.

В ответ на эти вызовы современное мостостроение все активнее переходит к использованию полимерных композиционных материалов (ПКМ) и инновационных защитных покрытий. Эти технологии позволяют не только продлить срок службы сооружений до 50–100 лет, но и снизить затраты на эксплуатацию, ремонты и усиление конструкций.

Композиционные материалы представляют собой искусственно созданные неоднородные сплошные материалы, состоящие из двух и более компонентов с четкими границами раздела. Композит – это продуманный симбиоз материалов с конструкционными и функциональными свойствами. Волокна принимают основные нагрузки, а матрица перераспределяет их и удерживает конструкцию как единое целое.

Большинство современных композитов строится по принципу «полимерного конструктора»: проектировщик может задать свойства материала на этапе его формирования, исходя из условий будущей работы конструкции. Это позволяет точно определить направление волокон и тип матрицы для каждой конкретной зоны изделия.

В современном мостостроении применяются три основных типа волокон.

Стекланные волокна наиболее распространены благодаря устойчивости к влаге и относительно невысокой стоимости. Из стеклопластика производят водоотводные лотки, перильные ограждения и конструкционные профили.

Углеродные волокна отличаются исключительной легкостью и прочностью, хотя и дороже в производстве. Они незаменимы при усилении несущих элементов.

Арамидные волокна (кевлар) хорошо рассеивают энергию удара, но чувствительны к длительному воздействию влаги.

Особого внимания заслуживают базальтовые волокна, которые в сочетании с нанотехнологиями открывают новые перспективы. Ученые разработали композитные вантовые растяжки на основе эпоксидной смолы, армированной базальтовыми волокнами, модифицированными наночастицами оксида графена и углеродными нанотрубками. Такая технология позволяет повысить прочность композита примерно на 25 %.

В России эксплуатируются десятки полностью композитных мостов. Однако до недавнего времени существовала серьезная проблема: несущие профили изготавливались из композитов, а крепления оставались металлическими. Они увеличивают общий вес конструкции и уменьшают срок службы: из-за коррозии нередко получается так, что жизненный цикл всего сооружения ограничивается ресурсом металлических элементов.

Решением стала разработка композитных заклепок из усиленного стекловолокном полипропилена. Ученые совместно с китайскими коллегами предложили технологию, при которой заклепки изготавливаются в форме термопластичных штырей методом пултрузии. При монтаже концы штырей нагреваются и сплющиваются, надежно фиксируя соединение. Испытания подтвердили, что такие крепления успешно выдерживают циклические нагрузки и полностью снимают проблему коррозии.

Одним из наиболее эффективных методов повышения живучести мостов является система внешнего армирования (СВА) углеродными лентами и ламелями. Нанотехнологический центр композитов (входит в группу «РОСНАНО») производит систему CarbonWrap, которая активно применяется в России и Беларуси.

Ключевое преимущество этой технологии – возможность проведения работ без остановки движения. При реконструкции путепровода в Минске использовали углепластиковые ламели CarbonWrap Lamel T50/120 с эпоксидным связующим. Такой метод позволяет значительно сократить сроки ремонта, не утяжеляет конструкцию и обходится на 15–20 % дешевле традиционных способов усиления.

Для сложных инженерных объектов проектирование композитов невозможно без цифровых технологий. Инженер задает геометрию и условия эксплуатации, а программное обеспечение рассчитывает напряженно-

деформированное состояние и предлагает оптимальный «рецепт» композита – направление волокон, их количество и структуру материала. Это позволяет сократить число дорогостоящих натурных экспериментов.

По такому принципу уже сегодня проектируются элементы авиационных конструкций (более 50 % массы Boeing 786 приходится на композиты), и эта практика постепенно проникает в мостостроение.

Будущее мостостроения – за разумным сочетанием традиционных и инновационных материалов. Современные композитные материалы и защитные покрытия коренным образом меняют подходы к обеспечению живучести мостовых сооружений. Главный вектор развития – отказ от концепции «построил и ремонтируй» в пользу подхода «построил и забыл о ремонтах на десятилетия».

Список литературы

1 Система антикоррозионных покрытий TM RAUM-PROFIE для мостовых конструкций прошла успешные испытания // Ассоциация «Союзкраска». – URL: <https://soyuzkraska.ru/news/sistema-antikorrozionnyh-pokrytij-tm-raum-profie-dlya-mostovykh-konstrukcij-proshla-uspeshnye-ispytaniya-v-kompanii-ao-stalmost-1> (дата обращения: 24.01.2026).

2 Группа «РОСНАНО» модернизирует самый высокий мост Чувашии с применением инновационных композитов // Группа «РОСНАНО». – URL: <https://www.rusnano.com/news/20250710-gruppa-rosnano-moderniziruet-samyj-vysokiy-most-chuvashii-s-primeneniem-innovatsionnykh-kompozitov> (дата обращения: 24.01.2026).

3 Высокопрочные и устойчивые к коррозии ванты // Саратовский государственный технический университет. – URL: <https://www.sstu.ru/proekt/vysokoprochnye-i-ustoychivye-k-korrozii-vanty.html> (дата обращения: 24.01.2026).

УДК 654.026:656.25:518

СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АВТОМАТИКИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И СВЯЗИ В ПОДСИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*В. А. БАБОШИН, И. В. БОКК, Д. Е. ДАНИЛЬЧЕНКО
Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А. В. Хрулева,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Рассмотрено техническое решение для восстановления подсистем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Целью исследования была разработка предложений по восстановлению подсистемы железнодорожной автоматики и телемеханики для повышения своевременности вос-

становления прерванного движения поездов в условиях повреждения напольного оборудования и линий связи на железнодорожных станциях и перегонах в результате воздействия внешних факторов в чрезвычайных ситуациях различного характера. В качестве основы для оперативного восстановления предлагается использование технологий сенсорных радиосетей. Рассматривается вопрос создания линейки универсальных радиомодулей. Приводится постановка задачи разработки и формируются предложения по отдельным конструктивным решениям.

В настоящее время при проектировании или планировании восстановления элементов инфраструктуры железнодорожного транспорта (ИЖДТ) в условиях неблагоприятных внешних воздействий, в том числе и при чрезвычайных ситуациях различного характера, используется широкий перечень технических устройств автоматики и телемеханики, а также устройств и модулей средств и линий связи.

При этом под ИЖДТ понимается «технологический комплекс, включающий в себя подсистемы ИЖДТ, составные части подсистем и элементы составных частей подсистем ИЖДТ, обеспечивающие функционирование этого комплекса» [1]. В рамках статьи рассмотрению подлежат две подсистемы ИЖДТ, оказывающие самое непосредственное влияние на обеспечение безопасного движения поездов: подсистема железнодорожной автоматики и телемеханики (ПЖАТ) и подсистема железнодорожной электросвязи (ПЖЭС).

В значительной степени эффективность перевозочного процесса зависит от пропускной и провозной способности станций и путевых сооружений, причем эффективность организации управления технологическим процессом, то есть эффективность подсистем ПЖАТ и ПЖЭС играет решающую роль. Без использования ресурсов данных подсистем обеспечить безопасное движения поездов не представляется возможным.

ПЖАТ определяется как «подсистема инфраструктуры ЖДТ, включающая в себя комплекс технических сооружений и устройств сигнализации, централизации и блокировки, обеспечивающих управление движением поездов на перегонах, станциях и маневровой работой» [1].

ПЖЭС определяется как «комплекс технических сооружений и устройств, обеспечивающих формирование, прием, обработку, хранение, передачу и доставку сообщений электросвязи в процессе организации и выполнения технологических процессов железнодорожного транспорта» [1].

Следует заметить, что даже при наличии и исправности всех остальных составных частей ИЖДТ, в частности, исправного верхнего строения пути, всего перечня искусственных сооружений, влияющих на организацию железнодорожных перевозок, достаточного количества подвижного состава и локомотивов и т. д., безопасность ИЖДТ в целом как неотъемлемое требование к перевозочному процессу, и безопасное движение поездов в частности, обеспечена быть не может, если нарушено функционирование подсистем ПЖАТ и ПЖЭС [2].

Одними из основных направлений инновационного развития ИЖДТ являются: создание и внедрение динамических систем управления перевозочным процессом с использованием искусственного интеллекта; внедрение инновационных систем автоматизации и механизации станционных процессов («интеллектуальная станция»); разработка и внедрение перспективных технических средств и технологий инфраструктуры путевого комплекса, железнодорожной автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения, инновационных информационных и телекоммуникационных технологий [3].

Все это предполагает развертывание инфокоммуникационной инфраструктуры, которая, в свою очередь, станет основой для создания интеллектуальной транспортной системы (ИТС, англ. *Intelligent transportation system*), предоставляющей конечным потребителям большую информативность и безопасность, а также качественно повышающей уровень взаимодействия участников технологического процесса ЖДТ по сравнению с обычными транспортными системами [3].

Существующие технические решения подсистем ПЖАТ и ПЖЭС основаны на широкой номенклатуре устройств и способов их инсталляции в составе отдельных элементов подсистем (напольного оборудования, локомотивных устройств, линейных сооружений связи и т. д.), и поэтому предметом рассмотрения является разработка организационно-технических предложений по повышению своевременности восстановления прерванного движения поездов в условиях воздействия на элементы ИЖДТ внешних неблагоприятных воздействий различного характера [4].

Под безопасным движением поездов (БДвП) понимается свойство движения поезда находиться в неопасном состоянии за расчетное время, когда отсутствует угроза сохранности жизни и здоровья пассажиров, технического персонала, населения, сохранности грузов, объектов хозяйствования, технических средств транспортной системы [4].

При восстановлении объектов железнодорожного транспорта и ликвидации чрезвычайных ситуаций возникает необходимость достоверного и оперативного определения потребности в ресурсах, стоимости восстановительных работ и оценки мощностей, привлекаемых восстановительных подразделений, а также выбор инфокоммуникационных технологических решений, используемых при восстановлении подсистем ИЖДТ. В свою очередь, это предполагает определение способа восстановления функционирования комплекса ж.-д. станций и перегонов, последовательности и продолжительности выполнения восстановительных работ (первой, второй и последующей очереди), объемов основных видов ресурсов и технологии применения необходимых материалов и конструкций [2, 5, 6].

В настоящее время для быстрого развертывания оперативного управления устройствами электрической централизации (ЭЦ) железнодорожной станции (ЖДС) в случаях повреждений постов и устройств ЭЦ при возник-

новении чрезвычайных ситуаций (ЧС), применяются мобильные комплексы ЭЦ в транспортабельных модулях с использованием автоматизированных систем управления (АСУ) [7].

При организации работ по восстановлению объектов инфраструктуры ЖДТ определяющее значение играет оперативность восстановления данных подсистемы, так как длительность цикла восстановления в зависимости от складывающейся обстановки и степени (объема) разрушений может составлять до нескольких суток, что повлечет за собой снижение пропускной и провозной способности железных дорог.

В работе [6] рассматривалось предложение по созданию универсального модуля (УМ) сенсорной сети. Одним из объектов разработки являлся корпус УМ для установки модулей подсистем ПЖАТ и ПЖЭС.

Предполагается, что в качестве внешнего источника энергоснабжения может быть использована промышленная сеть переменного тока 220/380 В или внешняя аккумуляторная батарея.

Универсальный корпус должен быть оснащен системой охлаждения и вентиляции для поддержания оптимального температурного режима работы оборудования. Материал корпуса должен иметь достаточную механическую прочность, оборудован приспособлениями для фиксации в местах установки, а также обеспечивать защиту оборудования от внешних электромагнитных воздействий за счет специальных устройств защиты по току и напряжению и экранирования.

Геометрические размеры универсального корпуса могут быть адаптированы под типовое оборудование подсистем ПЖАТ и ПЖЭС.

Для подзарядки встроенного аккумулятора может быть использован термоэлектрический генератор, принцип действия которого основан на эффекте Пельтье. Тепловую энергию батарея элементов Пельтье может получать за счет теплоотвода нагретого воздуха из аппаратного отсека и отсека блока питания и разности температур внутри и снаружи универсального корпуса.

При этом крышка универсального корпуса является самостоятельным объектом разработки, так как кроме выполнения утилитарных защитных функций она будет оборудована солнечной батареей, а также оснащена защитным устройством для предотвращения механических повреждений в виде жалюзи.

В качестве внешних устройств предполагается подключение внешних модулей ПЖАТ (напольного оборудования), а также модулей и линий связи ПЖЭС [2, 5]. Требуемое количество УМ рассчитывается исходя из размеров восстанавливаемого объекта и количества элементов напольного оборудования, подключаемых к УМ.

В частности, одним из вариантов использования УМ может быть его использование для установки оборудования мобильной сигнальной точки (МСТ) для интервального регулирования движения поездов. Классическая схема системы ИРДП с использованием МСТ имеет вид (рисунки 1).

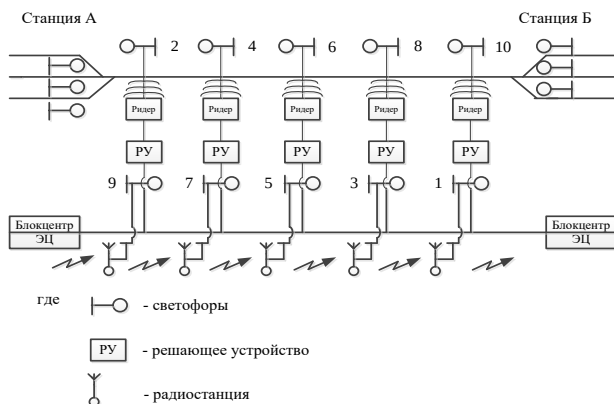


Рисунок 1 – Схема системы ИРДП (вариант)

В случае использования УМ будет обеспечено управление движением поездов по блок-участкам на перегоне, кроме того, каждый УМ создаст зону радиодоступа, в которой должностное лицо (ремонтники на перегоне), имеющее совместимое носимое устройство, получит возможность обмена речевой информацией и данными (рисунок 2).

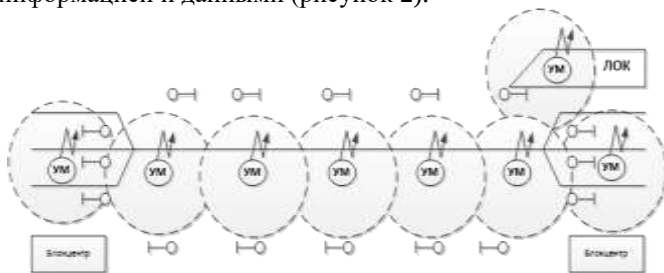


Рисунок 2 – Схема системы ИРДП с использованием УМ (вариант)

Использование оборудования в составе УМ, установленного в рассматриваемый универсальный корпус, может значительно сократить время восстановления прерванного движения поездов в условиях воздействия неблагоприятных внешних факторов. В этом случае создается самостоятельная инфокоммуникационная инфраструктура на основе протоколов сенсорной сети, которая решает задачи управления оборудованием ПЖАТ и обеспечения станционной и перегонной электросвязи в подсистеме ПЖЭС. На втором этапе восстановления УМ объединяются между собой линиями связи, что повышает надежность функционирования ПЖАТ и ПЖЭС.

За счет использования типовых интерфейсов и протоколов аппаратные модули, установленные в УМ могут быть интегрированы в соответствующую

щие подсистемы автоматизированной системы управления (АСУ) железнодорожного транспорта при создании ИТС.

Данное техническое решение может быть использовано для установки оборудования всех подсистем ИТС, в том числе: точек доступа для персональных приемно-передающих устройств сотрудников ЖДТ, для обеспечения локомотивной и перегонной связи; для установки на объектах инфраструктуры, для управления исполнительными устройствами и сбора информации с различных датчиков.

Использование УМ позволит значительно сократить время восстановления движения поездов, прерванного в результате воздействия внешних неблагоприятных факторов, в том числе и в условиях чрезвычайных ситуаций.

Список литературы

1 **Бабошин, В. А.** Технологии сенсорных сетей как основа построения подсистемы железнодорожной автоматики и телемеханики / В. А. Бабошин, А. В. Коновалова, И. В. Бокк // Специальная техника и технологии транспорта : сб. науч. ст. / ВИ (ИТ) ВА МТО. – Санкт-Петербург, Петергоф, 2020. – С. 196–203.

2 **Бабошин, В. А.** Некоторые подходы к восстановлению подсистем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи на основе технологии сенсорных сетей / В. А. Бабошин, И. В. Бокк, Д. Е. Данильченко // Сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-й годовщине со дня рождения Л. В. Канторовича, Санкт-Петербург, 3 февр. 2022 г. / ВИ (ИТ) ВА МТО. – СПб., 2022. – С.156–163.

3 Стратегия научно-технологического развития холдинга РЖД на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) : распоряжение ОАО «Российские железные дороги» от 17 апреля 2018 г. № 769/р.

4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Безопасность движения поездов. Термины и определения : ГОСТ Р 22.2.08-96. – Введ. 01.07.1997. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200025608>.

УДК 625-14,625-173,51-7

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ МАГИСТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ОПЕРАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

*В. А. БАБОШИН, В. И. КАРДАСЕВИЧ, А. Е. КИРОВСКИЙ
Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А. В. Хрулева,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

В статье рассмотрены предложения по разработке методики принятия решения на проектирование волоконно-оптической линии связи в ходе строи-

тельства или модернизации магистральных линий сети оперативно-технологической связи железной дороги. Приводится математическая постановка задачи и формируются предложения по совершенствованию методики.

В рамках проектирования подсистем железнодорожной автоматики, телемеханики (ПЖАТ) и железнодорожной электросвязи (ПЖЭС) особое значение имеют линейные сооружения, входящие в сеть оперативно-технологической связи на железнодорожном транспорте, используемые для обмена сигналами телемеханики и телеуправления, а также для обмена информацией должностных лиц в ходе управления технологическим процессом железнодорожных перевозок [1].

Следует отметить, что именно ПЖАТ и ПЖЭС оказывают определяющее влияние на обеспечение безопасности движения поездов. Справедливо утверждение, что без корректной работы данных подсистем организация управления движением поездов и, следовательно, управление железнодорожными (ж.-д.) перевозками практически невозможна. Немаловажную роль в организации оперативно-технологической связи (ОТС) железной дороги играют линейные сооружения связи, построенные на основе различных кабелей связи [2].

В настоящее время широкое применение находят волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), на основе которых строится магистральная часть ОТС, а каналный ресурс этих линий используется на всех уровнях сети.

Проект на строительство ВОЛС разрабатывается на основании:

- задания на проектирование;
- актов выбора трассы и решений местных органов исполнительной власти о предварительном согласовании места размещения ВОЛС;
- принятого и утвержденного варианта схемы организации связи;
- технологических, инженерных изысканий и согласований, проведенных в процессе проектирования.

Рабочий проект строительства ВОЛС предусматривает комплекс работ по строительству линейно-кабельных сооружений, включая монтаж оптических муфт и устройство вводов в здания и сооружения, подготовку помещений для установки станционного оборудования и его монтаж, подключение к сети. В здания кабель вводится через существующие или вновь оборудуемые вводные блоки (в т. ч. подземные), они также могут прокладываться по воздушным желобам до стоек оптического кросса.

Одной из главных задач при строительстве ВОЛС является выбор типа волоконно-оптического кабеля (ВОК), его характеристик, а также способа прокладки, технологии аварийно-восстановительных работ, топологии линейного тракта, условий эксплуатации (климатических условий), с учетом территориального распределения потребителей услуг и объема передаваемого трафика [2]. В некоторых случаях следует отдавать предпочтение образцам, в конструкции которых отсутствуют металлические элементы, что

не требует специальных мер по защите от атмосферного электричества и опасных электромагнитных наводок со стороны контактной сети [3].

Оптические кабели, в состав которых входят оптические волокна и могут входить токопроводящие жилы, делятся на следующие типы: кабели для прокладки в грунте; кабели для прокладки в коллекторах или трубах; кабели для воздушной прокладки; подводные кабели (для сравнительно коротких подводных линий связи); внутриобъектовые кабели; полевые кабели; монтажные кабели; кабели специального назначения; кабели для подводных лодок [4].

При построении ВОЛС трасса разбивается на участки, которые в случае строительства магистральной ВОЛС ОТС коррелированы с участками между ж.-д станциями, на которые необходимо выделить ресурс пропускной способности. Другим условием, определяющим длину участка, являются характеристики ВОК по затуханию – регенерационные участки (РУ), между ними располагают оборудование для восстановления уровня и формы сигнала.

Для расчета максимально допустимой длины регенерационного участка необходимо учитывать дисперсию и затухание сигнала в волокнах ВОК. Длина РУ определяется для каждого пролета ВОЛС отдельно с учетом вносимого затухания сигнала:

$$l_{\text{зат}} = \frac{\mathcal{E} - M - n_p \alpha_p - n_{\text{от}} \alpha_{\text{от}}}{\alpha_{\text{каб}} + \alpha_n / l_{\text{ст}}}, \quad (1)$$

где, $\mathcal{E}$ – энергетический потенциал линии; M – энергетический запас, учитывающий потери за счет старения, деградации, изменения параметров аппаратуры, дБ (6 дБ); n_p – число разъемных соединений; α_p – затухание разъемных соединений, дБ; α_n – затухание неразъемных соединений, дБ; $n_{\text{от}}$ – число ответвителей; $\alpha_{\text{от}}$ – затухание ответвителей, дБ; $\alpha_{\text{каб}}$ – затухание волокна, дБ/км; $l_{\text{ст}}$ – строительная длина ВОК, км.

Хроматическая дисперсия возникает из-за изменений показателя преломления ОВ от длины волны, что приводит к неравномерной задержке распространения сигнала в зависимости от длины волны, что приводит к искажениям и увеличению коэффициента ошибок оптической системы по битам (BER, Bit Error Rate).

Способ прокладки определяется в том числе условиями местности в районе строительства ВОЛС и категорией грунтов. Прокладка кабеля может осуществляться бестраншейным способом при помощи кабелеукладчика, за исключением территории населенных пунктов, мест пересечения с существующими подземными коммуникациями и элементами транспортной инфраструктуры, в местах устройства муфт, оборудования кабельных колодцев и вводов здания, где разработка траншей должна производиться вручную или экскаватором. В местах пересечения трассой ВОЛС коммуникаций и дорог (с подземными сооружениями, реками, каналами, автодорогами, ж.-д. линиями) должны быть оборудованы переходы по соответствующей технологии.

Оптические кабели прокладываются в грунтах всех категорий, кроме грунтов, подверженных мерзлотным деформациям. Способы прокладки ВОК через болота, водные и другие преграды должны определяться на основе отдельных проектных решений в каждом конкретном случае.

Прокладка ВОК может осуществляться ручным способом в ранее отрытую траншею или бестраншейным способом с помощью ножевых кабелеукладчиков. Земляные работы выполняются в соответствии с требованиями руководств по строительству линейных сооружений сетей связи. Работы по прокладке ОК в местах пересечения охранных зон магистральных трубопроводов газовой и нефтяной промышленности, электрических сетей должны допускаться при наличии письменного разрешения организации, эксплуатирующей эти коммуникации и в присутствии их представителей [5].

Бестраншейный способ прокладки кабеля применяется на трассах с различными рельефами местности и разными грунтами. С помощью ножевого кабелеукладчика прорезается щель, кабель укладывается на ее дно на заданную глубину залегания (0,9–1,2 м). В настоящее время наиболее полно требованиям, предъявляемым при прокладке ВОК, соответствуют кабелеукладчики типа КВГ-1, КВГ-2 и КНВ-3. Для предварительной подготовки трассы может применяться пропорщик (например ПВГ-1, вибрационный гидравлический), это снижает тяговое усилие кабелеукладчика и снижает вероятность повреждения ВОК.

Независимо от метода прокладки ВОК возникает необходимость соединения строительных длин, при соединении станционных и линейных ВОК или в случае разветвления кабеля для ввода в здание. Строительные длины ВОК после сварки волокон соединяют при помощи соединительных или разветвительных (кабельных) муфт.

В качестве альтернативного варианта предполагается ввод кабелей обоих направлений в станционное здание, оборудование оптического кросса требуемой емкости и обеспечение маневра волокнами (транзит, ответвление, подключение аппаратуры) за счет коммутации на кроссе при помощи оптических патч-кордов. В этом случае разветвительная муфта не оборудуется, но кабельный колодец с запасом кабеля оборудуется по стандартной схеме.

Предлагаемая методика может быть реализована в виде программного обеспечения, которое позволит значительно сократить временные затраты на проектные работы.

Список литературы

- 1 Оперативно-технологическая телефонная связь на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов железнодорожного транспорта / под ред. Ю. В. Юркина. – М. : УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. – 464 с.
- 2 Программа выбора кабеля устройств СЦБ // Данильченко Д. А., Яшин М. А., Пантелеев Р. А., Бабошин В. А., Величко С. А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022613077, 01.03.2022. Заявка № 2022611330 от 02.02.2022.

3 **Бабошин, В. А.** Некоторые подходы к выбору кабелей для строительства волоконно-оптических линий связи / В. А. Бабошин, С. И. Еремеев, А. С. Трофимов // Специальная техника и технологии транспорта : сб. науч. ст. / ВИ ВА МТО. – СПб., Петергоф, 2020. – С. 42–51.

4 Кабели оптические. Общие технические требования : ГОСТ Р МЭК 794-1-93. – Введ. 01.01.1995. – М. : Госстандарт России, 1995.

5 **Иоргачев, Д. В.** Волоконно-оптические кабели и линии связи / Д. В. Иоргачев, О. В. Бондаренко. – М. : Эко-Трендз, 2002. – 282 с.

УДК 625-14, 625-173, 51-7

ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ В ВОССТАНОВЛЕНИИ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

В. А. БАБОШИН, А. С. ПОПОВ, А. Н. ФОКИН

Учреждение образования

*«Военная академия материально-технического обеспечения
им. генерала армии А.В. Хрулева»*

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Рассмотрено применение технологий радиосвязи для восстановления подсистемы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Целью исследования был анализ использования технологий радиосвязи в условиях повреждения напольного оборудования и линий связи на железнодорожных станциях и перегонах в результате воздействия внешних деструктивных факторов в чрезвычайных ситуациях различного характера. Приводится постановка задачи и формируются предложения по отдельным организационно-техническим решениям.

В рамках проектирования подсистем железнодорожной автоматики, телемеханики (ПЖАТ) и подсистемы железнодорожной электросвязи (ПЖЭС) особое значение приобретают используемые модели состояний подсистем и их элементов на выбранном уровне детализации [1]. В ходе такого анализа выделяются основные элементы данных подсистем и взаимосвязи между ними, определяющие степень достижения основной цели функционирования – обеспечения безопасности движения поездов в ходе технологического процесса железнодорожных перевозок.

Следует отметить, что именно ПЖАТ И ПЖЭС оказывают определяющее влияние на обеспечение безопасности движения поездов. Справедливо утверждение, что без корректной работы данных подсистем организация управления движением поездов и, следовательно, управление железнодорожными (ж.-д.) перевозками практически невозможно, поэтому к ним предъявляются высокие требования по надежности [2].

В линейных сетях поездной радиосвязи стационарные радиостанции (базовые станции, ретрансляторы), распределенные вдоль диспетчерского участка железной дороги, соединяются с распорядительной станцией (коммутационным оборудованием) по проводному каналу (рисунок 1).



Для организации связи с локомотивными бригадами на маршруте движения используется комбинированный способ организации р. св. – линейная радиосеть: радиосеть, построенная по радиопроводному принципу и обеспечивающая непрерывную связь между стационарными и подвижными

абонентами, рассредоточенными вдоль участка железной дороги. Локомотивная радиостанция при движении по ж.-д линии входит в связь со стационарной радиостанцией, а далее связь осуществляется по проводной линии поездной диспетчерской связи.

Под ж.-д. линией понимается: комплекс ж.-д. путей, сооружений и устройств, предназначенный для ж.-д. сообщений, включающий функциональные подсистемы: ж.-д. пути, станционную, ж.-д. электроснабжения, ж.-д. автоматики и телемеханики, ж.-д. электросвязи.

Система станционной р. св.: система ж.-д. р. св. для оперативного управления технологическими процессами работы ж.-д. станции, обеспечивающая обмен информацией между диспетчерским оперативным персоналом станции, машинистами подвижного состава и другими работниками, участвующими в обработке составов.

Система станционной р. св. может включать сети маневровой и горочной, а также радиосети работников, обеспечивающих технологические процессы работы ж.-д. станции, но не участвующих непосредственно в маневровой и горочной работе [3].

Сеть горочной (ж.-д.) р. св.: сеть ж.-д. р. св. для управления технологическими операциями по формированию/расформированию поездов на горках сортировочных станций, обеспечивающая обмен информацией между операторами сортировочной горки, машинистами горочных локомотивов, работниками, участвующими в расформировании составов при их роспуске.

Сеть маневровой (ж.-д.) р. св.: сеть ж.-д. р. св. для оперативного управления технологическими процессами на станциях, обеспечивающая обмен информацией между маневровыми диспетчерами, машинистами маневровых локомотивов, составителями поездов, дежурными по паркам приема, формирования и отправления [3].

Система ремонтно-оперативной (ж.-д.) р. св.: система РОРС: система ж.-д. р. св. для оперативного управления проведением ремонтных и восстановительных работ на железных дорогах, обеспечивающая обмен информацией между работниками в пределах фронта работ и с диспетчерским персоналом ремонтных подразделений.

Кроме этого, сети ж.-д. р. св. используются для организации обмена данными в интересах информационных и управляющих систем, входящих в систему управления инфраструктуры ж.-д. транспорта (ИЖДТ). Под ИЖДТ при этом понимается технологический комплекс, включающий в себя ж.-д. пути общего пользования и другие сооружения, ж.-д. станции, устройства электроснабжения, сети связи, системы сигнализации, централизации и блокировки, информационные комплексы и систему управления движением и иные обеспечивающие функционирование этого комплекса здания, строения, сооружения, устройства и оборудование [4].

Очевидным преимуществом р. св. по сравнению с проводной является то, что она дает возможность вести переговоры с работниками, находящи-

мися в движении (машинистами локомотивов, составителями, осмотрщиками, работниками путевых бригад, контактной сети, устройств СЦБ, строительных подразделений, работниками, обслуживающими пассажирские поезда, и др.), а также не зависит от состояния линейных кабельных сооружений. Недостатком данного способа является подверженность линий р. св. непреднамеренным и преднамеренным помехам и необходимость выбора рабочих частот для обеспечения электромагнитной совместимости.

ОАО «РЖД» является крупным владельцем и оператором сетей связи, оператором телефонной и радиосвязи, в том числе цифровой (DMR, Tetra, GSM-R). Общая длина линий связи ОАО «РЖД» составляет более 330 тысяч км, длина волоконно-оптических линий связи составляет более 77 тысяч км. При этом используются как существующие рельсовые цепи, так и системы радиоблокировки, в том числе спутниковые навигационные комплексы. Радиоэлектронные средства, применяемые для построения систем и сетей цифровой железнодорожной р. св., должны соответствовать техническим требованиям и условиям эксплуатации.

Действующий частотный план предполагает выделение ОАО «РЖД» для организации железнодорожной электросвязи полос радиочастот 151,7125 МГц – 154,0125 МГц и 154,9875 МГц – 156,0125 МГц при использовании цифровых систем радиосвязи с шагом сетки частот 12,5 кГц, а в дальнейшем – 6,25 кГц.

В качестве основного стандарта ОАО «РЖД» используется технология Digital Mobile Radio (DMR) – открытый европейский стандарт цифровой р. св. предполагает использование многостанционного доступа с временным разделением каналов (TDMA, Time Division Multiple Access), 2-слотовый режим – два коммуникационных канала при использовании радиоканала шириной 12,5 кГц. Стандарт позволяет совершить приоритетный аварийный вызов, дает возможность удаленного контроля, шифрование сигнала (скремблирование) при одновременной передаче речевого сигнала и данных.

В DMR возможны два режима:

- симплексной связи, в котором система останется одноканальной, этот режим подобен работе в аналоговом режиме, что позволяет обеспечить постепенную миграцию к цифровым системам;

- двухчастотный симплекс с дуплексным разносом (при наличии ретранслятора) с поддержкой двух независимых голосовых соединений в одном частотном канале.

Стандарт содержит четыре основных обязательных документа:

- 1 TS 102 361-1: the DMR air interface protocol – техническое описание протокола обмена данными по эфиру.

- 2 TS 102 361-2: the DMR voice and generic services and facilities – описание обязательных возможностей цифровой голосовой связи.

- 3 TS 102 361-3: the DMR data protocol – описание обязательных функциональных возможностей цифрового обмена данными.

Современная система радиосвязи для железных дорог производства ООО «Ижевский радиоавтомобильный завод» стандарта DMR показана на рисунке 2.

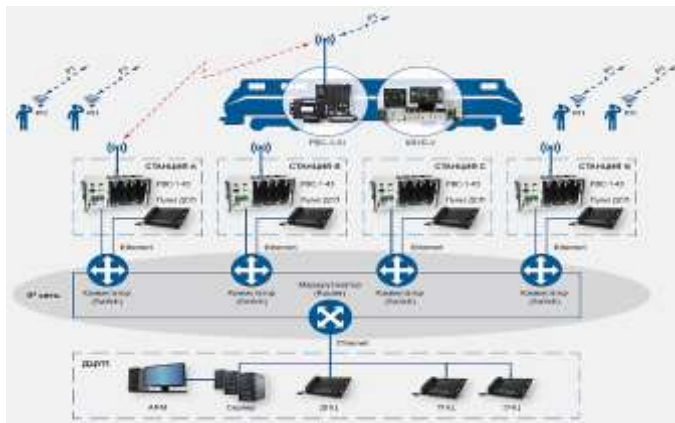


Рисунок 2 – Цифровая система станционной радиосвязи стандарта DMR (ООО «ИРЗ»)

Производителем разработана линейка радиосредств, которые являются отечественным продуктом и могут использоваться в составе комплекса для организации всех видов железнодорожной радиосвязи.

В работе [5] рассмотрено применение технологии р. св. с использованием технологии сенсорных сетей для восстановления подсистем ПЖАТ и ПЖЭС в условиях повреждения напольного оборудования и линий связи на ж.-д. станциях и перегонах. Очевидным преимуществом данной архитектуры является способность к самоорганизации и взаимодействию без использования базовых станций, а также адаптивная маршрутизация, учитывающая состояние узлов сети и условия распространения радиоволн [6]. Основным элементом предлагаемой архитектуры выступает универсальный модуль (УМ) для установки оборудования, оснащенный радиоинтерфейсом.

Технология DMR может применяться в спектре 50–999 МГц, при этом дуплексный разнос частот может меняться в зависимости от области частотного диапазона, для улучшения качества передачи используется цифровая обработка сигнала. Технически стандарт DMR представляет собой последовательность таймслотов длительностью 30 мс, 27,5 мс (216 бит) предназначены для полезной информации, 2,5 мс (48 бит) – служебная часть или биты сопровождения.

В стандарте DMR возможно осуществлять вызовы четырех типов: индивидуальный от рации к рации, групповой – от рации к группе раций и от рации ко всем рациям, передавать пакетные данные на скоростях до двух килобит в секунду, что позволяет использовать данную технологию в сетях ж.-д. р. св.

Перечисленные особенности стандарта DMR позволяют использовать данную технологию в качестве радиоинтерфейса для универсального модуля, что требует дальнейшего исследования.

Список литературы

1 Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М. : Наука, 1978. – 400 с.

2 Коваленко, В. Н. Надежность устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : методические указания / В. Н. Коваленко. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 94 с.

3 Электросвязь железнодорожная. Термины и определения : ГОСТ Р 53953-2010. – Введ. 01.07.2011 // Консорциум Кодекс. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084356?ysclid=muqu18a63h383912221>.

4 О железнодорожном транспорте в Российской Федерации : Федеральный закон РФ № 17-ФЗ от 24.12.2002 г. (ст. 2) // РЖД. – URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/-page/105104?id=272&ysclid=muqtsrb2qp905197936>.

5 Бабошин, В. А. Некоторые подходы к восстановлению подсистем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи на основе технологии сенсорных сетей / В. А. Бабошин, И. В. Бокк, Д. Е. Данильченко // Сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-й годовщине со дня рождения Л. В. Канторовича, 3 февр. 2022 г., Санкт-Петербург // ВИ (ИТ) ВА МТО им. генерала армии А. В. Хрулева. – СПб., 2022. – С. 156–163.

6 Бабошин, В. А. Использование современных технологий радиосвязи для восстановления подсистем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи / В. А. Бабошин, А. С. Попов, А. Н. Фокин // Сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-й годовщине со дня рождения Л. В. Канторовича, Санкт-Петербург, 3 февр. 2022 г. / ВИ (ИТ) ВА МТО им. генерала армии А. В. Хрулева. – СПб., 2022. – С. 148–155.

УДК 624.21.033:624.042.8(083.74)

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ АКТУАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ИНСТРУКЦИЯХ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВРЕМЕННЫХ И КРАТКОСРОЧНЫХ МОСТОВ

С. М. БОБРИЦКИЙ

Учреждение образования

*«Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Достоверность результатов расчета строительных конструкций определяется степенью соответствия принятой расчетной модели фактическому физическому поведению конструкции. Для капитальных мостовых соору-

жений, проектируемых по [1], нормативные методы расчета прошли многолетнюю верификацию натурными испытаниями и статистикой эксплуатации. Для временных и краткосрочных мостовых сооружений проектирование и расчет рекомендуется производить на основе методов, описанных в инструкциях [2] и [3], разработанных ЦНИИС в конце 1970-х годов, которые до настоящего времени не актуализированы с учетом развития теории динамики конструкций.

В инструкции [2] требования к проектированию определены для двух видов восстанавливаемых сооружений: временные мосты со сроком непрерывной эксплуатации 5–7 лет и скоростью движения поездов до 80 км/ч на тыловых и до 50 км/ч на фронтовых железных дорогах (см. п. 1.3 [2]); краткосрочные мосты со сроком от нескольких дней до одного сезона при скорости 15–30 км/ч (см. п. 1.4 [2]). Инструкция [3], являющаяся дополнением к [2] (см. п. 1.1 [3]), нормирует расчет наплавных мостов со скоростью движения 15–30 км/ч (см. п. 1.3 [3]) и паромных переправ.

Оба документа предписывают вести расчет по методам предельных состояний двух групп: по несущей способности (I группа) и по деформациям (II группа). В таблице 3 [2] приводится 16 видов нагрузок и воздействий, а в таблице 1 [3] 12 видов с дополнительными гидродинамическими и волновыми воздействиями.

Настоящее исследование фокусируется на шести конкретных объектах расчета, являющихся основными конструктивными элементами и типами временных мостовых сооружений:

- фундаменты (далее – Ф) – основания опор, воспринимающие все нагрузки от сооружения и передающие их на грунт;

- опоры (далее – Оп.) – промежуточные и береговые, обеспечивающие граничные условия для пролетных строений, включая свайные, стоечные, рамные и массивные опоры;

- пролетные строения (далее – ПС) – основные несущие конструкции, перекрывающие пролеты и воспринимающие все виды эксплуатационных нагрузок, включая проезжую часть (мостовое полотно);

- деревянные краткосрочные мосты (далее – ДКМ) – мостовое сооружение, несущие конструкции которого выполнены из древесины со сроком эксплуатации от нескольких дней до одного сезона (год) и скоростью 15–30 км/ч (см. п. 1.4 [2]), характеризующиеся минимальной жесткостью и максимальной податливостью соединений;

- наплавные мосты (НМ) – сооружения на плавучих опорах (см. п. 1.1 [3]), включающие речную, переходную и береговую части, с принципиально иным механизмом опирания и специфическими нагрузками (волновые, гидродинамические);

- временные мосты на жестких опорах (ВМ) – стальные и железобетонные конструкции со сроком эксплуатации 5–7 лет и скоростью до 80 км/ч (см. п. 1.3 [2]).

Объекты ПС, ДКМ, НМ и ВМ частично пересекаются: деревянный краткосрочный мост содержит собственные пролетные строения и опоры. Однако для целей анализа объекты рассматриваются как самостоятельные, поскольку к каждому из них применяется различный набор нормативных требований.

Целью работы является систематическое выявление, классификация и оценка влияния уязвимых положений методов расчета, представленных в [2] и [3], влияющих на достоверность результатов проектирования каждого из шести объектов при воздействии динамических нагрузок.

Научная новизна представленных результатов состоит в следующем: впервые проведен постатейный критический анализ инструкций [2, 3] с дифференциацией уязвимостей по шести объектам расчета; выявлены и систематизированы пятнадцать уязвимостей, классифицированных по пяти категориям; построена матрица «уязвимости × объекты», количественно характеризующая степень концентрации уязвимостей на каждом объекте; выявлены пять кумулятивных цепочек взаимного усиления уязвимостей, дифференцированных по объектам.

Постатейный критический анализ проводился путем сопоставления нормативных положений инструкций [2, 3] с фундаментальными принципами динамики конструкций [4–6]. Для каждого выявленного положения определены:

- формулировка нормативного требования с указанием конкретного пункта;
- физическое явление, которое данное требование должно учесть;
- степень адекватности принятого упрощения;
- характер влияния на достоверность – занижение, завышение или неопределенность расчетных усилий;
- условия, при которых уязвимость становится критической;
- перечень объектов, на которые распространяется уязвимость.

Выявленные уязвимости систематизированы по пяти категориям.

Категория А – упрощения динамического коэффициента (5 уязвимостей):

– А1 (см. п. 2.19 [2]): динамический коэффициент $(1+\mu) = 1 + 30/(30+\lambda_z)$ зависит только от длины загрузки, но не от собственных частот, демпфирования и спектра нагрузки. Объекты: ПС, ДКМ, НМ, ВМ;

– А2 (см. п. 2.19в [2]): для деревянных конструкций при $v \leq 30$ км/ч динамический коэффициент назначается равным $(1+\mu) = 1,0$ – полное обнуление динамики для объектов с максимальной уязвимостью к таким нагрузкам. Объекты: ДКМ;

– А3 (см. п. 2.19г [2]): для фундаментов и массивных опор $(1+\mu) = 1,0$, несмотря на восприятие импульсных нагрузок (торможение 8–10 % веса; навал до 1225 кН). Объекты: Ф, Оп.;

– А4 (см. п. 2.14 [3]): фиксированное $(1+\mu) = 1,1$ для наплавных мостов – без дифференциации по частотным характеристикам. Объекты: НМ;

– А5 (см. примечание к п. 2.14 [3]): исключение динамического расчета плавучести, остойчивости и профиля наплавного моста. Объекты: НМ;

Категория Б – отсутствие учета частотных характеристик (4 уязвимости):

– Б1 (см. пп. 2.21–2.22 [2]): ветровая нагрузка – фиксированное давление 60 кгс/м² и 100 кгс/м² без разделения на среднюю и пульсационную компоненты. Энергия ветровых пульсаций сосредоточена в диапазоне 0,01–2,0 Гц [9], совпадающем с собственными частотами сооружений. Объекты: ПС, ДКМ, ВМ;

– Б2 (см. п. 2.22 [3]): фиксированный $\xi = 1,4$ к ветровой нагрузке – константа, не зависящая от собственных частот. При добротности $Q \approx 17$ ($\xi d = 0,03$) резонансное усиление многократно превышает 1,4. Объекты: НМ;

– Б3 (см. п. 2.19 [3]): волновое воздействие нормировано только высотой (0,6 и 1,2 м) без спектра. Доминантные частоты волнения (0,05–0,5 Гц) совпадают с собственными частотами наплавных мостов (0,2–1,5 Гц). Объекты: НМ;

– Б4 (см. п. 4.26 [3]): стационарная модель гидродинамического давления не имеет пульсационной составляющей. Объекты: НМ.

Категория В – неучтенные взаимодействия (3 уязвимости):

– В1 (см. п. 1.46 [2]): податливость болтовых соединений учитывается только при расчете прогибов, но не при динамическом расчете, хотя снижает собственные частоты на 30–60 % [7]. Объекты: ПС, ДКМ, НМ, ВМ;

– В2 (см. п. 3.11 [2]): допускается не учитывать совместную работу плоскостных систем, что исключает выявление связанных форм колебаний. Объекты: ПС, ВМ;

– В3 (см. пп. 3.36–3.42 [2]): изолированный расчет проезжей части (мостового полотна); два различных динамических коэффициента ($1+\mu$). Объекты: ПС, ВМ.

Категория Г – пробелы нормирования деформаций (2 уязвимости):

– Г1 (см. п. 1.45, таблицу 4 [2]): предельные прогибы ($l_p/400$, $l_p/600$) проверяются без динамического коэффициента ($1+\mu$). Объекты: ПС, НМ, ВМ;

– Г2 (см. п. 1.48 [2]): горизонтальные смещения верха опор «нормами не устанавливаются». Объекты: Оп., ВМ.

Категория Д – расчетные схемы (3 уязвимости):

– Д1 (см. пп. 3.10, 3.12 [2]): директивное упрощение до шарнирных схем – при статике дает запас, при динамике может уменьшать запас (занижение частот + демпфирование). Объекты: ПС, ДКМ, НМ, ВМ;

– Д2 (см. п. 1.47 [2]): боковая жесткость (49–100 кН/см) нормирована без связи с собственными частотами – формальное обеспечение жесткости при нахождении в зоне ветрового резонанса. Объекты: Оп., ПС, ДКМ, ВМ;

– Д3 (см. п. 3.29 [2]): устойчивость проверяется при статических напряжениях. Объекты: ПС, ВМ.

Результаты, представленные выше, сведены в матрицу «уязвимости × объекты» (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица «уязвимости × объекты»

Уязвимость	Ф	Оп.	ПС	ДКМ	НМ	ВМ
А1	—	—	●	●	●	●
А2	—	—	—	●	—	—
А3	●	●	○	—	—	○
А4	—	—	—	—	●	—
А5	—	○	○	—	●	—
Б1	—	—	●	●	—	●
Б2	—	—	—	—	●	—
Б3	—	—	○	—	●	—
Б4	—	—	○	—	●	—
В1	—	—	●	●	●	●
В2	—	—	●	—	—	●
В3	—	—	●	—	—	●
Г1	—	—	●	—	●	●
Г2	—	●	○	—	—	●
Д1	—	—	●	●	●	●
Д2	—	●	●	●	—	●
Д3	—	—	●	—	—	●
Итого ●	1	3	9	6	9	10
Итого ●+○	1	4	12	6	9	11
Примечание – «●» – прямое воздействие уязвимости; «○» – косвенное (через граничные условия, изменение расчетной схемы или передачу динамических усилий).						

Из анализа концентрации уязвимостей по объектам видно:

– временные мосты на жестких опорах аккумулируют максимальное число уязвимостей – 10 прямых и 11 с учетом косвенных. Это объясняется тем, что временный мост включает все конструктивные элементы (пролетные строения, опоры, фундаменты, проезжую часть) и подвергается наиболее широкому спектру нагрузок при максимальной скорости (до 80 км/ч);

– пролетные строения – 9 прямых и 12 с косвенными – являются конструктивным элементом наибольшей концентрации, поскольку каждая уязвимость в расчете нагрузок или граничных условий неизбежно проецируется на расчет пролетного строения;

– наплавные мосты – 9 прямых – характеризуются сосредоточением уязвимостей категорий А4, А5, Б2, Б3, Б4, специфических исключительно для данного типа сооружений;

– деревянные краткосрочные мосты – 6 прямых – обладают максимальным уровнем риска, поскольку среди этих уязвимостей – А2 (полное обнуление динамики, $(1+\mu) = 1,0$) при минимальной боковой жесткости 0,5 кН/см (Д2) и максимальной податливости деревянных соединений (В1);

– опоры – 3–4 уязвимости – образуют «слепую зону» расчета: динамика обнулена (А3), смещения не нормированы (Г2), жесткость без частотного анализа (Д2);

– фундаменты – 1 уязвимость (А3) – формально наименее затронуты. Однако эта единственная уязвимость (полное обнуление динамического коэффициента) означает, что фундаменты временных мостов проектируются без какого-либо учета динамики, несмотря на то что они воспринимают все импульсные нагрузки (торможение, навал, лед), передаваемые через опоры.

Выявленные уязвимости действуют не изолированно, а образуют кумулятивные цепочки, в которых каждая последующая усиливает эффект предыдущей. В таблице 2 представлены четыре цепочки с указанием объектов, на которые они воздействуют.

Таблица 2 – Цепочки взаимного усиления уязвимостей

№ п/п	Цепочка	Объекты	Эффект
1	A1 → B1 → B2 → D1	ПС, ВМ	Занижение усилий на 40–60 % (болтовые соединения)
2	A2 → B1 → B1 → D2	ДКМ	Полное игнорирование динамики при максимальной чувствительности
3	A4 → A5 → B2 → B3 → B4	НМ	Критическое занижение при волновом/ветровом резонансе
4	A3 → Г2 → D2	Ф, Оп, ПС, ВМ	«Слепая зона»: ни усилия, ни деформации не контролируются

Выявленные уязвимости не являются ошибками разработчиков инструкций [2] и [3]. Они разрабатывались ЦНИИС совместно с ВАТТ, Гипротрансмостом и ЦНИИ МПС в конце 1970-х годов, когда спектральные методы существовали в фундаментальной литературе [4, 9], но определение собственных частот конструкций требовало значительных вычислительных ресурсов. Квазистатический подход обеспечивал приемлемый баланс между точностью и практической реализуемостью.

За прошедшие четыре десятилетия произошли принципиальные изменения [10]:

- программные комплексы МКЭ сделали модальный анализ рутинной операцией, доступной рядовому проектировщику;
- накоплена обширная экспериментальная база о динамическом поведении мостовых конструкций [7, 8];
- актуализированные нормы для капитальных конструкций уже включают спектральный подход к динамическим нагрузкам.

На основании проведенного анализа предлагаются следующие рекомендации по дальнейшему совершенствованию методов расчета динамических нагрузок по проектированию временных и краткосрочных мостов [11]:

- ввести обязательное определение собственных частот для всех шести классов объектов (расчетно или экспериментально);

- рассмотреть замену динамического коэффициента $(1+\mu)$ спектральным коэффициентом динамичности, учитывающим собственные частоты, демпфирование и спектральную структуру нагрузки;
- ввести спектральные характеристики ветровых пульсаций и волнового воздействия взамен фиксированных статических эквивалентов;
- нормировать характеристики демпфирования для основных типов конструкций;
- включить податливость соединений в динамический расчет.

Таким образом, проведенный анализ обосновывает необходимость актуализации инструкций [2] и [3] путем перехода от квазистатических коэффициентов к спектральному подходу, обеспечивающему учет собственных частот конструкций, характеристик демпфирования и спектральной структуры эксплуатационных нагрузок.

Список литературы

- 1 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84 : СП 35.13330.2011. – М. : Минрегион России, 2011. – 346 с.
- 2 Инструкция по проектированию железнодорожных временных и краткосрочных мостов и труб (ПВКМ-79) / ЦНИИС, НИИмостов МПС. Утверждена Министерством путей сообщения СССР И. Г. Павловским 23 апреля 1979 г. – М., 1982. – 248 с.
- 3 Инструкция по проектированию железнодорожных наплавных мостов и паромных переправ (ПНМ-79) / ЦНИИС, БАТТ, Гипротрансмост, ЦНИИ МПС. – М. : ВПТИТРАНССТРОЙ, 1980. – 164 с.
- 4 **Клаф, Р.** Динамика сооружений / Р. Клаф, Дж. Пензиен ; пер. с англ. – М. : Стройиздат, 1979. – 320 с.
- 5 **Bendat, J. S.** Random Data: Analysis and Measurement Procedures / J. S. Bendat, A. G. Piersol. – New York : Wiley-Interscience, 1971. – 407 p.
- 6 **Newland, D. E.** An Introduction to Random Vibrations and Spectral Analysis / D. E. Newland. – London : Longman, 1975. – 285 p.
- 7 **Chandrangsu, T.** Advanced analysis and probabilistic-based design of support scaffold systems: PhD thesis / T. Chandrangsu. – Sydney : University of Sydney, 2010. – 358 p.
- 8 **Beale, R. G.** Scaffold research – A review / R. G. Beale // Journal of Constructional Steel Research. – 2014. – Vol. 98. – P. 188–200.
- 9 **Davenport, A. G.** The Application of Statistical Concepts to the Wind Loading of Structures / A. G. Davenport // Proceedings of the Institution of Civil Engineers. – 1961. – Vol. 19, №. 4. – P. 449–472.
- 10 **Бобрицкий, С. М.** Временное восстановление железнодорожных мостов : учеб. пособие / С. М. Бобрицкий, А. А. Поддубный, К. В. Махаев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 218 с.
- 11 **Бобрицкий, С. М.** Концепция индивидуального формирования структуры временных технических объектов, находящихся под воздействием нагрузок разной природы // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – Гомель, 2023. – Вып. 16. – С. 22–27.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СБОРНО-РАЗБОРНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО МОСТОВОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МАЛОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

С. М. БОБРИЦКИЙ

Учреждение образования

*«Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

П. А. КАЦУБО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Преодоление труднопроходимых участков болотистой местности в приграничных районах представляет собой актуальную инженерно-техническую задачу, обусловленную необходимостью обеспечения транспортной доступности территорий с ограниченной дорожной инфраструктурой. Традиционно для решения данной задачи применяются гати и низководные деревянные мосты, однако указанные конструкции обладают рядом существенных ограничений. К числу основных недостатков относятся высокая трудоемкость возведения, а также ограниченный срок службы древесины, составляющий 5–7 лет в нормальных условиях эксплуатации и существенно сокращающийся при воздействии агрессивной среды болотистых участков [1].

В качестве альтернативного решения на военно-транспортном факультете Белорусского государственного университета транспорта (БелГУТ) разработано научное направление «Быстровозводимые мосты», базирующееся на триединстве принципов: быстро – надежно – дешево [2]. Данное направление предполагает создание комплекса конструкций, включающих опоры различного типа (плавучие, свайные) и пролетные строения (балочные, ферменные). В качестве основного конструкционного материала принят металл, сечение элементов которого подбирается по критерию оптимального момента сопротивления.

Основными задачами разработки являются: обеспечение требуемой надежности конструкции при минимальной массе и стоимости; достижение срока эксплуатации более 10 лет; обеспечение простоты изготовления и монтажа в полевых условиях [2]. Целью настоящей работы является представление концепции подхода к проектированию, расчету, натурному испытанию и сравнению расчетных и фактических результатов на примере пролетного строения СРММП-2 [3].

Объектом исследования является однопутное сборно-разборное металлическое мостовое пролетное строение (СРММП-2) грузоподъемностью до 1 т (рисунок 1), разработанное в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных на кафедре военно-специальной подготовки военно-транспортного факультета в БелГУТ [2, 3].

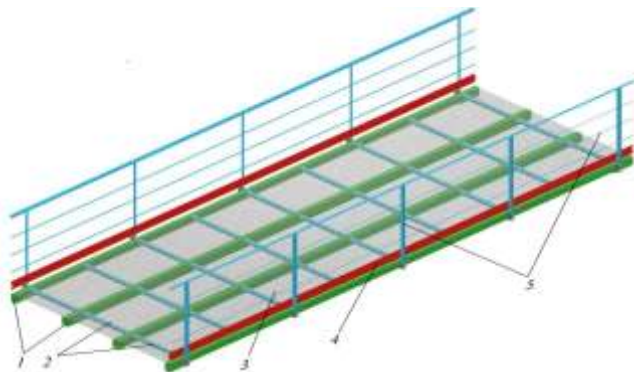


Рисунок 1 – Общий вид СРММП-2:

1 – главные балки; 2 – поперечные связи; 3 – настил проезжей части;
4 – колесоотбойники; 5 – перильное ограждение

Конструкция СРММП-2 включает следующие основные элементы. Главные балки выполнены из профильных прямоугольных труб двух типоразмеров: в средней части пролетного строения применены трубы сечением $120 \times 80 \times 5$ мм, по краям – трубы сечением $100 \times 60 \times 4$ мм. Длина главных балок составляет 6 м. К крайним главным балкам приварены стаканы для установки перильных стоек.

Поперечные связи изготовлены из уголков $40 \times 40 \times 4$ мм и соединены с главными балками посредством сварки. Настил проезжей части выполнен из просечно-вытяжного листа ПВЛ-406, прикрепленного к несущим элементам точечной сваркой. Колесоотбойник представляет собой листовое полотно размерами 140×6000 мм с угловым изгибом 90° , приваренное к стойкам конструкции.

Перильное ограждение состоит из стоек, выполненных из уголка $30 \times 30 \times 3$ мм высотой 1,25 м, перил из уголка $30 \times 30 \times 4$ мм длиной 6 м и заполнения из круглой стали диаметром 6,3 мм. Перильное ограждение крепится посредством болтового соединения через стаканы, приваренные к крайним главным балкам.

Для изготовления конструкции применена сталь не ниже Ст. 3. Общая масса СРММП-2 составляет 597 кг. Масса пролетного строения без перильного ограждения, в конфигурации которого проводились натурные испытания, составляет 544 кг. Строительный подъем конструкции преду-

смотрен в диапазоне 5–10 мм; при проведении натурных испытаний фактический строительный подъем составил 6 мм.

Натурные полевые испытания СРММП-2 проведены 20 декабря 2022 г. на базе пограничной группы в/ч 2044, г. Сморгонь [3]. Испытания проводились в зимних условиях при температуре окружающего воздуха +2 °С.

В качестве испытательной нагрузки использованы два мини-трактора МТЗ-Беларус-132Н (рисунок 2).



Рисунок 2 – Общий вид мини-трактора МТЗ-Беларус-132Н

Эксплуатационная масса каждого мини-трактора без балласта составляет 462 кг, колесная база – 1030×700 мм, ширина колеса – 164 мм. СРММП-2 было установлено на опорные брусья с расчетным пролетом 5900 мм. Для измерения прогиба применен прогибомер ПСК-МГ4 (далее – прогибомер), закрепленный на неподвижном основании. Точность измерений прибора составляет: $\pm 0,05$ мм в диапазоне до 10 мм; $\pm 0,1$ мм в диапазоне 10–100 мм; $\pm 0,5$ мм в диапазоне 100–200 мм.

Методика испытаний включала следующие этапы [3].

Определение фактического строительного подъема конструкции непосредственным промером, составившего 6 мм (рисунок 3).



Рисунок 3 – Определение величины строительного подъема СРММП-2

Установку и закрепление прогибомера на неподвижном основании и юстировку прибора на нулевое значение (0,00 мм).

Последовательное нагружение СРММП-2 двумя мини-тракторами (рисунок 4). Суммарная масса нагрузки составила около 930 кг, что соответствует предельной грузоподъемности конструкции.



Рисунок 4 – Испытание СРММП-2 двумя мини-тракторами МТЗ-Беларус-132Н

Снятие фактического прогиба пролетного строения с установленными двумя мини-тракторами (рисунок 5).



Рисунок 5 – Определение фактического прогиба пролетного СРММП-2 при нагружении пролета статической нагрузкой до 1 т

По результатам испытаний [3] фактический прогиб в середине пролета СРММП-2 по усредненным показаниям прогибомера и с учетом строительного подъема составил 27 мм. Полученные значения прогиба не превышают предельно допустимых величин, определяемых длиной пролета конструкции.

Для теоретического обоснования грузоподъемности СРММП-2 и верификации результатов натурных испытаний выполнено численное моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) методом конечных элементов (МКЭ) в программном комплексе ANSYS Workbench. Методологической основой построения конечно-элементной модели послужили рекомендации, изложенные в работе [4], определяющие последовательность этапов численного исследования прочности конструкций: построение физической модели, формирование математической модели, выбор метода исследования и анализ полученных результатов. Постановка задачи соответствует условиям проведения натурных полевых испытаний: моделируется статическое нагружение пролетного строения без перильного ограждения (масса конструкции 544 кг) двумя мини-тракторами МТЗ-Беларус-132Н суммарной массой около 930 кг.

Геометрическая модель СРММП-2 построена в полном соответствии с рабочей документацией [3] и включает все несущие элементы конструкции: главные балки из прямоугольных профильных труб сечением 120×80×5 мм (средняя часть) и 100×60×4 мм (крайние участки), поперечные связи из уголков 40×40×4 мм, а также настил проезжей части из просечно-вытяжного листа ПВЛ-406. Для дискретизации конструкции применены четырехузловые оболочечные конечные элементы SHELL181 с шестью степенями свободы в каждом узле (три поступательных и три вращательных), что позволяет корректно учитывать изгибную и мембранную жесткость тонкостенных элементов [4]. Настил ПВЛ-406 моделировался оболочечными элементами с приведенной толщиной, обеспечивающей эквивалентную изгибную жесткость просечно-вытяжного листа. Конечно-элементная сетка содержит около 45 000 узлов и 42 000 элементов, при этом размер элементов составляет 10 мм в зонах концентрации напряжений (области приложения нагрузок и опорные сечения) и 20 мм в остальных частях модели. Сходимость решения по сетке была проверена путем последовательного измельчения в соответствии с методикой [4]: при уменьшении размера элементов в 1,5 раза изменение максимального прогиба не превысило 0,3 %, что подтверждает достаточную густоту разбиения.

Материал конструктивных элементов – сталь не ниже Ст. 3 – описан линейно-упругой изотропной моделью [4] со следующими характеристиками: модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$, плотность $\rho = 7850$ кг/м³. Предел текучести стали Ст. 3 составляет $\sigma_t = 210$ МПа, коэффициент условий работы принимается $m = 0,9$, что обеспечивает контроль условия прочности по критерию предельного состояния. Соотношения между напряжениями, деформациями и смещениями приняты в рамках линейной теории упругости [4].

Граничные условия модели соответствуют расчетной схеме свободно опертой балки [4]: левая опора – шарнирно-неподвижная (ограничение пере-

мещений по осям X, Y, Z), правая – шарнирно-подвижная (ограничение перемещений по осям Y, Z при свободном продольном перемещении вдоль оси X). Расстояние между осями опор составляет 5900 мм, что соответствует расчетному пролету при натурных испытаниях. Нагрузки включают: собственный вес конструкции, учтенный посредством задания ускорения свободного падения $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; давление от колес двух мини-тракторов, приложенное к настилу проезжей части в виде равномерно распределенных давлений на участках контакта колес с настилом. Геометрия контактных пятен и их расположение определялись по данным о колесной базе ($1030 \times 700 \text{ мм}$) и ширине колеса ($b = 164 \text{ мм}$) мини-трактора МТЗ-Беларус-132Н. Оба мини-трактора расположены в середине пролета симметрично относительно продольной оси пролетного строения в соответствии со схемой нагружения при натурных испытаниях (см. рисунок 4).

По результатам статического линейного расчета определены поля перемещений и напряжений конструкции. Максимальный прогиб пролетного строения зафиксирован в середине пролета и составил 26,2 мм (рисунок 6), что не превышает предельно допустимого значения прогиба по условию жесткости ($L / 200 = 5900 / 200 = 29,5 \text{ мм}$).

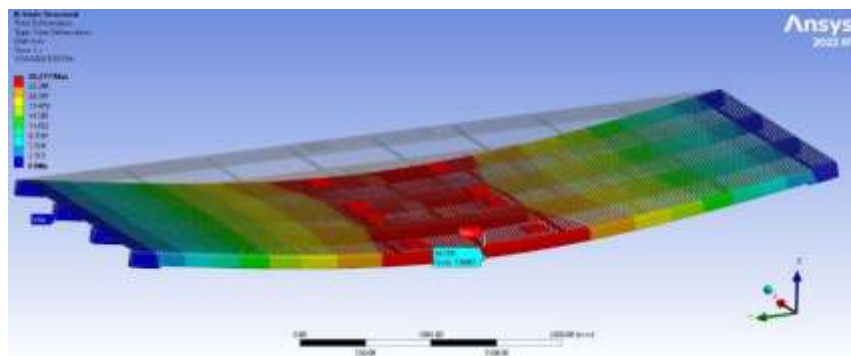


Рисунок 6 – Определение расчетного прогиба пролетного СРММП-2 при нагружении пролета статической нагрузкой до 930 кг в программном комплексе ANSYS Workbench

Максимальные эквивалентные напряжения по критерию Мизеса составили 153 МПа и локализованы в средней части пролета на нижних полках главных балок в зоне максимального изгибающего момента. Анализ напряженно-го состояния выполнен с использованием энергетического критерия эквивалентных напряжений (критерий Мизеса), рекомендуемого для пластичных материалов [4]. Коэффициент запаса прочности по отношению к пределу текучести $n = \sigma_{tm} / \sigma_{max} = 210 \cdot 0,9 / 153 = 1,24$, что свидетельствует о достаточной несущей способности конструкции при заданном уровне нагрузок.

Для оценки достоверности разработанной конечно-элементной модели проведено сопоставление результатов численного моделирования в ANSYS Workbench с данными натурных полевых испытаний (таблица 1). В соответствии с рекомендациями [4] по анализу точности результатов МКЭ-расчета основным критерием верификации модели принят максимальный прогиб в середине пролета как параметр, наиболее чувствительный к корректности задания жесткостных характеристик, граничных условий и нагрузок.

Таблица 1 – Сравнение результатов расчета и натурального эксперимента

Параметр	Численный расчет (ANSYS Workbench)	Натурный эксперимент	Отклонение, %
Максимальный прогиб в середине пролета, мм	26,2	27,0	2,96
Максимальные напряжения по Мизесу, МПа	153	–	–
Коэффициент запаса прочности	1,24	–	–

Расхождение между расчетным и фактическим значениями максимального прогиба составляет 2,96 %, что свидетельствует о высокой адекватности разработанной конечно-элементной модели и подтверждает правомерность принятых допущений. Согласно [4], основными источниками погрешности МКЭ-решения являются аппроксимация непрерывной среды дискретной моделью, упрощение граничных условий и неточность задания свойств материала. В рассматриваемой задаче незначительное отклонение расчетного прогиба от экспериментального обусловлено совокупностью следующих факторов: упрощениями при моделировании сварных соединений (принятых как жесткие без учета податливости шва), идеализацией граничных условий, а также инструментальной погрешностью измерений прогибомера ПСК-МГ4 ($\pm 0,1$ мм в рабочем диапазоне). Фактический прогиб пролетного строения не превышает предельно допустимого значения $L/200 = 29,5$ мм, что подтверждает соответствие конструкции требованиям жесткости при испытательных нагрузках [2, 3].

В результате проведенных исследований разработано конструктивное решение сборно-разборного металлического мостового пролетного строения СРММП-2 грузоподъемностью до 1 т, реализующее принципы «быстро – надежно – дешево». На основе методологии [4] разработана и верифицирована конечно-элементная модель пролетного строения в программном комплексе ANSYS Workbench (элементы SHELL181, сталь Ст. 3). Расчетный прогиб составил 26,2 мм при напряжениях по Мизесу 153 МПа (коэффициент запаса 1,24). Натурные испытания на базе в/ч 2044 (г. Сморгонь) подтвердили адекватность модели: фактический прогиб – 27,0 мм, расхождение – 2,96 %. Верифицированная модель создает основу для параметрической оптимизации и развития линейки мостовых пролетных строений повышенной грузоподъемности.

Список литературы

1 **Бобрицкий, С. М.** Подходы к проектированию сборно-разборных временных мостов из местных материалов / С. М. Бобрицкий, О. С. Шимановский // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – Гомель, 2021. – Вып. 14. – С. 11–16.

2 Система основных параметров сборно-разборного металлического мостового пролетного строения малой грузоподъемности : отчет об НИР (заключ.) / Кафедра военно-специальной подготовки ВТФ в УО «БелГУТ» (ВСП ВТФ в БелГУТ) ; рук. С. М. Бобрицкий ; № РГ 07.07-213/68. – Гомель, 2021. – 60 с.

3 Система основных параметров сборно-разборного металлического мостового пролетного строения грузоподъемностью до 1 т под однопутное движение : отчет об ОКР (заключ.) / ВТФ УО БелГУТ ; рук. А. А. Поддубный ; № РГ 07.07-213/71. – Гомель, 2023. – 57 с.

4 **Каплун, А. Б.** ANSYS в руках инженера: Практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Шамраева. – Изд. стереотип. – М. : ЛЕНАНД, 2024. – 272 с. – ISBN 978-5-9710-8697-0.

УДК 656.212

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

С. А. БОНДАРЕНКО, А. В. ШЕНКЕЛЬ

Военная академия материально-технического обеспечения

им. генерала армии А. В. Хрулева,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

А. А. САВКИН

Центральный военный округ, г. Москва, Российская Федерация

В статье дискутируется подход к актуальной проблеме восстановления подсистемы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Целью исследования была задача повышения своевременности восстановления прерванного движения поездов в условиях повреждения napольного оборудования и линий связи на железнодорожных станциях и перегонах в результате воздействия внешних факторов в чрезвычайных ситуациях различного характера. Предложен способ восстановления управления движением поездов, а также передачи маршрутной и логистической информации при обеспечении технологического процесса железнодорожных перевозок в ходе материально-технического обеспечения войск. Рассматриваются технические решения по использованию сенсорной радиосети для организации пе-

редачи маршрутной и логистической информации. Предлагается концепция универсального необслуживаемого модуля для установки оборудования и технологии, которые могут использоваться в процессе реализации указанных предложений.

Опыт современных локальных войн и вооруженных конфликтов показывает, что объем железнодорожных (ж.-д.) перевозок возрастет в 5–6 раз, перевозок войск – в 8–10 раз, т. к. мобилизационное и оперативное развертывание требует перемещения материальных средств, живой силы и техники, при этом железные дороги должны выполнить от 70 до 85 % общего объема перевозок [1–3].

Исторический опыт Великой Отечественной войны показывает, что подавляющая часть грузооборота СССР в 1941–45 гг. (более 80 %) пришлось на железнодорожный транспорт, в том числе до 70,5 % всех воинских перевозок, и эта тенденция сохраняется в современной обстановке.

Техническая оснащенность и мобильность современного войскового тыла многократно возросли, система материально-технического обеспечения (МТО) войск существенно усложнилась, увеличился расход материальных средств. Так, например, если в период Великой Отечественной войны дивизия в сутки потребляла около 200 тонн, то современная дивизия расходует в десять раз больше запасов материальных средств, а расход горючего повысился примерно в 25 раз.

Вопросы всестороннего МТО необходимо рассматривать комплексно, с учетом обеспечения потребностей всех силовых структур государства (ССГ). Предполагается путем слияния служб по видам МТО ВС РФ со службами по видам МТО других министерств и ведомств создание Межведомственной унифицированной системы тылового обеспечения силовых структур государства (МУСТО ССГ), образуемой по территориальному принципу, на основе ресурсной стратегии и организации сквозного управления потоками материальных средств [4].

Эффективность функционирования железнодорожного транспорта зависит от его инфраструктуры – технологического комплекса, включающего в себя подсистемы (ПС), составные части подсистем и элементы составных частей ПС ИЖДТ, обеспечивающие функционирование этого комплекса [5]. Подсистема ж.-д. автоматики и телемеханики (ПЖАТ) – комплекс технических сооружений и устройств, обеспечивающих безопасность движения поездов на перегонах и станциях, требуемый объем перевозок (пропускную и провозную способность). Не менее важной является ПС ж.-д. электросвязи (ПЖЭС) – комплекс технических сооружений и устройств, обеспечивающих формирование, прием, обработку, хранение, передачу и доставку сообщений электросвязи в процессе организации и выполнения технологических процессов железнодорожного транспорта [5, 6].

Задача восстановления прерванного движения поездов заключается в передаче информации, обеспечивающей безопасность движения поездов, а также некоторого объема логистической информации, связанного с управлением распределением материальных потоков МТО войск. Подобная задача может быть сформулирована с помощью математического аппарата линейного программирования (ЛП). Задача решается алгоритмом α : $Y \rightarrow X$, позволяющим оптимизировать разрешение произвольной ситуации $x \in X$ [7].

Если принять, что Z – это множество видов ресурсов, которые необходимы для разрешения ситуации $x \in X$, а T – множество технологий их использования, то существует зависимость z^* : $Z \rightarrow T$, значения которой известны только на объектах конечной выборки $Z_i = \{(z_i, t_i)\}$, $i = 1, \dots, k$, следовательно необходимо создать такую систему γ : $Z \rightarrow T$, способную минимизировать материальные и временные затраты на разрешение произвольной ситуации масштаба $m \in M$, $M \rightarrow F\{Y, X, Z, T\}$ [7].

Эффект управленческого воздействия Y будет зависеть от ПЖЭС как технической основы управления, и ПЖАТ как основы технологического управления перевозочным процессом. Очевидно, что как события, связанные с изменением состояния объектов ИЖДТ, так и характер управляющих воздействий со стороны лиц, принимающих решения, будут находиться в вероятностном пространстве Канторовича [8].

Развитие систем управления ЖДТ идет по пути инноваций, внедрения интеллектуальных транспортных систем (ИТС), предоставляющих большую информативность и безопасность, а также качественно повышающих уровень взаимодействия участников процесса перевозок [9].

Система МТО общевоинского объединения включает соединения, части и подразделения МТО с запасами материальных средств, транспортные средства и маршруты подвоза (в том числе ж.-д. маршруты), средства механизации погрузочно-разгрузочных работ и экономическую базу района ведения операции. Управленческая и логистическая информация, взаимодействие локальных информационных систем становятся необходимым условием при управлении сквозным материальным потоком от источника снабжения до конечного потребителя ресурсов определенного вида.

Внедрение ИТС позволяет использовать логистический подход в управлении МТО войск, когда управление материальными потоками охватывает все этапы логистики от источника МТО до потребителя определенного вида ресурсов: формирование грузопотоков; транспортировки, складирования и выполнения иных операций в ходе МТО, вплоть до получения ресурсов конечным потребителем [10]. Логистический подход в отношении управления материальными потоками реализует интеграционный процесс МТО войск, для чего необходима обработка определенного объема логистической информации в системе управления МТО, в том числе в системе управления ЖДТ. Существующие автоматизированные системы управления ЖДТ в той

или иной степени интегрированы в состав ИТС на основе стандартных стеков и протоколов [11]. Уникальность управления ЖДТ в том, что ПС ИЖДТ имеют иерархическую структуру, содержат разнообразные объекты, с различными режимами и условиями работы, разной степенью влияния на перевозочный процесс [12].

Техническая возможность использования технологии сенсорных сетей (WSN, Wireless Sensor Networks) при строительстве и восстановлении ПЖАТ и ПЖЭС для создания распределенных инфокоммуникационных систем на основе узлов двух типов FFD (Fully Function Device) и RFD (Reduced Function Device) [5, 14].

Для управления движением поездов предлагается использовать WSN радиосеть на основе линейки универсальных модулей (УМ): носимых (для персональной радиосвязи), бортовых (на ПС) и используемых в качестве напольного оборудования. Напольный УМ оснащается автономной системой электропитания с набором интерфейсов для присоединения управляемых объектов. УМ поддерживает технологию WSN и программной перестройки рабочих частот (ППРЧ) для работы в условиях сложной помеховой обстановки. Основным режимом работы УМ является радиомолчание, в активное состояние он переходит при нахождении в зоне доступа совместимого устройства.

В состав оборудования локомотива вводится УМ с функциями FFD, для организации управления движением состава и обмена логистической информацией для управления сквозным материальным потоком. Для организации зоны покрытия используются напольные УМ, персонал использует носимые УМ как на перегонах, так и на станциях (рисунок 1).

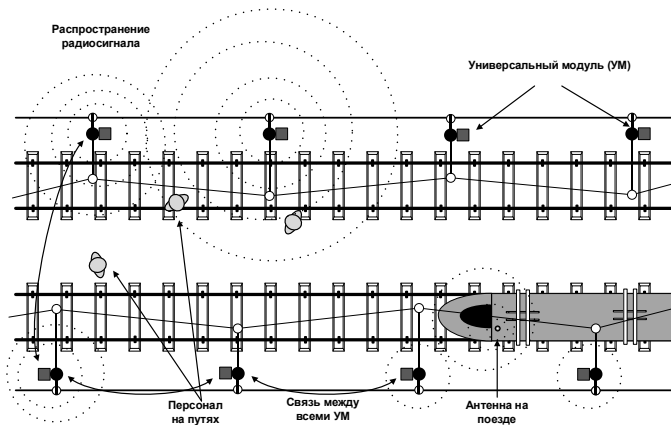


Рисунок 1 – Принцип организации WSN при восстановлении движения поездов

УМ ПС содержит идентификатор ПС, логистическую информацию об отправителе, виде, составе, количестве ресурса определенного вида, пункте назначения (разгрузки) и получателе груза.

При прохождении ж.-д. составом напольного УМ в начале блок-участка логистическая информация о составе, распределении и назначении грузов поступает станционному диспетчеру (ДСЦС), а также на пункт управления МТО и органа военных сообщений (ВОСО).

Расчет зон покрытия УМ WSN производится на основе стандартных уравнений передачи:

$$P_{\text{пр}}(t) = P_{\text{пер}} - W_{\text{ф.пер}} + G_{\text{А.пер}} - G_{\text{А.пр}} - W_{\text{ф.пр}} - W(t)_{\text{мед}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{пр}}(t)$ – мощность сигнала на входе приемника, дБ/Вт; $P_{\text{пер}}$ – мощность передатчика на выходе фидера передающей антенны, дБ/Вт; $W_{\text{ф.пер}}$, $W_{\text{ф.пр}}$ – ослабление в фидере передающей и приемной антенн, дБ; $G_{\text{А.пер}}$, $G_{\text{А.пр}}$ – коэффициенты усиления антенн (передачи и приема), дБ; $W(t)_{\text{мед}}$ – медианное ослабление радиоволн при распространении между антеннами приемника и передатчика, дБ.

Второе уравнение, называемое уравнением качества, связывает качество связи по радиоканалам с уровнем сигнала на входе приемника:

$$Q = f(P_{\text{пр}}), \quad (2)$$

Для обеспечения устойчивой связи в зоне покрытия с заданным качеством необходимо, чтобы медианная мощность сигнала на входе приемника радиомодуля $P_{\text{пр.мед}}$ была больше $P_{\text{пр.треб.}}$ на величину q_i запаса ВЧ-уровня сигнала.

$$q = P_{\text{пр.мед}} - P_{\text{пр.треб.}} \quad (3)$$

Каждый УМ создает зону покрытия, в пределах которой ПС или должностное лицо, имеющее носимый УМ, имеет возможности обмена данными и речевой информацией, при нахождении двух УМ (RFD или FFD) в зоне радиовидимости может создаваться прямой радиоканал. Напольные УМ создают зону покрытия и обеспечивают подключение объектов управления на перегонах и на станциях. Концептуальная схема напольного УМ представлена на рисунке 2.

Предлагается разделение корпуса на три отсека, обозначенных цифрами, с общей крышкой корпуса УМ. Цифрами на рисунке 2 обозначены: 1 – аппаратный отсек для установки оборудования ПЖАТ и/или ПЖЭС; 2 – аккумуляторный отсек; 3 – отсек универсального блока питания; 4 – платформа для установки аппаратного модуля; 5 – основной и резервный блоки питания; 6 – интерфейсная плата для подключения электропитания аппаратного модуля; 7 – интерфейсная плата для присоединения внешних управляемых устройств (напольного оборудования); 8 – аккумулятор.

Геометрические размеры универсального корпуса могут быть адаптированы под размеры типового оборудования подсистем ПЖАТ и ПЖЭС.

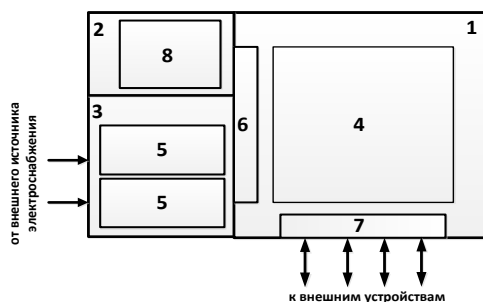


Рисунок 2 – Концептуальная схема напольного УМ

В качестве источника внешнего энергоснабжения используется промышленная сеть 220/380 В или внешняя аккумуляторная батарея.

Для подзарядки встроенного аккумулятора может быть использован термоэлектрический генератор, принцип действия которого основан на эффекте Пельтье, получающий тепловую энергию за счет теплоотвода нагретого воздуха и разности температур внутри и снаружи напольного УМ.

Для оперативной организации станционной связи на восстанавливаемой или строящейся станции УМ объединяются в сеть. Для повышения надежности на втором этапе восстановления отдельные модули соединяются друг с другом при помощи линий связи различной физической природы, подключаемых к интерфейсной плате УМ.

Очевидным преимуществом предлагаемой архитектуры и рассмотренных технических решений является способность к самоорганизации и взаимодействию без использования базовых станций, автоматическая идентификация подвижного состава и определение местонахождения поезда для обеспечения безопасности движения поездов. Сенсорная сеть, состоящая из УМ, связанных между собой по радиоканалу и с использованием проводных линий связи, поддерживает адаптивную маршрутизацию, учитывающую состояние узлов сети и условия распространения радиоволн [15].

Использование УМ в составе ПЖАТ и в составе ПЖЭС, позволит поддерживать на заданном уровне возможности ИЖДТ по обеспечению технологического процесса железнодорожных перевозок, в том числе при перевозке войск, вооружения, боевой техники и запасов материальных средств.

Внедрение предлагаемых решений в интересах управления движением поездов позволит решить проблему безопасности движения поездов, а также управления производственно-логистическими мощностями стационарных и полевых объектов хранения материальных средств различной

номенклатуры, создаст условия для применения современных форм и способов управления движением материальных потоков в общей системе МТО войск.

Список литературы

1 Вероятный характер воздействия противника на железнодорожные транспортные объекты в ходе крупномасштабной региональной или локальной войны : учеб. пособие. – СПб. : БАТТ, 2000 г. – 75 с.

2 **Дрещинский, В. А.** Сценарий воздействия вероятного противника по объектам инфраструктуры железных дорог в границах ответственности Объединенных стратегических командований (Военных округов) / В. А. Дрещинский // Научно-технический сборник / ВИ (ЖДВ и ВОСО). – Петергоф, 2017. – Вып. 33. – С. 5–10.

3 **Денбург, В.** Натовский сценарий массированного авиационного удара: точка невозврата / В. Денбург // «Военное обозрение». – URL: <https://topwar.ru/140135-v-gollandii-nato-otrabotaet-chast-massirovannogo-aviacion-nogo-udara.html> (дата обращения 29.04.2026).

4 **Булгаков, Д. В.** Актуальные вопросы материально-технического обеспечения войск (сил) / Д. В. Булгаков // Актуальные проблемы защиты и безопасности : тр. XXII Всерос. науч.-практ. конф., Москва, 1–4 апр. 2019 г. / Рос. академия ракетных и артил. наук. – Т. 6. – С. 35–41.

5 **Бабошин, В. А.** Технологии сенсорных сетей как основа построения подсистемы железнодорожной автоматики и телемеханики / В. А. Бабошин, А. В. Коновалова, И. В. Бокк // Специальная техника и технологии транспорта : сб. науч. ст. – Петергоф, 2020. – С. 196–203.

6 Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте : НТП – СЦБ/МПС-99 : утв. указанием МПС РФ от 24.06.1999 г. № А-1113. – СПб. : Гипротрансигнальсвязь, 1999. – 76 с.

7 **Богданова, Е. Л.** Оптимизация в проектном менеджменте: линейное программирование: учеб. пособие / Е. Л. Богданова, К. А. Соловейчик, К. Г. Аркина. – СПб. : Университет ИТМО, 2017. – 165 с.

8 **Бабошин, В. А.** Некоторые подходы к восстановлению подсистем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи на основе технологии сенсорных сетей / В. А. Бабошин, И. В. Бокк, Д. Е. Данильченко // Сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 110-й годовщине со дня рождения Л. В. Канторовича, Санкт-Петербург, 3 февр. 2022 г. // ВИ (ИТ) ВА МТО им. генерала армии А. В. Хрулева. – СПб., 2022. – С. 156–163.

9 Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта : пособие / В. В. Скалзуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковичский, К. В. Гончаров. – Д., 2013. – 207 с.

10 **Овчинников, А. П.** Логистический подход при управлении материальными потоками / А. П. Овчинников // Наука через призму времени. – 2018. – № 10.

11 **Бабошин, В. А.** Совершенствование АСУ в ЖДВ / В. А. Бабошин, Р. А. Пантелеев, Яшин М. Г. // I-methods. – 2020. – Т. 12, № 1. – С. 1–15.

РОЛЬ СТОЛЬНОЙ И РЕАКТИВНОЙ АРТИЛЛЕРИИ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРИКРЫТИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ

Н. С. ВИНОГРАДОВ, В. А. СИНИЦКИЙ

*Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»,
г. Могилев, Республика Беларусь*

В современных условиях ведения боевых действий бесперебойное функционирование транспортных коммуникаций является критически важным фактором для успешного выполнения задач группировками войск. Основой военно-транспортной логистики выступают искусственные сооружения (ИССО) – железнодорожные и автомобильные мосты, путепроводы, тоннели и гидротехнические объекты. Опыт современных вооруженных конфликтов, и в особенности Специальной военной операции (СВО), наглядно демонстрирует, что ИССО являются первоочередными целями для огневого поражения со стороны противника.

Восстановление разрушенных переправ и мостов силами инженерных и железнодорожных войск – сложный и уязвимый процесс [2]. Мостостроительные комплексы (например, УСМ-3), тяжелые механизированные мосты (ТММ-3М2, ТММ-6), понтонно-мостовые парки (ПМП, ПП-91) и сваебойные агрегаты отличаются крупными габаритами, слабой бронезащитой и, что самое главное, в процессе разворачивания или забивки свай они лишены возможности маневра. В условиях сплошного радиолокационного и оптико-электронного контроля поля боя с помощью БПЛА сосредоточение такой техники немедленно вскрывается противником. Согласно руководящим документам, защита подобных объектов обеспечивается комплексом мероприятий технического прикрытия. Однако традиционный подход, опирающийся преимущественно на пассивные меры (маскировка, установка угловых отражателей, создание ложных переправ-дублеров, использование дымовых машин войск РХБЗ), в условиях применения противником высокоточного оружия и разведывательно-ударных беспилотных комплексов показывает недостаточную эффективность. Возникает острая необходимость в переходе к методам активного прикрытия [1].

Целью работы является обоснование необходимости и раскрытие специфики применения ствольной и реактивной артиллерии сухопутных войск в качестве основы системы активного технического прикрытия восстанавливаемых искусственных сооружений.

В ходе исследования определено, что роль ракетных войск и артиллерии в системе технического прикрытия восстанавливаемых ИССО реализуется через выполнение комплекса специфических огневых и тактических задач:

1 Контрбатареиная борьба как превентивный щит восстановительных работ.

Главной угрозой для восстановительных команд и инженерной техники в момент проведения работ является ствольная артиллерия и реактивные системы залпового огня (РСЗО) противника. Учитывая, что координаты восстанавливаемого моста заранее известны вражеским артиллеристам, пристрелка по объекту не требуется. В связи с этим организация технического прикрытия крупного ИССО в обязательном порядке включает развертывание дежурных артиллерийских подразделений. Алгоритм огневого прикрытия строится на опережении: как только средства радиолокационной разведки фиксируют выстрел противника по району моста, дежурная артиллерия в течение нескольких минут открывает огонь на подавление. Цель – заставить расчеты противника прекратить огонь до нанесения критического урона строительной технике.

2 Изоляция района восстановительных работ и борьба с диверсионно-разведывательными группами (ДРГ).

Мостовые переходы часто располагаются в местности со сложным рельефом, что создает условия для скрытного выдвижения ДРГ с ПТРК или блуждающими минометами. Для исключения этих угроз приданная артиллерия осуществляет огневую изоляцию района работ: заранее планируются участки неподвижного и рубежи подвижного заградительного огня. При попытках прорыва ДРГ артиллерия по вызову открывает шквальный огонь. Доказана высокая эффективность применения боеприпасов с радиовзрывателями (воздушный подрыв) для поражения живой силы в складках рельефа или на плавсредствах.

3 Специальное огневое обеспечение: задымление и освещение.

Ствольная артиллерия обладает уникальными возможностями по управлению визуальной обстановкой. Постановка дымовых завес силами инженеров демаскирует сам факт работ, поэтому артиллерия применяет дымовые снаряды для ослепления наблюдательных пунктов (НП) противника, лишая его корректировщиков возможности наблюдать за переправой. В ночное время, чтобы не демаскировать площадку штатными прожекторами, применяется артиллерийское световое обеспечение: осветительные снаряды выстреливаются за линию фронта (эффект встречного света), подсвечивая подступы и силуэты врага, но оставляя саму переправу в тени.

Современная концепция технического прикрытия искусственных сооружений требует глубокого пересмотра устаревших подходов. Пассивная маскировка без активного огневого подавления в условиях прозрачного поля боя обречена на провал.

Ствольная и реактивная артиллерия выступает ключевым элементом выживаемости инженерных подразделений. Только тесное межвидовое взаимодействие, при котором артиллерия непрерывно ведет контрбатарейную борьбу, ослепляет наблюдательные пункты врага и отсекает ДРГ заградительным огнем, позволяет мостостроительным комплексам реализовать свои тактико-технические характеристики, выполнить задачу по восстановлению коммуникаций в нормативные сроки и минимизировать потери личного состава и дорогостоящей техники.

Список литературы

1 Тактика артиллерии : учеб. пособие / В. И. Литвиненко ; под общ. ред. А. П. Макарова. – М. : КНОРУС, 2020. – 342 с.

2 Инженерное обеспечение боевых действий : учеб. пособие / А. В. Лапшин, Н. И. Морозов, И. И. Трикоз [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Стойко. – Ростов н/Д : ДГТУ, 2020. – 370 с.

УДК 624.21.001.24

ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Е. Л. ГИЛЕВСКИЙ, В. В. ЛУПЕЕВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Выбор методик расчета и конструирования современных автодорожных мостов представляет собой сложный процесс, в котором инженерная мысль должна объединить требования абсолютной безопасности, долговечности и экономической эффективности. Любое мостовое сооружение – это живой организм, который ежесекундно вступает в противоборство с гравитацией, климатическими факторами и колоссальными динамическими нагрузками от транспортных потоков. В современной практике расчет начинается не просто с выбора сечения балки, а с создания комплексной математической модели, которая учитывает совместную работу всех элементов: от перильных ограждений и дорожной одежды до глубоких слоев грунта под острием свай. Применение метода предельных состояний позволяет инженерам четко разграничить условия, при которых мост сохраняет свою целостность, и условия, при которых обеспечивается комфорт движения, отсутствие недопустимых вибраций и долговечность железобетона.

Основной массив расчетных методик сосредоточен на анализе работы пролетных строений, которые первыми принимают на себя удары колес

тяжелых автопоездов. Расчет ведется по так называемым линиям влияния, которые позволяют найти самое невыгодное положение нагрузки на мосту – тот самый критический момент, когда прогиб или изгибающее усилие в конкретном сечении достигает своего пика. В случае сталежелезобетонных мостов, где стальные главные балки объединяются с монолитной бетонной плитой проезда, расчет усложняется необходимостью учета стадийности возведения. Инженеры должны понимать, как распределяются напряжения в стальном каркасе до того, как бетон набрал прочность, и как меняется работа системы после их полного объединения в единый блок. Здесь крайне важно учитывать эффекты ползучести и усадки бетона, которые на протяжении десятилетий могут перераспределять усилия между материалами, вызывая дополнительные напряжения, не видимые при кратковременных испытаниях.

Не менее сложным является расчет опорных узлов и фундаментов, где сосредоточенная сила от многотонного пролета должна быть плавно и безопасно передана в земную кору. Методики расчета опор автодорожных мостов включают в себя обязательную проверку на выносливость, так как циклическое нагружение от тысяч машин в сутки может привести к накоплению микротрещин в арматуре и бетоне. Горизонтальные силы, возникающие при экстренном торможении колонны грузовиков или при боковом давлении ураганного ветра, создают огромные опрокидывающие моменты, которые должны полностью гаситься жесткостью фундамента. В русловых опорах к этому добавляется расчет на гидродинамическое воздействие потока и ледовые нагрузки, которые в период паводка способны сместить даже массивную бетонную преграду. Инженеры используют сложные формулы гидравлики для прогнозирования глубины размыва дна, чтобы гарантировать, что подошва фундамента или ростверк всегда будут надежно защищены слоем грунта.

Современный этап развития мостостроения немыслим без использования численных методов и программных комплексов, реализующих метод конечных элементов. Это позволяет отойти от упрощенных стержневых схем и моделировать мост как объемный объект со всеми его особенностями: переменной высотой сечения, искривлением в плане и сложной геометрией узлов сопряжения. Такие расчеты дают возможность увидеть реальную картину распределения напряжений в зоне анкеровки преднапряженной арматуры или в местах опирания балок на ригели. Однако, несмотря на мощь компьютеров, решающее слово остается за инженером, который на основе своего опыта вводит коэффициенты надежности, учитывает возможные дефекты материалов и прогнозирует поведение сооружения в экстремальных условиях, таких как сейсмические толчки или навалы судов. Только такой комплексный и глубоко детализированный подход к расчетам позволяет создавать мосты, которые десятилетиями будут служить связующим звеном в транспортной системе страны.

Список литературы

1 Военные мосты. – URL: <https://news.rambler.ru/conflicts/48583789-vsusekonomili-vs-rf-neskolko-soten-kalibrov-vzorvav-na-ukraine-300-mostov/> (дата обращения: 20.05.2026).

УДК 624.25:371.3

ПРИОБРЕТЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МОСТОВ

Д. В. ГЛАДКИЙ, Р. Р. АБЫЕВ, А. Ю. ГОРОХОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Военно-транспортный факультет активно принимает участие в различного рода мероприятиях местного и республиканского уровня. Одним из таких мероприятий была разработка личным составом факультета в проектной документации по строительству низководного деревянного моста и непосредственно практическое участие в его строительстве в ходе выездных практических занятий, а также практик и стажировок. Один из последних эпизодов – участие в строительстве моста длиной более 100 м на реке Словечно Наровлянского района.

На этом участие личного состава факультета не ограничивается. Офицеры и курсанты военно-транспортного факультета в рамках научной деятельности осуществляют работу над инновационными проектами, такими как разработка уникального, не имеющего аналога в Республике Беларусь, металлического вантового пешеходного моста, на всех стадиях создания: конструирование, расчет, изготовление, испытание несущих элементов, и возведение.

Работа над созданием проектов мостовых сооружений дала толчок в развитии на факультете направления по проведению полевых испытаний разработанных конструкций с использованием современных приборов неразрушающего контроля.

При проведении стажировки курсантам выпала честь участвовать в строительстве низководного деревянного моста, указанного ранее. Строительство моста оказалось очень интересным и полезным занятием, в ходе подготовки к строительству НДМ курсантами ВТФ была внедрена расчетная программа, разработанная на базе Microsoft Excel, суть работы которой заключается во внесении расчетных данных и основных показателей Мостового перехода. При внесении этих данных производится автоматический расчет потребностей материальных средств (пиломатериалов и крепежных элементов) (рисунок 1).

ТАБЕЛЬНЫЕ СБОРНО-РАЗБОРНЫЕ МОСТЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Д. В. ГЛАДКИЙ, Е. М. ШУГАЕВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

На вооружении транспортных войск имеются табельные автодорожные сборно-разборные мосты, такие как средний автодорожный разборный мост и большой автодорожный разборный мост. На сборку данных комплектов требуется от 24 до 30 часов работы. Конструктивно эти мосты состоят из множества типовых конструкций, которые, в свою очередь, соединяются различными видами крепежных элементов. В данном случае рассматривается работа по стяжке элементов моста болтами. Отсюда и следует проблематика в данном направлении работ.

Одной из актуальных проблем монтажа данных мостов является то, что значительная часть времени уходит на затяжку болтов в соединениях с использованием тяжелых электрических ключей ЭКМУ-1 и ЭКМТ-1, что снижает производительность и усложняет работы на высоте. Так, при строительстве БАРМ львиную долю затраченного времени занимает работа по затяжке болтов всех имеющихся соединений. Для производства данного вида работ в комплекте моста имеются электрические ключи ударно-импульсивного действия (ЭКМУ-1 и ЭКМТ-1), питание которых осуществляется от электростанции. Данные ключи имеют массу около 65 кг каждый, что делает выполнение работ слишком энергозатратным и неудобным.

Для упрощения данного вида работ предлагается использование гайковертов ударного типа с аккумуляторной батареей. Это позволит упростить производство работ по затяжке болтов, существенно обезопасит работу (в том числе на высоте), а также исключит использование питающих кабелей. Применение данного инструмента при строительстве САРМ может усовершенствовать процесс монтажа перильного ограждения. Это сократит время затяжки в 3–4 раза, исключит риск зацепов кабелей и их обрывов, что повысит безопасность по нормам.

Предлагаемое решение

Внедрение аккумуляторных гайковертов ударного типа (например, модели типа Hilti SID или аналогичные от Milwaukee) позволит радикально улучшить процесс. Такие инструменты весят 5–8 кг, автономны (батарея 18–21 В, ее емкости хватит на 300–500 затяжек за заряд), обеспечивают мо-

мент затяжки до 1000–2000 Нм с точностью $\pm 5\%$ и оснащены телескопической рукоятью для работ на высоте.

При монтаже перильного ограждения САРМ гайковерты ускорят фиксацию стоек и ригелей опор. Беспроводная мобильность позволит работать без стационарного питания, а ударный механизм обеспечит равномерную преднатяжку болтов М16–М20 без люфта, минимизируя вибрации при установке.

Методы внедрения и расчеты

Для расчета эффективности на типичном САРМ требуется затянуть около 1000–1500 болтов, где текущий метод занимает 20–30 часов работы, а гайковерты сократят его до 6–10 часов. Экономия достигается за счет снижения массы инструмента в 10 раз, отсутствия кабелей, повышения мобильности рабочих.

Заключение и перспективы развития

Использование аккумуляторных ударных гайковертов при монтаже САРМ и БАРМ позволит существенно сократить трудоемкость работ болтовых соединений, повысит мобильность расчетов и уменьшит зависимость от электропитания и кабельных коммуникаций. За счет снижения массы инструмента, улучшения условий работы на высоте и ускорения затяжки болтов достигается рост производительности и повышение общей безопасности выполнения монтажных операций. Особенно заметный эффект ожидается при сборке перильного ограждения и других болтовых соединений, где требуется большое количество однотипных операций. Внедрение такого решения сделает технологию монтажа более современной, удобной и соответствующей требованиям к безопасному производству работ.

Список литературы

- 1 **Кручинкин, М. А.** Сборно-разборные временные мосты / М. А. Кручинкин. – М. : Транспорт, 1987. – 191 с.
- 2 **Дианов, Н. П.** Табельные автодорожные разборные мосты : учеб. пособие / Н. П. Дианов, Ю. С. Милородов. – М. : МАДИ (ГТУ), 2009. – 236 с.
- 3 Малый автодорожный разборный мост МАРМ: техническое описание и инструкция по эксплуатации. – [Б. м.], [б. г.].
- 4 Мостовые сооружения. Правила объединения балочных разрезных пролетных строений в температурно-неразрезные : ГОСТ Р 59489-2021. – М. : Стандартинформ, 2021. – 20 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Е. В. ЗАКОРКИН

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Искусственные сооружения являются ключевыми элементами транспортной инфраструктуры, определяющими связность территорий и эффективность грузопассажирских перевозок. В условиях роста транспортных нагрузок, ужесточения экологических требований и необходимости продления жизненного цикла объектов данная отрасль переживает этап глубокой технологической трансформации. Актуальность темы подтверждается масштабами работ: реализуются проекты внедрения систем автоматизированного мониторинга на мостах и путепроводах. Современные тенденции в строительстве искусственных сооружений формируются на пересечении нескольких ключевых направлений: применение инновационных материалов, цифровизация проектирования и строительства, внедрение интеллектуальных систем мониторинга, а также экологизация отрасли.

Одним из важнейших драйверов развития отрасли является внедрение новых строительных материалов, обеспечивающих повышенную долговечность, прочность и устойчивость к агрессивным воздействиям окружающей среды. Как отмечают эксперты, решения на основе сверхпрочного фибробетона позволяют значительно увеличить межремонтные интервалы и снизить совокупную стоимость владения объектами. Среди других перспективных материалов выделяются высокомарочные и сверхпрочные бетоны, коррозионностойкие и высокопрочные стали, композитные полимерные материалы, а также интеллектуальные материалы, способные к самоконтролю и самовосстановлению. Композитные решения уже доказали свою эффективность на таких масштабных объектах, как центральная кольцевая автомобильная дорога (ЦКАД). Их преимущества – высокая коррозионная стойкость, эксплуатационная долговечность, малый вес и минимальные затраты на обслуживание на протяжении всего жизненного цикла. Особого внимания заслуживают разработки для тоннельных конструкций, эксплуатирующихся в условиях повышенной нагрузки и агрессивной среды.

Цифровая трансформация отрасли охватывает все этапы жизненного цикла искусственных сооружений – от концептуального проектирования до эксплуатации.

В образовательные программы архитектурно-строительных вузов уже внедряются BIM-моделирование, технологии цифровых двойников и стан-

дарты устойчивого строительства. В России разработан ряд программных комплексов, реализующих импортозамещение в условиях ограниченного доступа к зарубежным решениям. Так, создан программный комплекс «ИМПульс» для автоматизированной классификации элементов цифровых информационных моделей на основе технологий искусственного интеллекта. К передовым методам проектирования также относятся нелинейный анализ и моделирование полного жизненного цикла, виртуальная и дополненная реальность, модульные конструктивные системы, аддитивное производство (3D-печать), генеративное проектирование и топологическая оптимизация. Инновационные процессы демонстрируют высокую эффективность: позволяют снизить время строительства на 30–40 % и увеличить срок службы сооружений в 1,5–2 раза.

Экологизация строительства искусственных сооружений становится не просто трендом, а обязательным требованием современной нормативной базы. Экологически рациональное проектирование предполагает ограничение воздействия на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла объекта. Применение инновационных и экологически чистых материалов в современном мостостроении позволяет удовлетворить потребность в экологических технических решениях, которые одновременно повышают долговечность и улучшают эксплуатационные характеристики строящихся объектов. Снижение объемов потребления цемента за счет использования комплексных модификаторов и вторичных материалов способствует уменьшению углеродного следа отрасли. В Беларуси, например, более 10 лет выпускается модификатор на основе вторичной резиновой крошки из изношенных автомобильных покрышек, который позволяет повышать срок службы дорожных покрытий в 1,5–2 раза и применяется практически на всех магистральных автомобильных дорогах. Проактивный подход к организации «устойчивой» системы жизненного цикла мостового сооружения, предполагающий минимизацию воздействия на окружающую среду на всех этапах – от добычи сырья до утилизации конструкций, становится важнейшей целеполагающей тенденцией мирового мостостроения.

Современное строительство искусственных сооружений характеризуется системным внедрением инноваций на всех этапах жизненного цикла объектов. Ключевые тенденции включают: переход на сверхпрочные и композитные материалы, обеспечивающие 100-летний срок эксплуатации; цифровизацию проектных и строительных процессов с использованием BIM-технологий и искусственного интеллекта; внедрение систем эффективного мониторинга технического состояния на основе цифровых двойников и нейросетевой диагностики; повышение экологической устойчивости строительства. Необходимость преодоления разрыва между передовыми достижениями в области материаловедения и информационных технологий, с

одной стороны, и традиционными методами строительства – с другой, определяет стратегическую важность ускоренного внедрения инноваций для создания транспортной инфраструктуры будущего, соответствующей высоким стандартам безопасности, долговечности, экономической эффективности и экологической устойчивости. Практические результаты, достигнутые в рамках национальных проектов России и государственных программ Беларуси, подтверждают, что переход на инновационную модель развития искусственных сооружений уже стал реальностью, а темпы технологического обновления будут только возрастать.

Список литературы

1 **Смирнов, В. Н.** Строительство мостовых сооружений : учеб. пособие / В. Н. Смирнов. – М. : УМЦ ЖДТ, 2023. – 456 с.

2 **Колоколов, Н. М.** Искусственные сооружения : учеб. для техникумов транспортного строительства / под ред. Н. М. Колоколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 440 с.

3 **Смирнов, В. Н.** Лекции по организации, планированию и управлению строительством мостов : учеб. пособие / В. Н. Смирнов. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 128 с.

УДК 385.81

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К СТРОИТЕЛЬСТВУ, ВОССТАНОВЛЕНИЮ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ПРИКРЫТИЮ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Я. А. ЗИНЧЕНКО, И. К. КУЗНЕЦОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современная транспортная инфраструктура является ключевым элементом экономического развития государства. Важную роль в ней играют искусственные сооружения – мосты, путепроводы, тоннели, эстакады, водопропускные трубы и другие инженерные конструкции. В условиях увеличения транспортных нагрузок, развития технологий и необходимости повышения устойчивости инфраструктуры возрастает значение инновационных подходов к строительству, восстановлению и техническому прикрытию подобных объектов. Цель данного доклада – рассмотреть современные технологии и методы, применяемые при возведении, реконструкции и защите искусственных сооружений.

Одним из перспективных направлений является модульное строительство. Особенности: изготовление элементов на заводе; быстрая сборка на месте строительства; сокращение сроков строительства. Примеры технологий: пролетные строения заводской готовности; модульные мостовые конструкции; использование крупноразмерных блоков.

Цифровые технологии и BIM-моделирование. Важным инновационным направлением является внедрение BIM-технологий (Building Information Modeling). Они позволяют: создавать цифровые модели сооружений; анализировать нагрузки и устойчивость; планировать эксплуатацию и ремонт; контролировать состояние объекта в течение всего жизненного цикла.

Многие мосты и тоннели, построенные десятки лет назад, требуют модернизации и ремонта. Используются следующие технологии: армирование углеродными лентами; установка композитных элементов; внешнее предварительное напряжение. Для восстановления бетонных конструкций применяются: эпоксидные смолы; полимерные растворы; цементные инъекционные смеси. Они позволяют: заделывать трещины; восстанавливать монолитность конструкции; предотвращать проникновение воды.

Для обеспечения безопасности сооружений используются: системы автоматического мониторинга; датчики нагрузки и вибрации; системы контроля коррозии. Это позволяет оперативно реагировать на угрозы и предотвращать разрушения. Основные направления развития инноваций в данной сфере: использование умных материалов; внедрение искусственного интеллекта в мониторинг инфраструктуры; применение 3D-печати строительных конструкций; развитие цифровых двойников сооружений. Эти технологии позволят значительно повысить надежность и эффективность эксплуатации инфраструктуры.

Внедрение современных технологий является ключевым фактором устойчивого развития транспортной инфраструктуры и повышения эффективности ее эксплуатации. Эффективная эксплуатация мостов, тоннелей и путепроводов невозможна без постоянного контроля их технического состояния. В последние годы активно внедряются инновационные методы диагностики.

Список литературы

1 **Смирнов, В. Н.** Строительство мостовых сооружений: учеб. пособие / В. Н. Смирнов. – М. : УМЦ ЖДТ, 2023. – 456 с.

2 **Колоколов, Н. М.** Искусственные сооружения : учеб. для техникумов транспортного строительства / под ред. Н. М. Колоколова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1988. – 440 с.

СТРОИТЕЛЬСТВО, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

И. Н. КАЗАКОВ, Е. С. ХУТОРЦОВ

Учреждение образования

«Белорусский национальный технический университет», г. Минск

В зависимости от размеров и сложности конструкций условное разделение искусственных сооружений принимают по технологическим и организационным частям их строительства и делят на четыре группы: малые, средние, большие и внеклассные.

Строительство мостов и других искусственных сооружений состоит из четырех основных этапов: 1) оформление и утверждение проектно-технической и сметной документации; 2) определение строительно-монтажных организаций; 3) решение вопросов, связанных с обеспечением и подвозом материалов, сборными металлическими конструкциями и деталями, строительным оборудованием и механизмами; 4) планирование, разработка и утверждение рабочих чертежей конструкций и проектов производства работ (ППР).

Подготовительные работы. В эти работы по устройству строительной площадки, устанавливаемые проектами организации строительства (ПОС) и ППР, входят: предоставление и подготовка территории для строительства; устройство подъездных путей; снос не подлежащих к дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений, расположенных в области строительной площадки; рубка леса; приемка геодезической работы; разбивка и закрепление осей сооружения и отдельных опор; устройство и обеспеченность складов; подвоз и монтаж оборудования, временных производственных и жилых зданий; получение от районных заводов (полигонов) и складирование элементов сборных конструкций (металлических и т. д.) и деталей.

Основные работы, выполняемые согласно утвержденному проекту зданий, сооружений и ППР. Они включают: устройство фундаментов; сборку или бетонирование опор; монтаж пролетных строений; отсыпку и укрепление откосов земляного полотна подходов и регуляционных сооружений; установку перил, а также осветительных и сигнальных устройств; укладку дорожного покрытия; отделку и окраску поверхностей сооружения и т. д. Последовательность и технология производства работ устанавливается в ППР.

Проектирование объектов может выполняться в одну или две стадии. Для технически сложных, уникальных объектов применяется двухстадийное проектирование: на первой стадии разрабатывается технико-экономи-

ческое обоснование, на второй – рабочая документация. Технически несложные объекты, а также объекты, строительство которых осуществляют по повторно применяемым проектам, проектируют в одну стадию. В этом случае на основе утвержденных обоснований инвестиций разрабатывают рабочий проект.

Утвержденные (одобренные) обоснования инвестиций – предпроектный документ, в котором определена целесообразность и хозяйственная необходимость строительства объекта, выбор места его размещения. В документе содержатся некоторые конструктивные решения, примерные объемы работ и сметная стоимость.

Инвентарные конструкции изготавливают преимущественно из стали в виде комплектов деталей и элементов, используя которые можно собирать вспомогательные сооружения – подмости, пирсы и т. д. Хранят инвентарные конструкции на центральных складах, откуда направляют в строительные организации. Комплекты УИКМ содержат стержневые элементы, для решетчатых надстроек опор, ферм и других сквозных конструкций, а также балочные элементы, применяемые для балочных ростверков и прогонов. Универсальные инвентарные конструкции для мостостроения (УИКМ) применяют для устройства вспомогательных сооружений различного назначения подмостей, подкрановых эстакад, надстроек вспомогательных, в том числе плавучих опор и т. п. Плашкоуты плавучих опор для перевозки пролетных строений, а также комплект стержневых элементов обеспечивает возможность сборки пространственных решетчатых конструкций произвольной схемы, при расположении узлов по сетке 2×2 м.

Конструкции из стержневых элементов УИКМ рассчитывают как шарнирные. Внеузловая передача нагрузки на конструкции не допускается. Комплект балочных элементов УИКМ содержит прокатные двутавровые балки № 55 длиной 3,0; 5,0 и 11,0 м, а также – стыковые накладки, распорки, диафрагмы и ребра жесткости. Диафрагмы служат для объединения отдельных двутавровых балок № 55 в двух- или многоступенчатые пакеты с расстоянием между осями балок 200 мм. Разработаны другие типы универсальных инвентарных конструкций с укрупненными элементами и с малым числом болтов.

Список литературы

- 1 **Гречухин, В. А.** Строительство мостов : учеб.-метод. пособие / В. А. Гречухин. – Минск : БНТУ, 2021. – 328 с.
- 2 **Потапов, И. А.** Проектирование организации строительства искусственных сооружений : учеб.-метод. пособие / И. А. Потапов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2012. – 83 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ В ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ

П. А. КАЦУБО, Д. В. ГЛАДКИЙ, Н. С. ГАПЕЕВ, Д. О. ПАВЛЮЧЕК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современные дорожные сети требуют эффективных и экономичных методов борьбы с зимней скользкостью. Традиционные способы, такие как использование реагентов или механическая уборка, имеют ряд экологических и эксплуатационных недостатков. В данном контексте актуальной становится разработка и внедрение технологий, основанных на прямом подогреве дорожного полотна. Данный доклад посвящен анализу физических основ, электромагнитного излучения для нагрева асфальтобетонного покрытия, солнечных коллекторов, оценке их преимуществ, недостатков и потенциала.

Физические основы подогрева материалов электромагнитным излучением. Нагрев материалов электромагнитным излучением основан на преобразовании энергии электромагнитного поля в тепловую. Механизм преобразования зависит от частоты излучения и свойств материала. В работе рассмотрим диэлектрический нагрев. Диэлектрический нагрев (СВЧ, ИК) вызывает колебания молекул или ионов в материале, что приводит к выделению тепла вследствие внутреннего трения.

Нагрев СВЧ-излучением. Нагрев с использованием сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения основан на диэлектрических потерях в материале. Вода и некоторые компоненты асфальтобетона хорошо поглощают микроволновую энергию. СВЧ-излучение проникает в покрытие, вызывая колебания молекул воды и полярных веществ, что приводит к объемному нагреву. Эта технология эффективна для удаления обледенения, так как в первую очередь нагревается влага. Однако требуется значительная энергия, а оборудование (магнетроны) может быть громоздким и дорогим.

Инфракрасный нагрев основан на передаче тепла излучением в ИК-диапазоне. Инфракрасные излучатели (газовые или электрические) направляют волны на поверхность дороги, где энергия поглощается верхним слоем покрытия и преобразуется в тепло. Это обеспечивает быстрый поверхностный нагрев, что полезно для локального ремонта (например, разогрева стыков или ям). Главный недостаток – малая глубина проникновения, что ограничивает применение для борьбы с наледью на всей толщине покрытия.

Солнечные коллекторы. Это устройство, известное как гелиоустановка, улавливает тепловую энергию Солнца, включая видимый свет и ближнее

инфракрасное излучение. В отличие от солнечных батарей, генерирующих электричество, солнечные коллекторы преобразуют солнечную энергию в тепло, нагревая теплоноситель.

Полученное тепло может использоваться, для подогрева дорожного покрытия. Для этого в дорожное полотно встраивается система трубопроводов, по которым циркулирует нагретый теплоноситель, вода или антифриз.

Преимущества, недостатки. Ключевые преимущества электромагнитных излучений: интеграция инфракрасного и сверхвысокочастотного излучения в системе управления дорожным движением позволяет значительно повысить безопасность на ответственных участках дорог, таких как автобусные остановки, перекрестки, пешеходные переходы, спуски и подъемы, полосы разгона и торможения и т. д. Использование этих технологий минимизирует загрязнения дорожного покрытия, которые возникают из-за использования реагентов, что создает более комфортные условия для пешеходов и водителей, а также снижает затраты на содержание дорожной инфраструктуры, к плюсам также относится автономность и автоматизация всего процесса.

Основные недостатки электромагнитных излучений: капитальные затраты на оборудование и модернизацию дороги. Технологические ограничения, зависимость от состава покрытия, глубины прогрева (для ИК) и наличия влаги (для СВЧ). Также существуют вопросы безопасности излучения и влияния на коммуникации.

Основные преимущества солнечного коллектора: подогрев дорожного покрытия помогает избежать образования ледяной корки и накопления снега, что повышает безопасность дорожного движения, системы подогрева могут снизить необходимость в использовании снегоуборочной техники и химических реагентов, использование солнечной энергии снижает зависимость от ископаемых источников энергии.

Основные недостатки солнечных коллекторов: установка солнечных коллекторов и системы подогрева может потребовать значительных инвестиций, эффективность системы зависит от солнечной активности, что может ограничивать ее использование в регионах с низким уровнем солнечного света, интеграция системы подогрева в существующую инфраструктуру может быть сложной задачей.

Экономические и экологические аспекты. Экономика проектов определяется балансом высоких первоначальных инвестиций и потенциальной экономии на эксплуатации: снижение затрат на реагенты, технику, ремонт покрытия и ликвидацию последствий коррозии.

Экологические преимущества значительны: исключается загрязнение почвы и водоемов химическими реагентами, снижается использование противогололедной техники, работающей на ископаемом топливе.

Заключение и перспективы развития. Использование электромагнитного излучения и солнечных коллекторов, для подогрева дорожного полотна представляет собой инновационное и перспективное направление. Несмотря на существующие технико-экономические барьеры, технологии демонстрируют высокий потенциал для повышения безопасности дорожного движения и эффективности ремонтных работ. Перспективы развития связаны с созданием новых композитных материалов с улучшенными поглощающими свойствами, оптимизацией энергопотребления, интеграцией с системами возобновляемой энергетики (солнечные батареи) и развитием интеллектуальных систем управления, активирующих подогрев только при необходимости.

Список литературы

- 1 Гуреев, А. А. Новые технологии в дорожном строительстве: применение электромагнитного нагрева / А. А. Гуреев, И. В. Королев. – М. : Инфра-Инженерия, 2020. – 156 с.
- 2 Liu, Q. Induction heating of electrically conductive porous asphalt concrete / Q. Liu, & M. F. C. van de Ven // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 197. – P. 780–791.
- 3 Jansson, H. Microwave heating in road construction and maintenance / H. Jansson // Journal of Transportation Engineering. – 2018. – Vol. 144 (5). – P. 04018020.
- 4 Рекомендации по применению инфракрасных технологий для ремонта асфальтобетонных покрытий. – СПб. : ДОРНИИ, 2019. – 45 с.
- 5 European Commission. Report on alternative methods for snow and ice removal on roads. – Brussels, 2021. – 89 p.

УДК 624.21/.8:004.9

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МОСТОСТРОЕНИЯ: ВІМ И ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Я. В. КОБА, Д. А. ГАЕВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современное железнодорожное мостостроение сталкивается с вызовами повышения скоростей, осевых нагрузок и старения существующего фонда. В этих условиях классические методы управления жизненным циклом (ЖЦ) становятся нерентабельными. Цифровая трансформация, базирующаяся на технологиях ВІМ (информационное моделирование) и Digital Twins (цифровые двойники), позволяет создать единую бесшовную среду управления объектом от идеи до демонтажа.

Внедрение BIM на этапе проектирования – это переход от чертежей к многомерным базам данных. Каждый элемент моста (от фундамента до рельсового скрепления) является цифровым объектом с набором физических и технических свойств. При изменении одной детали система автоматически корректирует всю модель.

BIM-модель служит основой для конечно-элементного анализа (FEM). Это позволяет с высокой точностью моделировать поведение конструкций под динамическим воздействием тяжеловесных поездов и ветровых нагрузок. Программное обеспечение в автоматическом режиме выявляет междисциплинарные коллизии (например, пересечение кабельных трасс с элементами жесткости), что сокращает количество проектных ошибок на 40 %.

Модель обеспечивает автоматизированный контроль сметной стоимости и логистики. Инвесторы и заказчики получают прозрачный инструмент контроля расхода материалов в реальном времени. Технология Ground-based LiDAR позволяет создавать «облака точек» строящегося объекта и накладывать их на проектную модель, выявляя малейшие отклонения в геометрии пролетов или опор.

Применение сквозных цифровых технологий в мостостроении дает следующие результаты:

1 Сокращение сроков проектирования на 20–25 %.

2 Снижение затрат на строительство за счет исключения переделок на 10–15 %.

3 Уменьшение эксплуатационных расходов на 30 % благодаря оптимизации графиков ремонта.

4 Повышение уровня безопасности: риск внезапного отказа конструкций сводится к минимуму за счет непрерывного цифрового контроля.

Цифровая трансформация – это стратегический вектор развития транспортного комплекса. Переход на BIM и цифровые двойники превращает железнодорожный мост из пассивного сооружения в интеллектуальный актив. Это не только обеспечивает надежность перевозок, но и формирует базу для создания «Умной железной дороги» будущего.

Список литературы

1 Бойков, В. Н. Жизненный цикл объектов дорожно-мостового хозяйства в цифровой среде / В. Н. Бойков. – М. : МАДИ, 2021. – 184 с.

2 Талапов, В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В. В. Талапов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 392 с.

3 Чиковский, А. С. Цифровые двойники в транспортном строительстве / А. С. Чиковский, И. А. Иванов. – СПб. : ПГУПС, 2022. – 120 с.

4 Ададунов, А. С. Применение BIM-технологий на объектах железнодорожной инфраструктуры / А. С. Ададунов // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 4. – С. 12–16.

5 Васильев, А. И. Цифровизация эксплуатации мостов: от мониторинга к цифровым двойникам / А. И. Васильев // Вестник мостостроения. – 2023. – № 2. – С. 45–51.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСНОВАНИЯХ ФУНДАМЕНТА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

М. В. КРУК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Проектирование и возведение искусственных сооружений представляет собой одну из самых ответственных и технически сложных задач в современной инженерной практике, где фундаментам и их основаниям отводится абсолютно критическая роль. Искусственные сооружения, к которым относятся мосты, виадуки, путепроводы, эстакады, водопропускные трубы и тоннели, являются ключевыми узлами любой транспортной артерии. В отличие от обычных гражданских или промышленных зданий, эти объекты испытывают колоссальные, многовекторные и постоянно меняющиеся нагрузки. Особенно ярко эта специфика проявляется в железнодорожной инфраструктуре, где огромный вес подвижных составов и мощное динамическое воздействие от движения поездов многократно усложняют условия работы конструкций. Вся эта гигантская энергия, включающая собственный вес пролетных строений, вес транспорта, ветровое давление, а также удары льда и давление водного потока, в конечном итоге передается на основание. Именно поэтому в мостостроении принято четко разделять понятия фундамента и основания, так как их взаимодействие определяет саму возможность безопасной эксплуатации объекта. Фундамент является нижней, скрытой под землей или водой частью опоры сооружения, созданной руками человека из бетона, железобетона или стали. Основание же – это массив грунта, который непосредственно принимает на себя всю нагрузку от фундамента и распределяет ее в своих недрах.

Надежность любого искусственного сооружения закладывается еще на этапе глубоких инженерно-геологических изысканий, поскольку выбор типа фундамента всецело диктуется характеристиками естественного основания. Естественными основаниями называют грунты, которые в своем природном состоянии обладают достаточной несущей способностью для восприятия проектных нагрузок без возникновения недопустимых осадок или деформаций. Для этого применяются сложнейшие технологии укрепления: глубинное уплотнение тяжелыми трамбовками, устройство грунтовых подушек из песчано-гравийной смеси, нагнетание в толщу земли цементных растворов или силикатных смол под высоким давлением. В районах распространения многолетнемерзлых грунтов, напротив, главной задачей становится сохранение температурного режима основания, для чего используются специаль-

ные термосифоны, замораживающие колонки и вентилируемые прослойки, предотвращающие оттаивание и последующее катастрофическое проседание почвы под опорами.

Когда характеристик верхних слоев грунта недостаточно даже после их укрепления, проектировщики переходят к использованию фундаментов глубокого заложения, среди которых абсолютное лидерство сегодня принадлежит свайным конструкциям. Сваи позволяют прорезать слабые, текучие или сильно сжимаемые напластования и передать колоссальное давление от мостовой опоры на более плотные и надежные слои, залегающие на глубине десятков метров. По характеру своей работы такие элементы делятся на две большие группы: сваи-стойки, которые своим нижним концом жестко упираются в несжимаемую скалу, и висячие сваи, удерживающие нагрузку исключительно за счет сил трения, возникающих между их боковой поверхностью и окружающим уплотненным грунтом. В современном строительстве искусственных сооружений чаще всего применяются мощные буронабивные сваи большого диаметра. Технология их устройства заключается в бурении глубокой скважины, в которую затем опускается пространственный арматурный каркас и непрерывно подается бетонная смесь, вытесняющая воду или глинистый раствор. Этот метод позволяет создавать монолитные столбы диаметром до полутора-двух метров, способные выдерживать невероятные вертикальные и горизонтальные усилия, что особенно важно при возведении русловых опор мостов, подверженных сильному размыву течениями.

Несмотря на доминирование свайных технологий, в мировой инженерной практике по-прежнему сохраняют свою актуальность и другие массивные виды фундаментов, такие как опускные колодцы и кессоны. Опускной колодец представляет собой огромную полую конструкцию из железобетона, которая изготавливается на поверхности и постепенно погружается в грунт под действием собственного огромного веса по мере того, как экскаваторы или гидромеханические установки разрабатывают породу внутри нее. После того как нож колодца достигает плотных несущих слоев на проектной глубине, его внутреннее пространство заполняется бетоном, превращаясь в надежную опору. Работа в кессонах крайне сложна и опасна, поэтому сегодня этот метод применяется только там, где использование буронабивных свай технически невозможно из-за наличия крупных валунов, карстовых пустот или специфического рельефа дна.

Венчает любую систему глубокого заложения ростверк – массивная железобетонная плита или балочная клетка, которая объединяет головы всех свай, оболочек или колодцев в единую жесткую конструкцию. Ростверк выполняет функцию распределительного щита: он принимает сосредоточенную нагрузку от тела мостовой опоры и равномерно передает ее на все элементы фундамента, заставляя их работать в грунте как единый простран-

ственный блок. Ростверки бывают низкими, когда их подошва заглублена в грунт ниже зоны промерзания, и высокими, которые располагаются над поверхностью земли или воды. Высокие ростверки часто можно увидеть на железнодорожных и автомобильных эстакадах, пересекающих поймы рек, где они позволяют минимизировать земляные работы и снизить сопротивление водному потоку в периоды весенних паводков. Правильный расчет габаритов, толщины и армирования ростверка является одной из сложнейших задач строительной механики, так как малейшая ошибка в распределении напряжений может привести к появлению трещин и постепенному разрушению всего опорного узла.

Список литературы

1 Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) : учеб. для вузов / Б. И. Далматов. – 7-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2024. – 416 с.

2 Берлинов, М. В. Основания и фундаменты : учеб. для вузов / М. В. Берлинов. – 9-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 320 с.

3 Ганичев, И. А. Устройство искусственных оснований и фундаментов / И. А. Ганичев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 543 с.

УДК 504.054:656.13

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АЭРОДРОМА, РАЗРУШЕННЫХ ВОЗДУШНЫМ ЯДЕРНЫМ ВЗРЫВОМ

А. Л. ЛИМОНТ

Учреждение образования

«Белорусская государственная академия авиации», г. Минск

Разрушения аэродромов и других военных объектов ядерным оружием могут быть следствием воздействия противника как непосредственно по аэродрому и находящейся на нем технике, так и по другим объектам, расположенным вблизи аэродрома. Степень разрушения объектов в этом случае зависит от мощности ядерного взрыва, их удаления от эпицентра взрыва, а также вида взрыва [1].

Известно, что за рубежом имеется ядерное оружие как стратегического, так и тактического назначения, вплоть до малого калибра с тротильным эквивалентом: для ядерных бомб – до 10–20 тыс. т; снарядов для полевых орудий – до 2 тыс. т; ядерных зарядов для воздушно-десантных, диверсионных и других целей – от 1 до 0,05 тыс. т. Поэтому иностранные специалисты полагают, что по фронтовым аэродромам, узлам дорог и другим объектам могут применяться ядерные боеприпасы тактического назначения до номинальной ядерной бомбы включительно, а также ядерное оружие мень-

ших калибров. По тыловым аэродромам (базам) может быть применено ядерное оружие среднего и крупного калибра или (при большом значении авиационной базы) две-три бомбы малого калибра, а также термоядерное оружие стратегического назначения.

Применение ядерного оружия по аэродромам может преследовать двоякую цель: во-первых, уничтожение самолетов и, во-вторых, разрушение аэродрома, в частности взлетно-посадочных полос. Для разрушения аэродрома ядерный заряд может быть взорван в воздухе (воздушный взрыв), на земле (наземный взрыв) или под землей (подземный взрыв).

С тактической и экономической точки зрения подземный и наземный взрывы не всегда выгодны. Эффективность ударной волны при подземном взрыве почти в два раза ниже, чем при воздушном, значит, меньше и величина площади, на которой могут быть уничтожены самолеты. Так, например, при значительном рассредоточении самолетов на аэродроме для их уничтожения вместо одного воздушного могут потребоваться два-три подземных взрыва такого же калибра ядерных боеприпасов или одного боеприпаса соответственно увеличенного калибра.

По мнению зарубежных военных специалистов, разрушение (временная нейтрализация) аэродромов воздушным ядерным взрывом наиболее характерно при подготовке и в ходе наступления, а также в ходе воздушно-десантных операций, когда предусматриваются захват и немедленное (через несколько часов) использование аэродромов. Поражение аэродромов воздушным взрывом возможно также и тогда, когда они расположены вблизи городов или индустриальных центров, подвергшихся ударам ядерного оружия.

Воздушный взрыв, который сильно и на большой площади поражает личный состав, разрушает здания, сооружения, самолеты и другую технику, сможет только на сравнительно короткий срок вывести из строя дороги или аэродромы. Связано это с тем, что самому важному их элементу – проезжей части или летному полю (в частности, ВПП, РД и МС с искусственными покрытиями) – как правило, не наносится серьезных повреждений, и вскоре после взрыва они снова могут быть использованы для временного базирования авиации.

По данным зарубежной печати, при воздушном взрыве номинальной ядерной бомбы на высоте 600–700 м тяжелые разрушения ракет, самолетов, автомобилей, оборудования, зданий, специальных аэродромных сооружений наблюдаются в радиусе до 1600–1800 м от эпицентра взрыва, значительные и легкие разрушения – на расстояниях, достигающих более 3000 м.

Радиусы поражения тех же объектов ядерными взрывами большей или меньшей мощности могут быть ориентировочно подсчитаны по формуле

$$\frac{R}{R_{20}} = 3 \sqrt{\frac{E}{20000}}, \quad (1)$$

где R – радиус разрушения сооружений взрыва искомой мощности; R_{20} – радиус разрушения для взрыва мощностью 20 тыс. т; E – тротиловый эквивалент взрыва, отвечающий заданным условиям, т.

Действие поражающих факторов воздушного взрыва вызывает необходимость в ходе восстановления действующих дорог и аэродромов производить:

- спасательные работы: помощь личному составу, находившемуся в момент взрыва на дороге или аэродроме;
- тушение пожаров и срочные аварийные восстановительные работы в целях локализации разрушений;
- разграждение, включая дезактивацию и уборку завалов, поврежденных самолетов, автомобилей и прочей техники;
- работы по планировке или восстановлению поверхности поврежденных дорог и летных полей;
- восстановление зданий и специальных сооружений, разрушенных или частично поврежденных.

Более существенные повреждения могут иметь дороги, площадки и ВПП из сравнительно легких сборных покрытий, например из металлических сборно-разборных плит, а также дороги, расположенные на недостаточно уплотненной грунтовой поверхности летного поля. По пути своего движения ударная волна может подхватить и нести с большой скоростью мелкие камни, обломки разрушенных зданий, листы железа, плиты металлических аэродромных покрытий. Под воздействием зоны сжатия и зоны разрежения, образованной после прохождения фронта ударной волны, покрытие легкого типа может быть на значительной площади деформировано, сорвано или сожжено.

Поражение аэродромных покрытий световым излучением будет значительным только при наличии таких легких сборных покрытий (сетчатых, тканевых), которые могут сгореть или расплавиться, а также если под металлическими покрытиями проложены волокнистые, легковоспламеняющиеся материалы или слои тканевых покрытий.

Некоторые повреждения при воздушном ядерном взрыве может получить поверхность асфальтобетонных, грунтовых и щебеночных покрытий, обработанных битумом и другими органическими вяжущими, в частности, выгорание или оплавление и спекание поверхностей под влиянием высоких температур. Для восстановления их производится обычная планировка грунтовой поверхности летного поля, замена поврежденных элементов сборно-разборных покрытий или поверхностная обработка и уплотнение упрощенных покрытий, после чего объект сравнительно быстро может быть введен в эксплуатацию.

Подземные электрические и телефонные сети, дренажно-водосточные системы, а также водопроводные, газовые и канализационные трубы, проложенные под землей, за исключением мест выхода этих сетей на поверхность, повреждений при воздушном ядерном взрыве не получают. На подъездных путях

и внутриобъектных дорогах повреждаются в основном мосты. В районах жилой и промышленной застройки могут быть завалы от разрушенных зданий.

Для ядерного взрыва характерно массовое разрушение зданий. Поэтому зачастую придется отказаться от их восстановления и при временных и краткосрочных восстановительных работах ограничиваться временным приспособлением подвалов разрушенных зданий.

Список литературы

1 Разработка предложений по совершенствованию инженерных мероприятий по ликвидации последствий ударов противника по аэродромам (посадочным площадкам) : отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. академия авиации ; рук. Д. Ю. Мягков ; исполн.: Р. И. Могилянец [и др.]. – Минск, 2020. – 176 с.

УДК 358.81

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Д. В. ЛЯПОРОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В настоящее время в железнодорожной отрасли, как и в любой другой, в условиях развития и внедрения цифровых технологий возникает необходимость внедрения инновационных подходов – перехода от традиционных компьютерных систем к виртуальным платформам [1, 2]. Таким подходом стала технология «цифровых двойников», позволяющая моделировать железнодорожную инфраструктуру в виртуальной среде на протяжении всего процесса строительства (планирование, проектирование, строительство) и управления жизненным циклом (техническое обслуживание), повышая эффективность принятия решений на каждом этапе [3].

Заметную роль в использовании инноваций в практике сыграл строительный проект, который был запущен осенью 2019 года в Европе, Crossrail – маршрут в Лондоне, известный как линия Элизабет. Это один из самых трудных и сложных инфраструктурных проектов, когда-либо предпринятых в Великобритании, с железнодорожной линией длиной более 100 км, проходящей через 40 станций из Хитроу и Рединга на западе, в Эбби Вуд и Шенфилд на востоке через 42 км новых туннелей под центральным Лондоном. Линия Элизабет (Elizabeth) предназначена для увеличения пропускной способности лондонских железных дорог на 10 %, что является крупнейшим увеличением после Второй мировой войны, и позволяет вдвое сократить время, необходимое для поездки из аэропорта Хитроу в деловой район Кэнзри-Уорф [4].

Так, в Европе компания Network Rail (Великобритания) и другие операторы создают цифровые двойники отдельных узлов (мостов, тоннелей, станций) для мониторинга их состояния, а Deutsche Bahn в Германии разрабатывает «цифровую железную дорогу» (Digital Rail Germany) с элементами виртуального моделирования сети.

Китайские железные дороги за последние годы совершили рывок в технологии цифровых двойников. Высокоскоростная магистраль Пекин – Чжанцзякоу стала первой в Китае железнодорожной линией со сплошным применением BIM-технологий на всех этапах жизненного цикла и была открыта к зимней Олимпиаде 2022 года. Для междисциплинарной координации, 3D-моделирования и управления качеством строительства была создана единая среда данных, что позволило сократить сроки проектирования на три месяца и снизить затраты [5].

Ключевое значение для точного построения цифровых двойников железных дорог имеют комплексные технологии информационного моделирования зданий (BIM) и географические информационные системы (ГИС). BIM-модели позволяют осуществлять цифровую виртуализацию различных объектов с помощью точных геометрических структур и способны поддерживать хранение и управление информацией на всем жизненном цикле модели. ГИС позволяет визуализировать крупномасштабные объекты и проводить пространственный анализ географической области.

Комбинирование технологий BIM, ГИС при создании цифровых двойников (рисунок 1) современных железных дорог представляет собой интеграцию всех объектов, географических данных об окружающей среде, информации о строительстве и технической информации по техническому обслуживанию, что приводит к формированию органически единой визуальной модели, обеспечивающей виртуально-реальное взаимодействие [6].



Рисунок 1 – Цифровая модель железной дороги

Применение в цифровых двойниках иммерсивной виртуальной реальности (VRI) обеспечит полностью реалистичное представление о железной дороге, что позволит перемещаться по 3D-модели, выбирать объекты для просмотра свойств и связанных с ними данных, получая реалистичное представление о путях и инфраструктуре. Интеграция BIM, ГИС и VRI представляет собой мощный инструмент для оптимизации проектирования, управления и обслуживания железных дорог, позволяющий сократить время и эксплуатационные расходы [7].

Список литературы

1 **Абрамов, В. И.** Анализ стратегий цифровой трансформации регионов России в контексте достижения национальных целей / В. И. Абрамов, В. Д. Андреев // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2023. – № 1. – С. 89–119. – Doi: 10.17323/1999-5431-2023-0-1-89-119. – EDN JOKUIR.

2 Digital Twin for Railway: A Comprehensive Survey / S. Ghaboura, R. Ferdoasi, F. Laamsrti [et al.] // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – P. 120237–120257. – Doi: 10.1109/ACCESS.2023.3327042.

3 **Лычкина, Н. Н.** Концепция цифрового двойника и роль имитационных моделей в архитектуре цифрового двойника / Н. Н. Лычкина, В. В. Павлов // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД-2023) : сб. тр. XI Всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности, Казань, 18–20 окт. 2023 г. – Казань : Изд. АН РТ, 2023. – С. 139–149. – EDN ZAOYZG.

4 *Bim на железных дорогах мира – развитие, примеры, стандарты* / В. П. Куприяновский, О. Н. Покусаев, А. А. Климов [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-na-zheleznyh-dorogah-mira-razvitie-primery-standarty> (дата обращения: 24.01.2026).

5 **Зуев, Д. В.** Развитие интеллектуальных транспортных систем: цифровые двойники в железнодорожной отрасли // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2025. – № 4 (44). – С. 33–46. – Doi: 10.20295/2413-2527-2025-444-33-46.

6 Research on the Visualization of Railway Signal Operation and Maintenance Based on BIM + GIS. Sensors / Liu Yanming, Lin Haixiang, Zhao Zhengxiang [et al.]. – 2023.

7 Digital Twin Railway: The Future of Railway Management // BibLus. – URL: <https://biblus.accasoftware.com/en/digital-twin-railway-the-future-of-railway-management/#ifcrailldomain-the-standard-that-transforms-railway-design> (дата обращения: 24.01.2026).

УДК 624.27

МЕТОДИКИ АНАЛИЗА И РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ БАЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

А. С. ЛЯХ, А. А. АСАДЧИЙ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Железнодорожные мосты являются критически важными элементами транспортной инфраструктуры, обеспечивающими бесперебойное движение

поездов. Среди различных типов мостов, балочные конструкции занимают особое место благодаря своей универсальности, надежности и относительно простой технологии возведения. Однако в условиях постоянно возрастающих нагрузок, скоростей движения и требований к безопасности, анализ и расчет основных несущих конструкций балочных железнодорожных мостов становятся все более сложными и ответственными задачами.

Расчет балочных мостов выполняется на основе комбинаций постоянных и временных нагрузок, действующих на пролетное строение в процессе строительства и эксплуатации. Правильное определение нагрузок и их сочетаний позволяет обеспечить требуемые показатели прочности, устойчивости, трещиностойкости и деформативности конструкции.

При определении усилий в элементах пролетного строения временная нагрузка устанавливается в самое невыгодное положение на линии влияния с учетом шаблона загрузки. Динамический коэффициент позволяет перейти от статического эквивалента нагрузки к реальному расчетному воздействию, учитывающему колебания системы под движущейся нагрузкой.

Горизонтальные нагрузки представлены тормозными и пусковыми усилиями, возникающими при взаимодействии колес подвижного состава с поверхностью покрытия или рельсами. Эти усилия воспринимаются продольными связями и опорными частями, передаются на опоры и учитываются при проверке устойчивости пролетного строения против сдвига и при расчете опорных конструкций. В длинных разрезных мостах (более 100 м) необходимо дополнительно учитывать распределение тормозного усилия по длине сооружения через продольные тормозные связи.

Проверка конструкций выполняется по трем группам предельных состояний:

- прочности – с учетом всех нагрузок с максимальными коэффициентами;
- выносливости (для металлических конструкций и элементов, работающих на усталость);
- деформациям (прогибам и перемещениям) – на нормативные (без коэффициентов надежности).

В ходе выполнения работы рассмотрены основные методики анализа и расчета несущих конструкций балочных железнодорожных мостов. Установлено, что ключевым этапом проектирования является обоснованное назначение постоянных и временных нагрузок, включая собственный вес пролетного строения, мостового полотна, балласта, а также вертикальное воздействие подвижного состава с учетом динамического коэффициента и горизонтальные тормозные усилия.

Список литературы

1 Мосты и трубы : СП 35.13330.2011 (актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*). – Введ. 20.05.2011.

2 **Карапетов, Э. С.** Проектирование и расчет балочных пролетных строений железобетонных мостов / Э. С. Карапетов. – СПб. : ПГУПС, 2013. – 53 с.

3 **Ищенко, М. Т.** Методические указания по расчету железобетонных плит мостовых балок / М. Т. Ищенко, В. В. Духовницкий. – Ростов н/Д: РИЦ Рост. строит. ун-та, 2006. – 106 с.

4 **Кулмаматов, Р. Ж.** Расчет пролетного строения моста из железобетонных балок / Р. Ж. Кулмаматов, У. Б. Бекмуродов // National Conference on Advance Science and Technology. – 2024. – Vol. 01, is. 02.

УДК 504.054:656.13

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАЗРУШЕННОГО ИСКУССТВЕННОГО ПОКРЫТИЯ АЭРОДРОМА

Д. Ю. МЯГКОВ, Р. И. МОГИЛЯНЕЦ

Учреждение образования

«Белорусская государственная академия авиации», г. Минск

Исходя из анализа опыта современных вооруженных конфликтов, специальной военной операции, одними из приоритетных целей противоборствующих сторон являются искусственные взлетно-посадочные полосы и элементы летного поля аэродромов базирования авиационных воинских частей. Проведение восстановительных работ после нанесения ударов противника эффективно и в установленные сроки обеспечивает сохранение боевой живучести авиационных воинских частей и подразделений.

В настоящее время восстановление разрушенных искусственных аэродромных покрытий, устроенных из монолитного железобетона, может производиться с применением следующих конструкций: железобетонных плит ПАГ в сочетании с серобетоном, черными щебеночными смесями или бетоном на основе быстротвердеющих цементов; серобетона; покрытий из черного щебня; черных щебеночных покрытий, устраиваемых способом пропитки; бетона на основе быстротвердеющих цементов [1].

С целью повышения эффективности и качества выполнения работ по восстановлению искусственных покрытий необходимо в период заблаговременной подготовки разработать технологические карты, в которых определены указания по производству работ, схемы производства работ и необходимые силы и средства и ремонтные материалы.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы (шифр «Ликвидация») были разработаны технологические карты производства работ по скоростному восстановлению искусственных покрытий аэродрома, выполненных из монолитного железобетона [2].

Технология восстановления разрушенного покрытия из монолитного железобетона серобетоном (рисунок 1).

1 Заделка воронки начинается с уплотнения разрыхленного грунта, оставшегося на дне воронки. Выброшенный взрывом и подвезенный скреперами или автосамосвалами недостающий грунт сталкивается в воронку бульдозером. Грунт укладывается слоями 20–30 см с уплотнением каждого слоя.

2 Одновременно производится разборка разрушенного покрытия в зоне его вспучивания, сбрасывание осколков в воронку с дроблением крупных обломков трамбующей плитой или оттаскивание трактором за пределы ВПП. В необходимых местах производится подрубка кромок покрытия отбойными молотками и обрезка арматуры с помощью электросварочного агрегата.

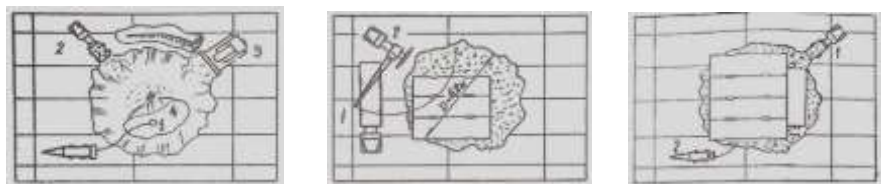


Рисунок 1 – Схема производства работ по восстановлению разрушенного покрытия из монолитного железобетона плитами ПАГ и серобетоном

3 На заделанную поверхность укладывается слой щебня толщиной 20 см, который уплотняется, и слой песка толщиной 5 см, выравниваемый и тщательно уплотняемый.

4 Подвоз плит начинается одновременно с земляными работами. Плиты укладываются на готовую часть основания. Допускается складирование плит у воронок штабелями.

5 Ширина швов при монтаже покрытия выдерживается в пределах 8–15 мм, а перепады между плитами по высоте не должны превышать 5 мм.

6 Швы между плитами заполняются битумом.

7 Серобетон создается методом пропитки уложенного щебня расплавленной серой. Состав серобетона по весу: сера – 50 %; щебень – 50 %.

8 На подготовленное основание сопряжения укладывается герметизирующий материал, поверх которого рассыпается щебень слоем 16 см и пропитывается серой.

При температуре окружающего воздуха ниже – 5 °С щебень перед розливом серы следует подогревать. Сера расплавляется в специальных котлах, из которых шлангом разливается на уложенный щебень. Температура расплавленной серы должна быть в пределах 140–180 °С.

Личный состав, связанный с работами по разогреву и розливу серы, должен быть в брезентовых костюмах, с резиновыми фартуками, в рукавицах и сапогах (брюки поверх сапог) и иметь противогаз.

Необходимые материалы для заделки воронки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Необходимые материалы для восстановления воронки на покрытии из монолитного железобетона плитами ПАГ и сербетоном

Диаметр воронки, м	4	5	6	7	8	9	10	11
Плиты ПАГ	4	6	8	10	12	17	18	21
Щебень фракции 5-40 мм	3	5,2	7,5	10	13	18	22	29
Сера техническая	0,4	0,8	1,2	1,5	2,2	3,5	4	6
Электроды	2	3	3	4,5	5	5,5	6	7
Привозной грунт и песок	0,5	1,2	2,5	5	8	11	14	20
Изоляционный материал	15	72	100	120	144	205	210	260

Технология восстановления разрушенного покрытия из монолитного железобетона черным щебеночным покрытием способом пропитки (рисунок 2).

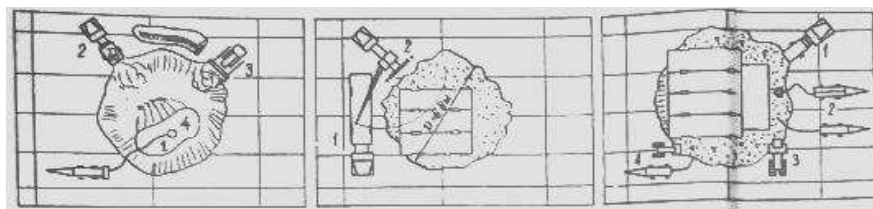


Рисунок 2 – Схема производства работ по восстановлению разрушенного покрытия ВПП из монолитного железобетона (бетона) плитами ПАГ и черным щебеночным покрытием способом пропитки

1 Заделка воронки начинается с уплотнения разрыхленного грунта, оставшегося на дне воронки. Уплотнение грунта в этой и последующих операциях производится пневмотрамбовками, электротрамбовками, а также ручными деревянными трамбовками, изготавливаемыми хозяйственным способом. Выброшенный взрывом и подвезенный скреперами или автосамосвалами недостающий грунт сталкивается в воронку бульдозером. Грунт укладывается слоями 20–30 см с уплотнением каждого слоя.

2 Одновременно производится разборка разрушенного покрытия в зоне его вспучивания, сбрасывание осколков в воронку с дроблением крупных обломков трамбующей плитой или оттаскивание трактором за пределы ВПП. В необходимых местах производится подрубка кромок покрытия отбойными молотками и обрезка арматуры с помощью электросварочного агрегата.

3 На заделанную поверхность воронки грунтом укладывается слой щебня толщиной 20 см, который уплотняется трамбовками, и слой песка толщиной 5 см, выравниваемый под рейку или специально изготавливаемый шаблоном и тщательно уплотняемый поверхностными вибраторами.

4 Подвоз плит начинается одновременно с земляными работами. Плиты укладываются на готовую часть основания с транспортных средств крана-

ми. Допускается складирование плит у воронок штабелями, из которых плиты укладываются в последнюю очередь.

5 Ширина швов при монтаже покрытия выдерживается в пределах 8–15 мм, а перепады между плитами по высоте не должны превышать 5 мм. Швы между плитами заполняется битумом.

6 Заделка сопряжений черным покрытием, установленным способом пропитки, выполняется в следующей последовательности:

1) на заданную грунтом поверхность воронки укладывается основание из рядового щебня толщиной 28 см и уплотняется моторными катками;

2) края плит и существующего монолитного покрытия промываются разжиженным битумом;

3) со склада самосвалами доставляется щебень фракции 25–60 мм, распределяется по участку сопряжений толщиной 6–8 см и уплотняется моторным катком;

4) производится 1-й розлив битума ($5\text{--}7 \text{ л/м}^2$), россыпь щебня фракции 15–25 мм и укатка;

5) производится 2-й и 3-й розлив битума (2 л/м^2 при каждом розливе), россыпь щебня фракции 5–15 мм (после 2-го розлива) и 3–5 мм (после 3-го розлива) и укатка после каждой россыпи щебня.

Необходимые материалы для заделки воронки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Необходимые материалы для заделки воронки из монолитного железобетона (бетона) плитами ПАГ и черным щебеночным покрытием способом пропитки

Диаметр воронки, м	4	5	6	7	8	9	10	11
Плиты ПАГ	4	6	8	10	12	17	18	21
Рядовой щебень	2	3,5	5	7	9	12	15	20
Фракционный щебень	1	1,7	2,5	3	4	6	7	9
Битум	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9
Электроды	2	3	3	4,5	5	5,5	6	7
Привозной грунт и песок	0,5	1,2	2,5	5	8	11	14	20

Таким образом, учитывая сжатые сроки и большие объемы восстановительных работ, скоростное восстановление разрушенного аэродрома можно обеспечить только при широком применении средств механизации, соблюдении технологии производства работ, обученности личного состава аэродромно-эксплуатационных подразделений, заблаговременной подготовке ремонтных материалов.

Список литературы

1 Инженерно-аэродромное обеспечение : учеб. пособие / Д. Ю. Мягков, Р. И. Могилянец, А. Н. Колосков [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2018. – 171 с.

2 Разработка предложений по совершенствованию инженерных мероприятий по ликвидации последствий ударов противника по аэродромам (посадочным площадкам) : отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. академия авиации; рук. Д. Ю. Мягков; исполн.: Р. И. Могилянец [и др.]. – Минск, 2020. – 176 с.

УДК 624.21.033.1:004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ МОСТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Е. В. ПЕЧЕНЕВ, П. А. КАЦУБО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Быстровозводимые сборно-разборные мосты играют ключевую роль в обеспечении транспортной доступности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, проведении ремонтных работ на постоянных сооружениях и организации временных объездов. Особенностью эксплуатации таких сооружений является сочетание высокой мобильности с необходимостью обеспечения надежности при многократном монтаже-демонтаже.

Традиционные подходы к контролю технического состояния, основанные на периодических визуальных осмотрах и инструментальных измерениях, не в полной мере отвечают специфике быстровозводимых мостов, где критически важным является оперативное выявление деградационных процессов на ранних стадиях.

Цифровизация транспортной инфраструктуры открывает новые возможности для решения этой задачи. Применение технологий информационного моделирования (BIM) и создание цифровых двойников мостовых сооружений позволяет перейти от периодических визуальных (инструментальных) осмотров к системе, основанной на непрерывном мониторинге и прогнозировании изменения технического состояния. Особый интерес представляет адаптация этих технологий для быстровозводимых сборно-разборных мостов, где цифровая модель может служить не только инструментом контроля, но и основой для планирования повторного использования элементов.

Для апробации создания цифровых моделей существующих и применяемых на реальных объектах быстровозводимых сборно-разборных мостов взяты пролетные строения СРММП-1 (рисунок 1).

Представленные на рисунке 1 цифровые модели были выполнены в программных комплексах Autodesk Inventor и Ansys.



Рисунок 1 – Цифровая модель пролетного строения
быстровозводимого моста СРММП-1

В дальнейшем с помощью цифровых моделей можно будет решать следующие задачи:

- 1) обнаружение отклонения в поведении конструкции, не соответствующие нормальному режиму эксплуатации;
- 2) прогнозирование остаточного ресурса на основе исторических данных о нагрузениях с учетом реальной интенсивности движения;
- 3) оптимизация интервалов технического обслуживания.

Таким образом, использование цифровых моделей быстровозводимых сборно-разборных мостов для создания системы контроля технического состояния представляет собой перспективное направление, позволяющее существенно повысить безопасность и эффективность эксплуатации данных сооружений. Ключевыми преимуществами такого подхода являются:

- переход к предиктивному обслуживанию – возможность выявления дефектов на ранней стадии и прогнозирования остаточного ресурса;
- повышение безопасности за счет непрерывного контроля критических параметров и оперативного оповещения о превышении пороговых значений.

Дальнейшее развитие технологии связано с совершенствованием методов машинного обучения для анализа больших объемов данных мониторинга, интеграцией с беспилотными летательными аппаратами для автоматизированного сбора данных, а также с развитием нормативной базы, регламентирующей применение цифровых двойников при эксплуатации транспортных сооружений.

Список литературы

1 **Печенев, Е. В.** Основные тенденции в направлении развития сборно-разборных мостовых конструкций / Е. В. Печенев, П. А. Кацубо // Наука – транспортной инфраструктуре : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, студентов и учащихся колледжей, Гомель, 21 марта 2025 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2025. – С. 103–104.

2 **Поддубный, А. А.** Расчет несущей способности с применением программного комплекса / А. А. Поддубный, Е. В. Печенев // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30–31 мая 2024 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2024. – С. 127–130.

З Поддубный, А. А. Расчет несущей способности элементов наплавного быстроходного моста грузоподъемностью 500 и 1000 кг с применением программного комплекса / А. А. Поддубный, В. А. Дадалко, Е. В. Печенев // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2024. – № 1 (48). – С. 47–50.

УДК 624.19/.87

МЕТОДЫ ОСМОТРА И АНАЛИЗА ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

В. В. ПРУДЧЕНКО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Обследование мостов – неотъемлемый этап в обеспечении безопасности дорожного движения и сохранности мостовых сооружений. Этот процесс позволяет выявлять потенциальные угрозы и предотвращать аварийные ситуации, связанные с поражением мостов, а также оптимизировать затраты на их ремонт и реконструкцию.

Проектный срок службы капитальных искусственных сооружений на железнодорожном транспорте составляет не менее 50 лет, при этом фактическая эксплуатация многих объектов достигает 100 лет и более. Длительная эксплуатация обуславливает накопление дефектов и вариативность технического состояния, простирающуюся от нормативного до аварийного. Для минимизации рисков внезапного проявления негативных последствий деградации состояния в процессе эксплуатации проводятся специализированные надзорные мероприятия, обеспечивающие мониторинг и оценку состояния. В настоящее время преобладают методы визуальной оценки, однако наряду с ними активно внедряются приборы неразрушающего контроля.

Основная цель заключается в детальном выявлении всех существующих дефектов, признаков износа и других нарушений целостности конструкции, которые могут негативно сказаться на ее надежности.

Проводится исследование данных о транспортных потоках, прикладываемых нагрузках и климатических условиях для оценки их совокупного воздействия на мостовое сооружение.

На основании результатов проведенного обследования делается оценка оставшегося срока службы моста и определяется необходимость проведения восстановительных работ или его модернизации.

По итогам обследования специалисты формируют комплекс рекомендаций, направленных на обеспечение безопасной дальнейшей эксплуатации моста и предотвращение возможных проблем.

При проведении обследования мостов и искусственных сооружений применяются различные методы и технологии, направленные на оценку следующих аспектов:

- идентификации и фиксации видимых дефектов, таких как трещины, коррозионные поражения и другие повреждения поверхностей;
- определения точных размеров конструкций и характеристик используемых материалов с помощью геодезических и лабораторных методов;
- применения специализированных приборов для обнаружения внутренних дефектов, например, трещин в толще бетона;
- прочности и устойчивости моста при различных нагрузках посредством математического моделирования и расчетов.

Список литературы

1 **Кацубо, П. А.** Применение современных средств инженерно-строительных изысканий при проведении практических занятий / П. А. Кацубо, Е. В. Печенев, В. В. Петрусевиц // Сб. ст. VII Междунар. межвуз. науч.-метод. конф., Санкт-Петербург, Петергоф, 28 декабря 2021 г. / Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – СПб., 2021. – С. 68–73.

2 **Печенев, Е. В.** Гидрологические и гидрометрические работы на мостовом переходе при чрезвычайных ситуациях / Е. В. Печенев, П. А. Кацубо, Р. Ю. Доломанюк // Проблемы безопасности на транспорте: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 25–26 ноября 2021 г.) : в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель, 2021. – Ч. 2. – С. 298–300.

3 **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. 42–44.

УДК 504.054:656.13

СКОРОСТНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ АЭРОДРОМА ПОСЛЕ УДАРОВ ПРОТИВНИКА ОБЫЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ

И. С. ТЛЕУБЕКОВ

Учреждение образования

«Белорусская государственная академия авиации», г. Минск

Вопросы восстановления военных объектов, разрушенных как в ходе боевых действий, так и в мирное время, с каждым годом приобретают все большее значение, особенно в связи с пришедшими за последние годы серьезными изменениями в средствах поражения, применяемых для разрушения объектов, а также в средствах, используемых для восстановления поврежденных сооружений.

Наличие воронок на летных полях аэродромов делает невозможным выполнение взлетно-посадочных операций, а на автомобильных дорогах приводит к ограничению или полной остановке движения. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка и применение эффективных технологий ликвидации подобных разрушений в кратчайшие сроки.

Основной задачей восстановительных работ является не только засыпка воронки, но и обеспечение требуемой плотности и прочности грунта, соответствующей условиям дальнейшей эксплуатации.

Воронки образуются в результате взрывного воздействия различных типов боеприпасов и отличаются значительным разнообразием размеров и форм. В зависимости от геометрических параметров они подразделяются на малые, средние и большие.

Таблица 1 – Типы воронок

Тип воронки	Размер воронки, м		Причина образования
	диаметр	глубина	
Малая	До 10	До 3	От взрыва артиллерийских снарядов, мин и ФАБ калибра 250 кг
Средняя	10–50	3–10	От взрыва фугасов, ракет и ФАБ калибра 500 кг
Большая	Более 50	Более 10	От взрыва ядерных бомб, ракет или больших фугасов

Размеры и форма воронок зависят не только от мощности боеприпаса, но и от глубины его подрыва, а также от физико-механических свойств грунта. В ряде случаев при глубинных взрывах образуются камуфлетные полости, представляющие собой скрытые пустоты, заполненные газами. Такие образования представляют повышенную опасность, так как могут привести к внезапному обрушению грунта.

Процесс ликвидации воронок включает комплекс последовательных операций, направленных на восстановление нарушенного земляного полотна.

На начальном этапе производится удаление воды, если воронка заполнена грунтовыми или поверхностными водами. Для этого используются водоотливные насосы, а при интенсивном притоке воды применяются дополнительные меры, такие как устройство шпунтовых ограждений или использование иглофильтровых установок.

После удаления воды выполняется очистка дна и откосов воронки от разрыхленного и разжиженного грунта. Эти работы осуществляются с применением экскаваторов, механических скребков и других средств механизации.

Далее производится подвоз грунта, который должен быть по своим свойствам максимально близок к естественному грунту окружающей местности. Это обеспечивает однородность восстановленного массива и повышает его устойчивость.

Отсыпка грунта осуществляется послойно. Толщина слоев определяется условиями работ и применяемыми средствами уплотнения, однако в любом случае каждый слой должен быть тщательно разровнен и уплотнен.

Объем грунта, необходимый для заделки воронки, составляет в среднем 0,9–1,0 ее видимого объема при отсутствии воды и 0,85–0,9 действительно-го объема при наличии воды.

Особое внимание уделяется непрерывности выполнения работ при заделке водонасыщенных воронок, что позволяет предотвратить повторное разжижение грунта и обеспечить устойчивость основания.

Выбор способа заделки определяется размерами воронки, условиями производства работ и наличием технических средств. Для средних и крупных воронок наиболее эффективным является способ с устройством аппарелей, позволяющих обеспечить доступ техники внутрь воронки. Это дает возможность полностью механизировать процесс засыпки и уплотнения грунта, что существенно повышает производительность и качество работ.

При малых размерах воронок или в условиях ограниченного пространства применение тяжелой техники становится невозможным. В таких случаях используются специальные методы уплотнения, такие как трамбование и вибрационное воздействие (рисунок 1).

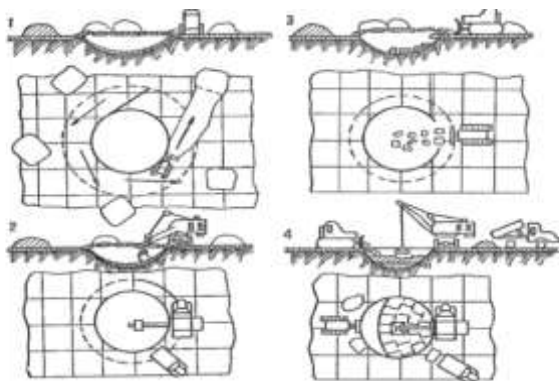


Рисунок 1 – Технологическая схема производства работ при заделке малых воронок на искусственных покрытиях дорог, площадок и аэродромов

Трамбование осуществляется с помощью трамбующих плит, подвешиваемых на кранах или экскаваторах. Уплотнение производится по определенной схеме, обеспечивающей равномерную обработку всей площади.

В несвязных грунтах эффективным является применение вибрационных методов, основанных на передаче колебаний в толщу грунта. В песчаных грунтах может использоваться виброфлотация, при которой уплотнение сопровождается подачей воды, что позволяет достичь высокой плотности на всей глубине воронки.

Качество выполненных работ определяется степенью уплотнения грунта, от которой зависит долговечность восстановленного участка. Контроль осуществляется с использованием плотномеров, ударных приборов и радиометрических средств.

В процессе выполнения работ необходимо учитывать влажность грунта. При недостаточной влажности производится его увлажнение, а при избыточной – замена или использование более сухого материала.

Особые требования предъявляются к ликвидации воронок, образованных боеприпасами с химическим, биологическим или радиоактивным снаряжением. В таких случаях необходимо строгое соблюдение мер безопасности, так как в грунте могут сохраняться опасные вещества. Ликвидация воронок является сложной инженерной задачей, требующей комплексного подхода и учета множества факторов. Эффективность восстановительных работ определяется правильным выбором технологии заделки, использованием средств механизации и обеспечением требуемой плотности грунта.

Применение рациональных методов позволяет значительно сократить сроки восстановления и обеспечить надежную эксплуатацию дорог и аэродромов в дальнейшем.

Список литературы

1 Разработка предложений по совершенствованию инженерных мероприятий по ликвидации последствий ударов противника по аэродромам (посадочным площадкам) : отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. академия авиации ; рук. Д. Ю. Мягков ; исполн.: Р. И. Могилянец [и др.]. – Минск, 2020. – 71 с.

2 **Михно, Е. П.** Восстановление разрушенных сооружений / Е. П. Михно. – М. : Воениздат, 1974. – 123 с.

УДК 504.054:656.13

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО СКОРОСТНОМУ ВОССТАНОВЛЕНИЮ РАЗРУШЕННОГО АЭРОДРОМА

В. В. ЯКИМОВИЧ

Учреждение образования

«Белорусская государственная академия авиации», г. Минск

Производство работ по скоростному восстановлению разрушенного аэродрома является важной задачей для обеспечения безопасности и оперативной деятельности воздушных сообщений. В условиях чрезвычайных ситуаций или вооруженных конфликтов скорость восстановления аэродромной

инфраструктуры играет ключевую роль в своевременной доставке гуманитарной помощи, усилении обороны и поддержании стратегических целей.

В состав восстановительных работ на аэродроме входят:

- инженерная разведка пораженного аэродрома (с систематическим радиационным, химическим и бактериологическим наблюдением);
- инженерно-спасательные и первоочередные аварийно-восстановительные работы (включая тушение пожаров, откачку воды при затоплениях и локализацию повреждений);
- разграждение (включая дезактивацию, дегазацию, дезинфекцию, разминирование и уборку завалов);
- восстановление зданий и сооружений, транспортных коммуникаций и инженерных сетей.

В целях сокращения сроков подготовки объектов при восстановлении необходимо распределять силы и средства с таким расчетом, чтобы соблюдалась очередность работ. Так, например, на аэродроме в первую очередь, как правило, должны быть восстановлены взлетно-посадочная полоса минимальных размеров, места стоянки самолетов с рулежными дорожками, подъездные и внутриаэродромные дороги, сооружения управления полетами, укрытия для личного состава. Во вторую очередь восстанавливаются водосточно-дренажная система, искусственные покрытия взлетно-посадочных полос, рулежных дорожек и мест стоянки, подъездных и внутриаэродромных дорог, укрытия для самолетов и аэродромной техники, технические помещения, склады авиационного топлива, боеприпасов и т. п. В третью очередь восстанавливаются остальные сооружения аэродрома.

При краткосрочном восстановлении работы выполняются в объеме первой очереди, при временном – в объеме первой и второй очередей (причем размеры летной полосы доводятся до нормальных), при капитальном – в полном объеме. При этом должна соблюдаться стадийность работ, обеспечивающая промежуточную готовность объекта после завершения работ каждой очереди. Планом организации работ должна предусматриваться возможность изменения в зависимости от обстановки принятых конструктивных решений, а также порядка и сроков восстановления.

Все мероприятия по разведке и восстановлению аэродрома в ходе боевых действий выполняются в такой последовательности:

- изучение существующей дорожной и аэродромной сети и других объектов противника по картам и описаниям;
- аэрофотосъемка аэродрома;
- рекогносцировка дорожной и аэродромной сети после отхода противника, выбор объектов для восстановления;
- обследование объекта командой инженерной разведки или проектно-изыскательской группой и составление упрощенной документации по организации восстановительных работ;

- разминирование объекта и ликвидация невзорвавшихся авиабомб и снарядов;
- дегазация, дезактивация и дезинфекция объекта;
- разграждение объекта от различных завалов, надолб и других препятствий, уборка разбитой техники;
- восстановление подъездных путей и сооружений, подлежащих восстановлению в первую очередь.

Учитывая сжатые сроки, отводимые на подготовку объектов в боевых условиях, и большие объемы восстановительных работ, скоростное восстановление разрушенного аэродрома можно обеспечить только при широком применении средств механизации.

При производстве восстановительных работ используются следующие основные средства механизации:

- бульдозеры, корчеватели-собиратели, бетоноломы;
- скреперы;
- экскаваторы со сменным оборудованием (обратная и прямая лопаты, трамбующие плиты и др.) в сочетании с автомобилями-самосвалами;
- грейдеры прицепные и автогрейдеры;
- катки моторные и прицепные (гладкие, кулачковые и пневморезиновые), вибрационные грунтоуплотняющие машины;
- бетономешалки, камнедробильные и сортировочные агрегаты, пескоструйные аппараты и цемент-пушки;
- автогудронаторы, поливомоечные машины, насосы;
- автомобильные и тракторные краны, вертолеты-краны, погрузчики, транспортеры и подъемники;
- электростанции, компрессоры, электросварочные агрегаты, бензорезы, вибропогружатели и бурильные станки.

Помимо общетехнических требований, таких как высокая производительность и износоустойчивость, к средствам механизации восстановительных работ, производимых в боевых условиях, предъявляется ряд специальных требований. К ним относятся универсальность машин, простота управления, маневренность и транспортабельность, возможность работы в ночное время и в зараженной зоне. Поэтому при восстановительных работах в боевых условиях, а также при выполнении трудоемких или опасных работ, требующих защитных устройств и повышенной мощности машин, используются специальные машины и механизмы: танковые бульдозеры, танковые снегоочистители, танковые тралы, танки-мостоукладчики, машины, управляемые на расстоянии, миноискатели, дорожные пылесосы, самоходные гидромониторы, поливомоечные машины, а также установки, созданные на базе снятых с вооружения турбореактивных авиационных двигателей с отработанными моторесурсами («ТМ-59мг»), применяемая для дезактивации, дегазации и дезин-

фекции, для тушения пожаров, сушки восстановительных материалов, дорожных и аэродромных покрытий или для борьбы с гололедицей на них).

Эффективное и быстрое восстановление разрушенного аэродрома требует строгой организации, современных технологий и слаженной работы специалистам. Правильное выполнение ремонтных работ позволяет значительно сократить время возвращения аэродрома в эксплуатацию, обеспечивая безопасность и устойчивость в критических ситуациях.

Список литературы

1 Инженерно-аэродромное обеспечение : учеб. пособие / Д. Ю. Мягков, Р. И. Могилянец, А. Н. Колосков [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2018. – 171 с.

2 Разработка предложений по совершенствованию инженерных мероприятий по ликвидации последствий ударов противника по аэродромам (посадочным площадкам) : отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. академия авиации ; рук. Д. Ю. Мягков; исполн.: Р. И. Могилянец [и др.]. – Минск, 2020. – 176 с.

Секция II

**МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
И ВОССТАНОВЛЕНИИ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

УДК 73.12.3:62.1:69.2

**ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА И ЭВАКУАЦИИ
СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАЧ
ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Н. В. АБИБАК, З. В. СУХАНОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В условиях выполнения задач инженерными подразделениями Вооруженных Сил Республики Беларусь по восстановлению искусственных сооружений особое значение приобретает оперативность возвращения в строй строительной и дорожной техники. Работы по наведению переправ, восстановлению мостов и путепроводов зачастую ведутся в лесисто-болотистой местности, на значительном удалении от пунктов постоянной дислокации и стационарных ремонтных органов. Буксировка вышедшего из строя экскаватора, автокрана или тяжелого бульдозера через заболоченные участки к ближайшей базе хранения или в войсковые мастерские неизбежно ведет к длительному простоя и срыву графика восстановительных работ, что, в свою очередь, сковывает маневр и снабжение войск. Исходя из опыта эксплуатации инженерной техники в соединениях и воинских частях, оптимальным решением данной проблемы является применение подвижной автомобильной ремонтной мастерской ПАРМ МТП, смонтированной на базе полноприводного шасси Урал-4320, хорошо зарекомендовавшего себя в белорусских условиях эксплуатации. Ключевым элементом оснащения данной машины выступает крано-манипуляторная установка Palfinger PK-11.001 грузоподъемностью до 5580 килограммов, которая позволяет отказаться от привлечения отдельного кранового хозяйства при демонтаже и установке тяжеловесных агрегатов на месте поломки. Функционал мастерской обеспечивает практически полный цикл восстановления техники в по-

левых условиях: от слесарно-механических и сварочных работ до замены масел, диагностики гидросистем, шиномонтажа колес большегрузных самосвалов, подвозящих бетон и конструкции, а также зарядки аккумуляторных батарей и внешнего запуска двигателей. Автономность энергоснабжения и наличие тентов для укрытия поста позволяют личному составу ремонтного подразделения вести работы непрерывно, независимо от времени суток и погодных условий. При возникновении неисправности, не позволяющей технике самостоятельно покинуть рабочую зону мостового перехода или участок подтопления, расчет ПАРМ МТП выдвигается непосредственно к объекту, производит необходимые подъемные операции с помощью КМУ и в кратчайшие сроки возвращает машину в строй, либо при необходимости осуществляет частичную разборку для облегчения последующей эвакуации тягачом. Таким образом, включение в состав инженерных подразделений ВС РФ подобных высококомобильных ремонтных мастерских на шасси Урал-4320 позволяет существенно сократить непроизводительные потери времени и обеспечить высокую техническую готовность парка машин при выполнении задач по скорейшему восстановлению транспортной инфраструктуры.

УДК 358.2

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПРИКРЫТИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Е. П. АНДРОНОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Мы рассмотрим, как создаются, восстанавливаются и защищаются мосты, дороги, тоннели и фортификации – от традиционных методов до современных технологий [5; 9].

Инженерные войска прошли долгий путь эволюции: от примитивных переправ и заграждений древности до сложнейших инженерных операций в масштабах современной войны. Сегодня их критическая важность не вызывает сомнений. Именно инженерные части обеспечивают маневренность войск, устойчивость логистики и живучесть подразделений [4]. Без них невозможно успешное наступление или оборона.

Спектр задач инженерных войск чрезвычайно широк. Перечислю основные. Это оценка препятствий, выявление слабых мест в инфраструктуре противника и выбор оптимальных вариантов переправ и маршрутов движения войск [7].

Фортификационное оборудование. Проектирование и строительство укрытий, траншей и препятствий для защиты своих войск.

Минно-взрывные работы. Установка заграждений, чтобы сдерживать противника, и разминирование, чтобы обеспечить безопасное продвижение наших частей [4].

Наведение переправ. Строительство мостов, организация паромных переправ и временных переходов для быстрого восстановления коммуникаций.

Обеспечение водой. Добыча, очистка и подача воды для личного состава и техники в полевых условиях.

Маскировка. Создание ложных объектов и применение маскировочных комплексов для сохранения живой силы и техники [5].

Арсенал: от лопаты до мостоукладчика. Для решения этих задач инженерные войска располагают внушительным арсеналом средств. Это многообразие техники – от ручного инструмента до специализированных машин. Речь идет об инженерных машинах разграждения (ИМР), мостоукладчиках, мощных автокранах, бульдозерах, экскаваторах и, конечно, модульных мостовых комплексах. Использование готовых сборных конструкций позволяет сократить время развертывания переправ и повысить надежность сооружений в разы [9].

Искусственные сооружения разрушаются как намеренно (противником при отступлении), так и в результате боевых действий [2]. Восстановление всегда осложнено тремя факторами: ограниченностью ресурсов, узким фронтом работ и непосредственной опасностью для личного состава. Прогнозы показывают: в крупном вооруженном конфликте большинство крупных мостов будут выведены из строя. Это требует заранее подготовленных планов восстановления и создания запасов материалов [8].

Оперативное восстановление коммуникаций позволяет поддержать наступающую логистику, ускоряет маневр и снижает уязвимость войск перед контрударами противника. Только сочетание заранее подготовленных модулей, обученных расчетов и современной механизации способно сократить время восстановления в разы [2].

Применяются следующие стратегии для ускорения работ. Это облегченные нормы проектирования для временных переправ; индустриализация и использование готовых блоков заводского изготовления; комплексная механизация всех процессов; работа на широком фронте силами нескольких подразделений одновременно [8]. Кроме того, подготовка конструкций на тыловых базах и использование конвейерной логистики позволяют быстро доставлять и собирать мосты непосредственно в зоне конфликта.

К современной инженерной технике предъявляются жесткие требования.

Мобильность: способность быстро перебрасываться по разным дорогам и бездорожью. **Возможность дистанционного управления:** необходимо для работы в условиях химического или радиационного заражения, а также под огнем противника.

Универсальность: создание multifunctional платформ, способных выполнять разные задачи. **Модульность:** транспортировка и сборка крупными блоками для ускорения работ на месте [9].

Нельзя забывать и о роли инженерных войск в мирное время. Это помощь населению при наводнениях, землетрясениях и техногенных катастрофах: развертывание систем очистки воды, возведение временного жилья, восстановление дорог. Опыт, полученный в ходе мирного строительства, напрямую повышает готовность к выполнению военных задач и укрепляет взаимодействие с гражданскими службами [1].

Говоря о будущем инженерных войск, мы видим три ключевых направления развития. **Технологии:** внедрение автономных платформ, 3D-печати конструкций, дронов для логистики и цифрового проектирования [6]. **Мобильность и автономность:** создание самообеспечивающихся расчетов и дистанционно управляемых комплексов для повышения выживаемости. **Адаптация к новым угрозам:** обеспечение устойчивости к кибератакам, оружию массового поражения и точечным ударам высокоточным оружием [5].

Инженерные войска остаются незаменимым элементом армейской мощи. Их развитие напрямую обеспечивает оперативность, живучесть и способность восстанавливать критическую инфраструктуру в любых условиях [4; 8].

Список литературы

1 **Литовский, В. С.** Военно-инженерная подготовка : учеб. пособие / В. С. Литовский, Д. В. Кузнецов. – М. : ИНФРА-М, 2025.

3 Инженерное обеспечение боя : учеб. / С. Р. Кудряшов, Р. С. Федюк, П. Г. Козлов, А. Г. Примчук. – М. : КноРус, 2025. – 377 с.

4 **Максимов, Н. А.** Военно-инженерная подготовка : учеб. / Н. А. Максимов, П. Ю. Потяев, Е. И. Федак. – М. : КноРус. – 386 с.

6 Технология восстановления зданий в зоне СВО // Лаборатория и Производство. – URL: <https://labpro-media.ru/tehnologija-vosstanovlenija-zdanij-v-zone-svo/> (дата обращения: 03.03.2026).

7 Общая тактика : учеб. / коллектив авторов. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2025. – 431 с.

8 Организация строительства. Подготовка и производство строительных и монтажных работ : учеб. для вузов. – М. : Лань, 2025. – 408 с.

9 **Лепешинский, И. Ю.** Военно-инженерная подготовка : учеб. / И. Ю. Лепешинский. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 443 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАВЕСОВ ИЗ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

А. А. БАРЦЕВИЧ, Н. В. СМЕЯН, И. С. САРНАЦКИЙ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Беларусь активно движется в сторону электрификации транспорта, однако существуют определенные вызовы, которые можно решить с помощью возобновляемых источников энергии. Солнечные зарядки могут стать важным элементом устойчивой транспортной системы, предлагая не только экологически чистую энергию, но и потенциальную экономию для владельцев электромобилей.

Основная идея проекта – создание навесов над уже существующими парковками с большой дневной загруженностью.

Таким образом, владельцы электромобилей, приезжающие к месту работы, а также в случае движения по автомагистрали на остановках в зоне отдыха могут оставлять машины на такой парковке, подключая их к зарядной станции.

Солнечные панели в течение дня вырабатывают электроэнергию, которая закачивается в тяговые аккумуляторные батареи припаркованных электромобилей. Если пользоваться такой зарядкой ежедневно, то вполне возможно полностью отказаться от сетевых зарядных станций, особенно в весенний и летний период.

Пример того, как может выглядеть модель солнечного навеса, представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Модель солнечного навеса

Основная проблема, с которой сталкиваются солнечные станции в Беларуси, – это **«пила» генерации**. Она характеризуется резкими колебаниями выработки электроэнергии из-за переменной облачности, смены погодных

условий и сезонных изменений (рисунок 2). Поэтому солнечные станции в объединенной энергосистеме страны требуют дополнительных маневренных мощностей для компенсации провалов выработки [1, 2].

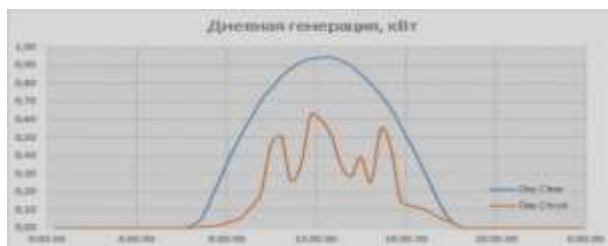


Рисунок 2 – График выработки электроэнергии в пасмурные и солнечные дни

Один из вариантов компенсации «пики генерации» – это использование в комплексе с солнечными панелями промежуточных накопителей – аккумуляторов, которые будут заряжаться во время пиковой выработки, а при ее снижении – будут отдавать в сеть накопленную энергию. Это очень дорогостоящее решение, так как аккумуляторные батареи большой емкости для такого комплекса могут стоить значительно дороже, чем солнечные панели. Но в электромобилях уже есть емкая тяговая батарея, которая способна принимать энергию от пиков выработки в дневные часы. Заряд плавающим по величине током не вредит аккумуляторам на основе лития, кроме того, медленная зарядка даже продлевает ресурс батареи [3].

Важное преимущество проекта – рациональное использование пространства. Под строительство обычных солнечных электростанций выделяются огромные земельные площади, которые становится невозможно использовать по другому назначению. Данный проект не требует выделения дополнительных площадей – предполагается использовать уже существующие парковки.

Интеграция солнечных навесов в инфраструктуру зарядки электромобилей в Беларуси открывает новые горизонты для устойчивого развития электромобилизации и создания по-настоящему зеленой транспортной системы.

Список литературы

1 **Горшков, А. С.** Технология и организация строительства здания с нулевым потреблением энергии / А. С. Горшков, Д. В. Дерунов, В. В. Завгородний // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2013. – № 3 (8). – С. 12–23.

2 **Корниенко, С. В.** Зеленое строительство – инновационный и социально значимый элемент повышения устойчивости среды / С. В. Корниенко // Здания высоких технологий. – 2017. – № 3. – С. 60–67.

3 **Корниенко, С. В.** «Зеленое» строительство в России и за рубежом / С. В. Корниенко, Е. Д. Попова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2017. – № 4 (55). – С. 67–93. – Doi: 10.18720/CUBS.55.5.

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ОБМОТОК BLDC-ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ

И. С. ДЕМИДОВИЧ, А. А. КАЛАЧЕВ, В. Н. ГАЛУШКО, А. А. ПОДДУБНЫЙ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Бесколлекторные электродвигатели (BLDC) получили широкое применение благодаря следующим преимуществам: высокому моменту и КПД, линейной (жесткой) механической характеристике, широкому диапазону регулирования частоты вращения. Сегодня такие двигатели все больше вытесняют коллекторные и трехфазные асинхронные электродвигатели с частотным преобразователем.

Ниже представлены основные области применения BLDC-приводов.

1 Транспорт: электросамокаты, гироскутеры, электромобили (Nissan Leaf, Tesla Model 3 и пр.), дроны, квадрокоптеры, а также бытовой электроинструмент (шурупверты, дрели).

2 Бытовая и офисная техника: стиральные машины (Direct Drive), компьютерные вентиляторы, холодильники (инверторные компрессоры), пылесосы, кондиционеры.

3 Промышленность и автоматизация: станки с ЧПУ, конвейеры, робототехника (сервоприводы), промышленные насосы и вентиляторы.

4 Медицина и прецизионная техника: хирургические дрели, аппараты ИВЛ, центрифуги, инфузионные помпы.

5 Авиация, космос и оборона: приводы в самолетах (More Electric Aircraft), системы ориентации спутников, приводы наведения в ПВО, дроны.

6 Энергетика: следящие системы солнечных батарей, приводы систем охлаждения на солнечных/ветряных станциях.

Наиболее значимые преимущества BLDC-двигателей перед коллекторными: меньше шум и вибрация; отсутствует коллекторно-щеточный узел; высокая наработка на отказ и простое обслуживание (наличие смазки в подшипниках, биения); выше КПД при высокой частоте вращения. Преимущества BLDC перед трехфазными асинхронными двигателями с преобразователем частоты: меньше размеры для одинаковой мощности; универсальность контроллера; больше крутящий момент при низкой частоте вращения, а также возможность длительной работы при низкой частоте вращения без перегрева.

В качестве BLDC-привода для испытаний были использованы наиболее широко применяемые в последнее время на транспорте электродвигатели мопеда номинальной мощностью 350 Вт и BLDC-привод плоттера 125 Вт (рисунк 1).



Рисунок 1 – Внешний вид исследуемых двигателей

Таким образом, разработка программно-аппаратного комплекса диагностики дефектов обмоток BLDC-приводов является актуальной задачей в связи с массовым применением BLDC-приводов за счет их высокой универсальности и рабочих характеристик.

Методы и технические средства. Технология обнаружения неисправностей BLDC с использованием импедансной и фазочастотной характеристик, описанная в данном исследовании является развитием методики [1], где с помощью метода «трех вольтметров» рассчитывается модуль и аргумент комплексного сопротивления в режиме холостого хода (XX), в диапазоне частот от 0 до 100 кГц, и для обнаружения коротких замыканий сравниваются частотные характеристики BLDC в дефектном и бездефектном состояниях.

Используя различные анализаторы спектра, можно непосредственно получить амплитудно-частотные (импедансные) $Z(\omega)$ и фазочастотные $\varphi(\omega)$ характеристики АД. При отсутствии таких приборов на практике можно использовать косвенные методы определения комплексных сопротивлений (проводимостей) для каждой частотной составляющей сигнала.

Схемы подключения задающего генератора сигналов и вольтметров для опытов в режиме XX и короткого замыкания (КЗ) приведены на рисунке 2.

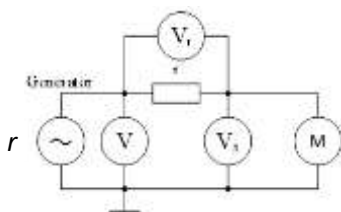


Рисунок 2 – Схема проведения экспериментов методом «трех вольтметров»

В отличие от импедансных характеристик трехфазных трансформаторов и трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором [2, 3], магнитные связи между обмотками и фазами незначительны, что проявляется в отсутствии первого и второго резонансов. Характер линий более по-

хож на индуктивный элемент со слабой магнитной связью. Причем в собранном с подвижными магнитами положении импеданс значительно уменьшается, а согласованное и рассогласованное положение магнитов относительно измеряемой фазы оказывает примерно такое же влияние, как и само наличие магнитов. Импедансная характеристика привода плоттера проходит намного выше, что связано с большим активным сопротивлением и индуктивностью. Целесообразно выполнять анализ на большей частоте (например, 100 кГц), т. к. тогда различия проявляются более значительно.

Результаты импедансных характеристик для бездефектного состояния BLDC-привода электромопеда и при различном числе закороченных витков обмотки представлены на рисунке 3.

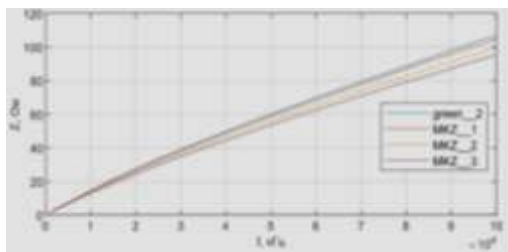


Рисунок 3 – Импедансная характеристика для МКЗ для BLDC-привода мопеда 350 Вт без магнитов. Обозначения: green 2 – бездефектное состояние; MKZ_1, MKZ_2, MKZ_3 – короткое замыкание соответственно 15, 50, 100 % витков одной из 9 катушек

Закключение. Импедансную характеристику целесообразно выполнять без магнитов (разобранное состояние) на большой частоте (100 кГц и более), т. к. тогда влияние положения магнитов отсутствует и различия для дефектного и бездефектного состояний проявляются более отчетливо. Представленные результаты являются основой при создании программно-аппаратного комплекса диагностики дефектов обмоток BLDC-приводов, что уже было успешно реализовано авторами при диагностировании трансформаторов [1].

Список литературы

1 **Галушко, В. Н.** Метод неразрушающего контроля состояния однофазных и трехфазных трансформаторов на основе частотных характеристик / В. Н. Галушко, И. Л. Громыко // Приборы и методы измерений. – 2025. – Т. 16, № 2. – С. 158–167. – Doi: 10.21122/2220-9506-2025-16-2-158-167.

2 **Мирош, Д. В.** Технология применения нейронных сетей для диагностики межвитковых замыканий в трансформаторах и асинхронных двигателях / Д. В. Мирош, В. М. Овчинников, И. Е. Монархович // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2024. – № 1 (48). – С. 24–29.

3 **Исаев, А. В.** Спектрально-импульсные методы измерения сопротивления межвитковой изоляции электрических машин со всыпной обмоткой и приборы на их основе : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.01 / А. В. Исаев ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2024. – 140 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СВАЕПОГРУЖАЮЩИХ СРЕДСТВ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

П. А. КАЦУБО, Д. В. ГЛАДКИЙ, Д. О. ПАВЛЮЧЕК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современное строительство предъявляет высокие требования к качеству и надежности фундамента, что делает сваепогружающие средства ключевыми элементами в процессе возведения зданий и сооружений. Сваи, как основа фундамента, обеспечивают устойчивость конструкций, особенно в условиях сложных геологических и климатических факторов.

Классификация сваепогружающих средств: описание различных типов и их применения

Современные сваепогружающие средства можно классифицировать по нескольким критериям, включая тип конструкции, способ погружения, а также назначение и область применения.

По типу конструкции

1 Гидравлические сваепогружатели. Эти устройства используют гидравлическую силу для погружения свай в грунт. Они обеспечивают высокую эффективность и точность, что делает их идеальными для работы в ограниченных пространствах, таких как городские стройплощадки.

2 Механические сваепогружатели. К ним относятся устройства, использующие механические усилия, например, экскаваторы с установленными на них захватами для свай. Они часто применяются на крупных строительных площадках, где требуется высокая производительность.

3 Электромагнитные сваепогружатели. Эти устройства используют электромагнитные силы для погружения свай. Они находят применение в специфических условиях, где традиционные методы могут быть неэффективными, например, при работе с легкими и тонкими сваями.

4 Вибрационные сваепогружатели. Используют вибрацию для уменьшения сопротивления грунта при погружении. Эти устройства особенно эффективны в рыхлых и сыпучих грунтах, где требуется минимизация деформации свай.

По способу погружения

1 Погружающие устройства с ударным методом. Эти устройства используют механический удар для погружения свай. Они обеспечивают высокую скорость погружения, но могут вызывать значительные вибрации и шум.

2 Погружающие устройства с вибрационным методом. Как уже упоминалось, эти устройства используют вибрацию для облегчения процесса погружения. Они менее шумные и более щадящие для окружающей среды.

3 Погружающие устройства с инъекцией. Эти системы используют инъекцию воды или других жидкостей для уменьшения сопротивления грунта. Это позволяет эффективно погружать сваи в сложных грунтовых условиях.

По назначению

1 Для строительства жилых и коммерческих зданий. Эти устройства используются для создания фундамента и обеспечения устойчивости зданий.

2 Для мостостроения. Специальные сваепогружающие средства применяются для установки опор мостов, где требуется высокая точность и надежность.

3 Для инфраструктурных проектов. Включает в себя строительство дорог, тоннелей и других объектов, где сваи служат основой для устойчивости конструкций.

Таким образом, современные сваепогружающие средства разнообразны и могут быть адаптированы под различные условия и требования строительных проектов, что открывает новые перспективы для их дальнейшего развития и совершенствования.

Современные сваепогружающие средства представляют собой высокотехнологичные устройства, предназначенные для забивки свай в грунт. В последние годы наблюдается значительный прогресс в их технических характеристиках, что позволяет улучшить эффективность и безопасность проведения работ.

Одним из ключевых параметров современных сваепогружающих устройств является их мощность. Современные гидравлические и электрические сваепогружатели обладают высокой мощностью, что позволяет забивать сваи в различные типы грунтов, включая плотные и каменистые. Например, мощность современных гидравлических сваепогружателей может достигать 2000 кН, что обеспечивает возможность работы с крупногабаритными и тяжелыми сваями.

Другим важным параметром является глубина погружения. Современные устройства способны забивать сваи на глубину до 30 метров и более, что расширяет область их применения, включая сложные геологические условия. Некоторые модели оснащены специальными системами, позволяющими регулировать угол наклона и направление погружения, что повышает точность установки свай.

Скорость погружения также является критически важным фактором. Современные сваепогружающие средства могут достигать скорости забивки до 1 метра в минуту, что значительно сокращает время выполне-

ния работ. Это особенно актуально для крупных строительных проектов, где требуется высокая производительность.

Современные сваепогружающие средства продолжают эволюционировать, и в последние годы наблюдается активное внедрение инновационных технологий, которые значительно повышают эффективность и безопасность процессов сваепогружения. Одной из ключевых тенденций является использование автоматизации и роботизации, что позволяет минимизировать человеческий фактор и повысить точность выполнения операций.

Также стоит отметить внедрение новых материалов и конструкций для сваепогружающих средств. Например, использование легких композитных материалов и высокопрочных сталей позволяет создавать более компактные и мобильные установки, что особенно актуально для городских условий, где пространство ограничено.

Перспективным направлением является интеграция технологий мониторинга и диагностики в реальном времени. Это позволяет не только контролировать процесс погружения, но и оперативно выявлять возможные отклонения от заданных параметров, что способствует повышению безопасности и надежности конструкций.

Современные системы управления, основанные на принципах искусственного интеллекта, позволяют оптимизировать процесс погружения свай, учитывая геологические условия и характеристики материалов. Это способствует более точному расчету необходимых параметров, таких как скорость погружения и угол наклона, что, в свою очередь, уменьшает риск повреждения свай и повышает их долговечность.

Список литературы

1 **Косоруков, И. И.** Свайные работы : учеб. пособие / И. И. Косоруков, Л. М. Пешковский, А. А. Руденко. – М. : Стройиздат, 1974. – 248 с.

2 **Гречухин, В. А.** Погружение свай при строительстве мостов и путепроводов. Примеры разработки технологических карт : учеб.-метод. пособие / В. А. Гречухин, Г. Д. Ляхевич ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск : БНТУ, 2021. – Ч. 1. – 58 с. ISBN 978-985-583-306-3. (Технологии СП-49, СП-69 и дизель-молоты).

3 Руководство по проектированию свайных фундаментов / НИИОСП им. Н. М. Герсевича. – М., 1980. – 120 с. (Методы забивки и вибропогружения).

4 **Нестеров, А. С.** Обоснование конструктивно-технологических параметров оборудования для погружения свай методом вдавливания с применением анкерного устройства : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.12 / Нестеров Алексей Сергеевич. – Волгоград, 2004. – 150 с. (Модели вдавливающих установок).

ЗАМЕНА СРЕДСТВ ПОДВИЖНОСТИ СВАЕПОГРУЖАЮЩИХ МАШИН НА ОБРАЗЦЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

П. А. КАЦУБО, Д. С. МАСЬКО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В настоящее время в Вооруженных Силах Республики Беларусь используется современная техника, которая показала себя с положительной стороны своей неприхотливостью, проходимостью и мобильностью. Но в связи со сложившейся политической обстановкой становится сложнее и в некоторых случаях даже невозможным качественно обслужить или восстановить эту технику. Так и происходит со средствами подвижности сваепогружающих машин, что ставит под угрозу будущее тыловое обеспечение и прикрытие главных сил.

Образцы специальной техники требуют проведения текущего обслуживания и ремонта, что связано с поиском запасных частей. В современных реалиях не все запасные части становятся доступны в силу различных причин. Ввиду этого многократно увеличивается стоимость ремонта из-за дефицита самих запчастей, узлов и агрегатов.

В данном докладе предложен вариант замены базового автошасси КрАЗ-260 сваебойной установки УСБ

На данный момент таким средством подвижности является автомобиль марки КрАЗ из-за завода, который его производил, и его места положения. В дальнейшем могут возникнуть проблемы с автомобилем, такие как прекращение изготовления новых деталей на него.

В связи с этим имеет смысл перевести средства подвижности сваепогружающих машин на образцы отечественного производства.

К этой технике должны предъявляться следующие требования:

- надежность;
- проходимость;
- мобильность;
- простота обслуживания.

По этим требованиям рассмотрены автомобили марки МАЗ: 6502, 6432, 6514, 6302. Из этих вариантов лучшими следует считать МАЗ-6317 и МАЗ-6302. Оба автомобиля оснащаются большим ассортиментом двигателей, в том числе и ЯМЗ, которые нам так хорошо знакомы. Коробка передач на всех автомобилях от одного производителя, и она зарекомендовала себя как надежная и неприхотливая. Также автомобили оснащены полным приводом, что обеспечивает их проходимость. МАЗ-6302 имеет различные модификации.

Так, МА3-6302С5 – полноприводный автомобиль без платформы (шасси) с уменьшенной снаряженной массой, пониженной высотой транспортного положения по кабине, односкатной ошиновкой колес и двухместной кабиной (рисунок 1). МА3-6302С5-575-080 предназначен под установку различных специальных надстроек и для перевозки различных грузов. Масса снаряженного автомобиля (без доп. оборудования) – 9500 (5000+4500) кг. Грузоподъемность автомобиля 16 500 кг. Автомобили МА3-6302 комплектуются двигателями Weichai Power и российскими ЯМЗ (Ярославский автомобильный завод). Экологический класс Евро-5. Коробка передач. Автомобили МА3-6302 оснащаются коробками Fast Gear, число передач – 9, синхронизированная на всех передачах кроме первой (компания Fast Gear занимает 1-е место среди производителей КПП для тяжелых автомобилей в мире), отличающимися оптимальным соотношением надежности и обслуживания. Отбор мощности на РК (раздаточной коробке), с «гладким» фланцем, четырьмя отверстиями Ø8 мм на Ø120 мм. Расположение отбора мощности на первичном валу с заднего торца РК. Величина отбора – до 90 %. Продолжительность непрерывной работы – до 6 часов. Отбор осуществляется на стоянке.

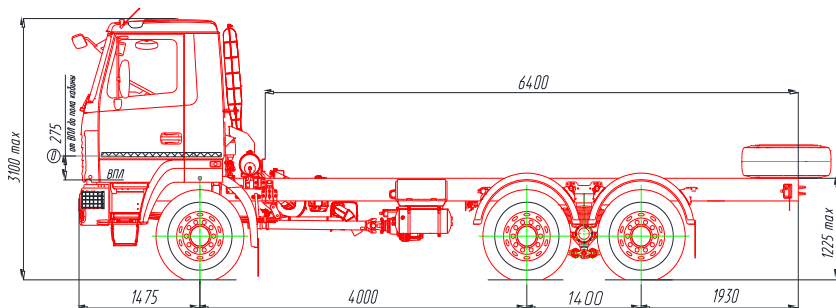


Рисунок 1 – Полноприводный автомобиль без платформы (шасси) МА3-6302С5

Имеется возможность производить шасси с двухрядной кабиной.

В качестве навесного оборудования предлагается использовать свасбойные агрегаты или агрегаты завинчивания свай. Более подходящим вариантом будет создание отдельной платформы, к которой будут добавлены специальные аутригеры; раскладные стрелы с молотом, разгонным блоком и универсальным роликовым прицепом; одна или две системы управления, к которым может приходить мощность от коробки отбора мощности (рисунок 2). Этот вариант требует разработки платформы или доработки уже имеющихся. В разработку входит работа от 2 до 4 стрел одновременно от одного или двух пунктов управления, способных регулировать угол и силу забивки свай разных видов и их способность или целесообразность работы от коробки отбора мощности.

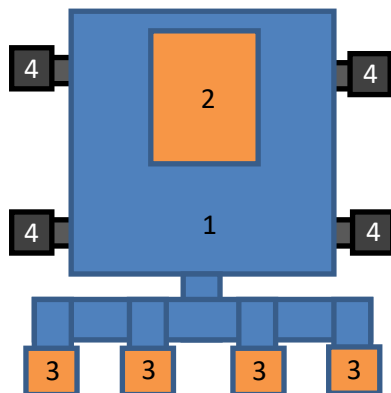


Рисунок 2 – Схемы платформы со свабойной установкой:
1 – платформа; 2 – пункт управления; 3 – стрела с молотом; 4 – ауриггер

Список литературы

1 МАЗ РУС – официальный дистрибьютор МАЗ в Москве и регионах : [сайт]. – Москва, 2026. – URL: <https://maz-rus.com/> (дата обращения: 20.05.2026).

2 Свабойные установки Стройматик. Самоходный копер // Стройматик. – URL: <https://stroimatic.com/svaeboynye-ustanovki> (дата обращения: 20.05.2026).

УДК 621.865.8:69.05:614.8

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ФРАКЦИОННОЙ СЕПАРАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА СТРОИТЕЛЬНОГО ЛОМА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Д. В. КУРАНДА, М. В. ЦЕЙКО, А. С. СМАЛЮГА

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современные методы разбора техногенных завалов (использование разрозненной техники: экскаваторов, погрузчиков, дробилок) характеризуются низкой скоростью восстановления инфраструктуры после ЧС. Традиционные подходы требуют множества единиц техники и большого числа операторов, что увеличивает затраты и время реагирования. Вывоз строительного мусора на полигоны или перерабатывающие заводы удлинит цикл восстановления и повышает логистические расходы.

Существующие решения не обеспечивают замкнутый цикл – переработка происходит отдельно от разбора завала, теряется ценное время, а также ручное участие в разборе завалов повышает риски для спасателей и рабочих.

Цель данной работы – обосновать создание multifunctional роботизированного комплекса «Реактивный краб» для оперативного разбора техногенных завалов; переработки обломков на месте разрушения в строительные материалы; сокращения сроков восстановления инфраструктуры; минимизации человеческого участия в опасных работах.

Ключевыми функциями реактивного краба являются разбор завала (манипулятор с захватом и экскаваторным ковшом удаляет крупные фрагменты), а также дробление (встроенный дробильный модуль измельчает обломки до фракций, пригодных для переработки).

Машина, представленная в докладе, внешне напоминает экскаватор, но вместо стандартного ковша у нее сложное манипуляторное устройство с тремя «клешнями» (отсюда и название «Краб»).

Система «Зрение и Мозг» включает в себя лидар и мультипликаторную камеру, установленную на кабине (или вместо кабины, если машина полностью беспилотная), а также искусственный интеллект, который сканирует завал и в реальном времени определяет: где кусок чистого бетона, где бетон с арматурой, где просто металл, а где мусор.

На машину устанавливается три рабочих органа. Первый (Сортировщик) – оснащен мощным электромагнитом и механическими захватами. Он хватает крупные обломки, подносит их к камере ИИ для анализа и раскладывает в разные отсеки на корпусе машины. Второй (Переработчик) – встроенная гидравлическая дробилка и ножницы. Если кусок слишком большой, «Краб» зажимает его второй «клешней» и перекусывает арматуру или раздрабливает бетон до нужной фракции (например, 100×100 мм). Третий (Укладчик/Принтер) – самая инновационная часть, оснащенная соплом и системой подачи связующего раствора. Переработанный щебень смешивается с цементным раствором (который подается из баков машины) прямо в «клешне».

Принцип действия на объекте машины можно описать следующим образом: машина подъезжает к разрушенной опоре моста или зданию → «Краб» засасывает/захватывает обломок, сканирует его → Отделяет металл (складывает в контейнер для переплавки) → Дробит бетон → Тут же, из смеси дробленого бетона и свежего раствора, третья «клешня» выкладывает новый строительный блок прямо на месте или даже заливает небольшую опалубку для новой опоры.

Преимущество такой технологии заключается в скорости и сокращении времени разбора/восстановления за счет совмещения операций. Мобильность – гусеничное шасси обеспечивает перемещение по завалам без дополнительной подготовки площадки. Экономичность – снижает затраты на логистику (не нужно вывозить мусор) и закупку новых стройматериалов. Безопасность – минимизирует присутствие людей в опасной зоне.

Применение «Реактивного краба» поможет с ликвидацией последствий ЧС (землетрясения, взрывы, обрушения), а также разбор аварийных зданий и промышленных объектов, а также с восстановлением дорог и инфраструктуры в труднодоступных районах.

Не стоит забывать, что такая технология существенно облегчает выполнение военно-инженерных задач по оперативному возведению укреплений.

В заключение стоит отметить, что современные методы разбора завалов остаются недостаточно эффективными для быстрого восстановления инфраструктуры. Основные причины – низкая скорость, зависимость от условий местности и энергоресурсов, а также риски для людей. Решение проблемы лежит в интеграции новых технологий: циклических гидроприводов, робототехники и модульных систем.

Список литературы

1 **Манько, С. В.** Принципы построения и экспериментальные исследования прототипного образца многоагентной робототехнической системы для разбора завалов / С. В. Манько, В. М. Лохин, С. А. К. Диане // Российский технологический журнал. – 2022. – Т. 10, № 6. – С. 37–51.

2 **Поезжаева, Е. В.** Интеллектуальный роботизированный гусеничный самосвал для работы на повышенных уклонах / Е. В. Поезжаева, Д. Н. Кучев // Строительные и дорожные машины. – 2021. – № 6. – С. 45–48.

3 **Тихонов, А. Ф.** Роботизированный комплекс для производства отделочных работ / А. Ф. Тихонов // Строительные и дорожные машины. – 2020. – № 6. – С. 55–58.

УДК 624.154.002.5:621.8

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ ПОЛЬШИ

И. А. ЛОПУХОВ, Г. А. БАЗЫЛЕВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Общая характеристика железнодорожной сети

Железнодорожная сеть Польши является одной из крупнейших в Центральной Европе. По состоянию на 2023 год общая протяженность путей составляет около 26 644 км. С точки зрения ширины колеи (одного из ключевых параметров верхнего строения пути) сеть разделена следующим образом:

– стандартная европейская колея (1435 мм): подавляющее большинство сети – 24 287 км;

– широкая колея (1520 мм): около 395 км. Это, прежде всего, Польская ширококолейная металлургическая линия (LHS) от границы с Украиной до Славкува, используемая для грузовых перевозок;

– узкая колея: оставшиеся километры приходятся на локальные линии (750, 785, 600 мм).

Электрификация: электрифицировано 11627 км (около 44 % сети). Польша использует систему постоянного тока напряжением 3 кВ.

Ключевые элементы верхнего строения пути

Верхнее строение польских железных дорог (пол. *Nawierzchnia kolejowa*) традиционно состоит из стандартных элементов, но с акцентом на усиление из-за высокой нагрузки.

Рельсы

На магистральных линиях, таких как Центральная магистраль (СМК), укладываются тяжелые рельсы типа S60. Они предназначены для смешанного движения тяжелых грузовых поездов и пассажирских составов на высокой скорости. Применение рельсов S60 (аналог 60 кг/м) обеспечивает высокую устойчивость геометрии пути под нагрузкой.

Шпалы (Опоры)

В Польше широко используются два типа оснований:

1 Деревянные шпалы (твердые породы): исторически доминировали, особенно на старых линиях и стрелочных переводах.

2 Железобетонные шпалы: преобладают на новых и модернизированных линиях. Польская компания «TrackTec» активно внедряет бетонные шпалы и стрелочные брусья, в том числе для скоростного движения.

Балластная призма

Основной тип – щебеночный балласт из дробленого камня (магматические или метаморфические породы). Традиционно используется однослойный балласт, однако при реконструкциях (например, на линии Варшава – Гданьск) укладываются усиленные защитные слои (песчано-гравийная подушка) для отвода воды и увеличения несущей способности.

Польша активно тестирует и внедряет современные технологии верхнего строения, отходя от классической балластной конструкции.

Технологии безбалластного пути (Ballastless Track). В феврале 2025 года компания PKP PLK начала испытания первого в стране участка безбалластного пути на остановке Краков-Пшилясек. Технология австрийского происхождения (аналогичная используемой в Германии и Чехии) представляет собой железобетонную плиту, на которую жестко крепятся рельсы.

Цель: оценка долговечности, снижения вибраций и шума.

Перспективы: планируется использовать на будущих высокоскоростных магистралях (HSR) и в тоннелях, где обслуживание балласта затруднено.

Польша обладает компетенциями в производстве сложных стрелочных переводов для высоких скоростей:

- компания «TrackTec» спроектировала и внедрила самый большой в Польше стрелочный перевод радиусом 2500 метров (крестовина марок 1:30 и более);

- применяются крестовины с подвижным сердечником (движущийся остряк), что позволяет устранить «мертвую зону» и обеспечивает скорость до 250 км/ч при движении по прямому направлению и до 100 км/ч по отвлечению;

- используются инновационные бейнитные крестовины, которые обладают высокой износостойкостью и в 2–3 раза дольше служат на участках с интенсивным движением по сравнению с традиционными марганцевистыми.

Польша стремится к развитию высокоскоростных железных дорог.

Линия СМК (Центральная магистраль): построена в 1977 году. Геометрия пути изначально рассчитана на 250 км/ч (что делает ее первой «high-speed line» в Европе по заложенным параметрам). Однако долгое время из-за состояния пути скорость была ограничена. В 2020–2023 годах модернизация позволила поднять скорость до 200 км/ч на участках Варшава – Краков/Гданьск.

Планы: ввод в эксплуатацию линии «Y» (Варшава – Лодзь – Познань/Вроцлав), где будет использоваться путь, адаптированный под скорости 250–300 км/ч, вероятно, с применением безбалластных технологий.

Несмотря на технологические прорывы, значительная часть верхнего строения пути Польши (около 60–70 % сети) находится в неудовлетворительном состоянии из-за недоинвестиций в 1990-е годы. Основные проблемы: износ креплений, просадки балластной призмы на старых насыпях и волнообразный износ рельсов. Однако действующая программа «Национальная железнодорожная программа» (КРК) нацелена на комплексную замену верхнего строения на ключевых направлениях.

Верхнее строение пути Польши представляет собой «смешанный тип»: на второстепенных линиях сохраняется классическая балластная конструкция с деревянными шпалами и легкими рельсами, тогда как на магистралях (СМК, Е65) внедряются тяжелые рельсы S60, железобетонные шпалы, инновационные стрелочные переводы и пилотные участки безбалластного пути. Основной вектор развития направлен на повышение несущей способности для грузового движения и геометрической точности для обеспечения скоростей пассажирских поездов выше 200 км/ч.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УЧЕТА И ВЫДАЧИ АВТОМОБИЛЬНОГО ИМУЩЕСТВА В ВОИНСКОЙ ЧАСТИ

С. Н. МАТВЕЕВ, А. А. ЭВЕРС, Н. В. СМЕЯН

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Основная роль в обеспечении функциональности и мобильности воинских частей зависит от обеспечения автомобильного имущества. Эффективный учет и порядок выдачи данного имущества являются ключевыми факторами, способствующими повышению боеготовности и оперативности войск. В данном докладе рассматриваются существующие проблемы в процессе учета и выдачи автомобильного имущества, а также предлагаются рекомендации по их усовершенствованию с учетом современных технологий.

На сегодняшний день в большинстве воинских частей учет автомобильного имущества осуществляется с использованием формализованных документов и материального учета. Это приводит к ряду проблем, таких как: человеческих фактор – ошибка при вводе данных, что может привести к ошибкам в учетных данных материальных средств.

Регулярные проверки показывают случаи несоответствий, наличия имущества по учетным данным, что указывает на недостатки в организации учета.

Сложности в планировании эксплуатации транспорта, несовершенство системы учета трудно заранее спланировать использование автомобильного имущества.

Необходимость заполнения множества форм документации и согласований с ответственными лицами может увеличить время на получение автомобильного имущества.

Проанализировав имущественные недостатки учета в различных отраслях, мы пришли к выводу, что наиболее эффективными являются:

- внедрение автоматизированной информационной системы (АИС), которая основывается на создании базы данных, где вся информация о транспортных средствах будет храниться в электронном виде, что обеспечит оперативный доступ к данным об условиях эксплуатации техники и упростит процесс учета переработки и сигнализирует об очередном техническом обслуживании;

- использование RFID (Radio Frequency Identification) – радиочастотной идентификации для отслеживания перемещения автомобильного имущества в реальном времени;

- электронный документный оборот – процедура оформления документов на получение автомобиля, что заметно оптимизирует процесс его выдачи. Этими документами являются электронные подписи и штрих-коды.

При накоплении определенной базы данных по эксплуатации автомобильного транспорта (условия эксплуатации и среднесуточный пробег) совершенствование технологии позволяет спрогнозировать расход того, как много имущества в определенный период времени было задействовано.

Обучение личного состава: регулярные тренинги и курсы повышения квалификации для сотрудников, отвечающих за учет и выдачу автомобильного имущества, помогут снизить количество ошибок и повысить эффективность работы.

Основная трудность – стоимость оборудования с локальной сетью.

Совершенствование процесса учета и выдачи автомобильного имущества в воинской части – это необходимый шаг для повышения боеготовности и оперативности действий. Внедрение современных технологий и оптимизация действующих процессов помогут устранить существующие недостатки и создать более эффективную систему управления автомобильным имуществом. Это, в свою очередь, обеспечит как безопасность, так и высокую степень готовности воинских частей к выполнению поставленных задач.

Список литературы

1 Жданов, К. Р. Совершенствование управления материально-техническим обеспечением войск в Республике Беларусь : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Жданов К. Р. – Минск, 2020.

2 Петрова, Т. С. Оптимизация логистических процессов в национальной армии / Т. С. Петрова // Восточноевропейский журнал управления. – 2021. – Т. 14, № 2. – С. 30–35.

УДК 620.179.1

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ, ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ФОТОГРАММЕТРИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А. С. МАХАЕВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В эпоху ускоренной урбанизации и роста нагрузок на инфраструктуру – от автомагистралей до промышленных объектов основная задача это своевременная оценка технического состояния конструкций. Традиционные подходы, такие как визуальный осмотр или вырезка проб, не только трудо-

емки, но и чреваты простоями, риском для персонала и неточностью. Альтернатива – цифровизация: комбинация неразрушающего контроля, лазерного сканирования и фотограмметрии. Эти методы обеспечивают полную картину без разрушения объекта, с высокой точностью и минимальными затратами. Давайте разберем их по порядку и увидим, как они работают в тандеме.

Неразрушающий контроль служит основой локальной диагностики. Это арсенал техник для «просвечивания» материалов без их повреждения, с упором на дефекты вроде трещин, пустот, коррозии и зон ослабления. Ультразвук и фазовые массивы идеальны для сварных соединений и листового металла – с помощью приборов типа Olympus OmniScan мы измеряем толщину стенок с точностью до 0,05 мм и локализуем дефекты по А-сканированию. В обследовании мостовой фермы в Гомельской области ультразвук выявил 15 % потерь толщины от коррозии в скрытых полках. Вихретоковый и магнитный методы дополняют картину для поверхностных трещин и усталостных повреждений – вихретоки на частотах от 50 до 500 кГц «видят» подповерхностные дефекты глубиной до 5 мм, что критично для подвижного состава. Преимущества очевидны: высокая скорость – до 100 м²/ч – и безопасность. Однако данные остаются точечными, без глобальной геометрии.

Лазерное сканирование добавляет точную трехмерную геометрию в реальном времени. Лазерный сканер испускает миллиарды импульсов, формируя облако точек с плотностью от одного до 10 млн точек на квадратный метр. Разрешение достигает 0,5–2 мм, дальность – до 300 м. В практике на железобетонных опорах моста через Сож зафиксирована деформация в 8 мм при сравнении сканов 2024 и 2026 годов в программе Leica Cyclone. Это позволило рассчитать коэффициент надежности по СП 35.13330.2021. По сравнению с ручной геодезией лазер работает в десять раз быстрее и точнее на сложных поверхностях, хотя отражения от мокрого бетона требуют специальных фильтров.

Фотограмметрия предлагает доступную визуализацию для больших масштабов. На базе фотоаппаратов или дронов создаются стереомодели – алгоритмы строят текстурированную сетку с погрешностью от 1 до 10 см. В инспекции пятисотметровой металлической эстакады в Мозыре дрон сделал 2 тыс. снимков за два часа, и модель выявила 200 м трещин суммарно. Стоимость в пять раз ниже лазерного сканирования, но точность падает на глянцевых поверхностях.

Синергия методов превращает разрозненные данные в мощный инструмент. Неразрушающий контроль дает внутренние метрики вроде толщины и дефектов, лазерное сканирование – форму, фотограмметрия – текстуру. В программах типа AutoCAD или Bentley ContextCapture слои накладываются друг на друга, позволяя рассчитать объемы коррозии или спрогнози-

ровать срок службы. В реальном кейсе могилевского моста такая комбинация сократила инспекцию с четырнадцати дней до четырех, продлив ресурс конструкции на пятнадцать лет после ремонта. Модули искусственного интеллекта автоматизируют детекцию, снижая субъективность на 90 %.

Проблемы существуют: огромные объемы данных в терабайтах требуют облачных хранилищ вроде Яндекс Облака, нормативы нужно адаптировать под ТР ТС 032/2013 и ГОСТ Р 56541, а персонал – обучать работе с FARO Scene. Перспективы заманчивы: интеграция в информационные модели зданий и дополненная реальность на планшетах для инспекторов прямо на объекте.

Подводя итог, эти технологии радикально меняют диагностику, повышая безопасность и эффективность инфраструктуры.

Список литературы

1 **Русинов, П. Н.** Вихретоковые методы неразрушающего контроля в курсе «Техническая диагностика и неразрушающий контроль» / П. Н. Русинов, П. П. Алюшенко, А. Б. Белихов // Преподавание информационных и естественнонаучных дисциплин : материалы межвуз. науч.-метод. конф. / Костром. гос. ун-т им. Н. А. Некрасова ; сост. П. Н. Белкин. – Кострома, 2007. – С. 81–84.

2 **Лошкарев, И. Ю.** Неразрушающий контроль. Особенности методов неразрушающего контроля / И. Ю. Лошкарев, А. С. Чернышов // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 1–30 апр. 2013 г. / под ред. А. В. Павлова. – Саратов : Буква, 2013. – С. 184–186.

3 **Емцев, В. А.** Фотограмметрия как метод технической диагностики, принципы фотограмметрии, преимущества и ограничения метода, область применения в технической диагностике / В. А. Емцев, Д. А. Сокольников // Инновационные практики в междисциплинарных исследованиях : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч., Ижевск, 20 янв. 2026 г. – Уфа : Аэтерна, 2026. – С. 59–61.

УДК 625.745.12.001.42

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ МОСТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

А. О. МИХАЛЬКОВ, Я. М. ГРИЩЕНКОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современная транспортная инфраструктура во многом зависит от надежности и долговечности мостовых сооружений. Автомобильные мосты еже-

дневно испытывают значительные нагрузки, связанные с интенсивностью транспортного потока, воздействием окружающей среды и постепенным износом конструкционных материалов. С течением времени эти факторы могут приводить к снижению прочности конструкций, образованию дефектов и необходимости проведения дорогостоящего ремонта. В связи с этим особую актуальность приобретает использование современных цифровых технологий, позволяющих заранее прогнозировать состояние мостовых сооружений и оценивать влияние различных эксплуатационных факторов на их срок службы. Одним из перспективных направлений является разработка специализированных программных систем, способных моделировать условия эксплуатации мостов и анализировать их влияние на долговечность конструкций.

В рамках данной работы рассматривается концепция создания программного комплекса, предназначенного для прогнозирования прочностных характеристик и срока службы автомобильных мостов на основе анализа различных параметров эксплуатации. Основная идея проекта заключается в создании системы, в которой пользователь может задавать определенные условия, характеризующие окружающую среду и эксплуатационные нагрузки, после чего программа будет рассчитывать предполагаемое влияние этих факторов на состояние мостовой конструкции. Подобный инструмент может быть полезен как на этапе проектирования мостов, так и при их эксплуатации и планировании ремонтных работ.

Предполагаемая программа представляет собой интеллектуальную систему моделирования, способную анализировать влияние совокупности факторов на долговечность мостовых сооружений. Пользователь системы сможет задавать различные параметры, такие как температура окружающей среды, уровень влажности, характеристики используемых строительных материалов, интенсивность транспортной нагрузки и другие условия эксплуатации. После ввода исходных данных программа будет проводить анализ и формировать прогноз, отражающий возможные изменения прочности конструкции, степень ее износа и предполагаемый срок службы.

Особенностью разрабатываемой системы является использование научных данных в качестве основы для анализа. Предполагается, что программа будет опираться на информацию, полученную из научных исследований и специализированных публикаций, в которых рассматривается влияние различных факторов на прочностные характеристики мостовых конструкций. В научной литературе достаточно подробно описано, каким образом температурные колебания, влажность, воздействие агрессивных сред и транспортные нагрузки влияют на состояние материалов и элементов мостовых сооружений. Эти данные могут быть структурированы и использованы в программной системе в виде базы знаний, содержащей соответствующие зависимости и коэффициенты.

После выбора пользователем необходимых параметров программа будет сопоставлять введенные данные с информацией, содержащейся в базе науч-

ных исследований. Далее полученные данные будут передаваться в модуль анализа, который будет выполнять обработку информации и формировать итоговый результат. В качестве одного из ключевых элементов системы предполагается использование технологий искусственного интеллекта. Модуль искусственного интеллекта будет анализировать совокупность факторов и выявлять взаимосвязи между ними, что позволит получать более точные и комплексные прогнозы состояния мостовых конструкций.

Результаты работы программы предполагается представлять пользователю в наглядной форме. Это могут быть прогнозные значения срока службы мостовой конструкции, оценка изменения ее прочностных характеристик, вероятность возникновения определенных видов повреждений, а также графические материалы, демонстрирующие влияние выбранных параметров на состояние сооружения. Такой подход позволит специалистам быстро оценивать возможные последствия различных условий эксплуатации и принимать более обоснованные инженерные решения.

Практическая значимость разработки подобной системы заключается в возможности повышения эффективности управления транспортной инфраструктурой. Использование программных инструментов прогнозирования позволит заранее выявлять потенциальные проблемы в эксплуатации мостов и своевременно планировать проведение ремонтных работ. Это особенно важно в условиях ограниченных ресурсов, когда необходимо рационально распределять средства, направляемые на содержание и реконструкцию инфраструктурных объектов.

Кроме того, подобная программа может быть полезна на этапе проектирования новых мостовых сооружений. Моделирование различных условий эксплуатации позволит инженерам выбирать оптимальные материалы и конструктивные решения, которые обеспечат максимальную долговечность и надежность будущих объектов. Возможность анализа различных сценариев эксплуатации также позволит учитывать климатические особенности конкретных регионов и адаптировать конструкции мостов к реальным условиям их использования.

Следует отметить, что на данный момент разработка программной системы находится на стадии формирования концепции и разработки основных алгоритмов работы. В дальнейшем планируется расширение базы научных данных, совершенствование методов обработки информации и внедрение дополнительных параметров, способных влиять на состояние мостовых сооружений. Также предполагается развитие интерфейса программы и повышение удобства ее использования для специалистов различных областей, связанных с проектированием и эксплуатацией транспортной инфраструктуры.

Таким образом, разработка интеллектуальной системы прогнозирования состояния автомобильных мостов представляет собой перспективное направление развития цифровых технологий в области инженерной инфраструкту-

ры. Использование научных данных и методов искусственного интеллекта позволит создавать более точные модели оценки долговечности мостовых конструкций и повысить эффективность их эксплуатации. В дальнейшем подобные системы могут стать важным инструментом для специалистов, занимающихся проектированием, мониторингом и обслуживанием мостовых сооружений, а также способствовать повышению безопасности транспортной сети в целом.

Список литературы

- 1 **Гончаров, В. В.** Надежность и долговечность мостовых сооружений / В. В. Гончаров, П. А. Кравченко. – М. : Транспорт, 2018. – 352 с.
- 2 **Петров, А. А.** Эксплуатация и техническое состояние мостов и транспортных сооружений / А. А. Петров, И. В. Смирнов. – СПб. : Лань, 2020. – 280 с.
- 3 **Бондаренко, В. М.** Строительные конструкции : учеб. для вузов / В. М. Бондаренко, С. А. Андреев. – М. : Высш. шк., 2019. – 400 с.
- 4 **Кузнецов, Н. Н.** Долговечность железобетонных мостовых конструкций в условиях воздействия окружающей среды / Н. Н. Кузнецов // Вестник транспортного строительства. – 2021. – № 4. – С. 45–52.
- 5 **Фролов, Ю. Г.** Влияние климатических факторов на эксплуатационное состояние мостовых сооружений / Ю. Г. Фролов, Д. В. Сидоров // Транспортное строительство. – 2022. – № 6. – С. 27–33.

УДК 625.8:624.21/8.

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

*В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, В. В. ТОМАШОВ,
А. О. МИХАЛЬКОВ, Я. М. ГРИЩЕНКОВ*

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

На сегодняшний день внедрение перспективных технологий для защиты асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог в Республике Беларусь от разрушающих его воздействий различных факторов является важнейшим научным направлением.

Для данных целей разработан состав гидрофобный профилактический «Протект-01» (далее – СГП) [1], работы с которым осуществляются согласно ТУ ВУ 192670194.002-2019 [2]. Разработанный состав позволяет обеспе-

чивать защитные свойства, заключающиеся в создании на поверхности асфальтобетона защитного слоя, препятствующего проникновению в его объем воды в осенний, зимний и весенний периоды эксплуатации (атмосферных осадков, снега, льда) и возможных переходов температуры окружающей среды через 0 °С [3].

Практическая реализация распределения СГП выполнялась на основе распределительной системы автогудронатора типа АРБ-7. В распределителях данной системы установлены форсунки, управляемые (открываемые и закрываемые) поворотом пробок с поводками, которые закреплены на рейках, перемещаемых посредством пневмокамер. Сжатый воздух поступает в пневмокамеры из пневмосистемы базового шасси или гидроцилиндров [3]. Дополнение указанных приборов распределительной системы, а также привода насоса подачи вяжущего интеллектуальной системой управления, задания и контроля параметров распределения дорожно-строительных материалов позволит обеспечить требуемую норму их распределения, не зависимую от скорости движения.

Проведенные практические исследования по воздействию разработанного состава на объектах транспортной инфраструктуры Республики Беларусь показали, что на процесс нанесения жидких дорожно-строительных материалов на поверхность асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги действует значительное количество различных факторов, основные из которых представлены на рисунке 1.

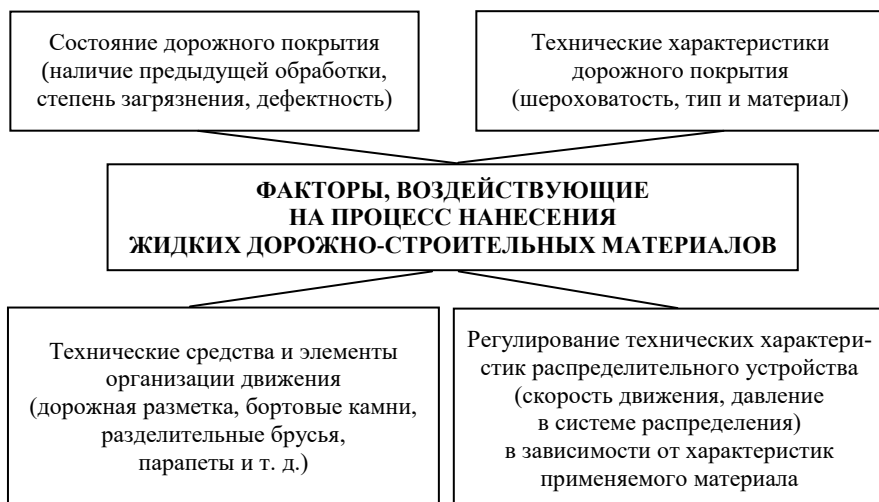


Рисунок 1 – Факторы, воздействующие на процесс нанесения жидких дорожно-строительных материалов

Детальное рассмотрение влияния представленных выше факторов на технологический процесс нанесения жидких дорожно-строительных материалов на поверхность асфальтобетонного покрытия автомобильной дороги представляет определенный научный интерес, так как это позволит повысить качество, снизить себестоимость производства дорожных работ за счет экономии распределяемого дорожно-строительного материала.

Список литературы

1 Патент ВУ 24097, МПК E01C 11/24 (2006.01). Гидрофобный состав для профилактической обработки асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог : № а 20180114 : заявлено 23.03.2018 : опубл. 30.10.2023 / Бочкарев Д. И., Петрусевич В. В. ; заявители: Бочкарев Д. И., Петрусевич В. В. – 5 с.

2 Состав гидрофобный профилактический ПРОТЕКТ-01 : Технические условия ТУ ВУ 192670194.002–2019 – Введ. 03.10.2019. – Минск : Минстройархитектуры. – 2019. – 29 с.

3 **Петрусевич, В. В.** Основные принципы системы организации профилактической обработки в рамках выполнения технологических процессов текущего содержания автомобильных дорог / В. В. Петрусевич // Автомобильные дороги и мосты. – 2024. – № 1. – С. 4–13.

4 Заявка № а 202202216, МПК E01C 19/26 (2006.01). Способ обеспечения работы машины для распределения жидких дорожно-строительных материалов : заявлено 07.09.2022 : опубл. 20.04.2024 / Петрусевич В. В., Кацубо П. А., Доломанюк Р. Ю. ; заявитель Белорус. гос. ун-т трансп.

УДК 625.142.21

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШПАЛ

А. И. СТАНКЕВИЧ, В. В. ДАШКУН

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Тема надежности и долговечности железнодорожной инфраструктуры была и остается критически важной для экономики и безопасности любой страны. Сердцем верхнего строения пути является шпала – элемент, воспринимающий и передающий динамические нагрузки от подвижного состава на балласт. Долгое время эта позиция безраздельно принадлежала деревянным и железобетонным шпалам. Однако сегодня мы стоим на пороге новой эры, где современные материалы и технологии кардинально меняют наши представления о долговечности, экологичности и экономической эффективности.

Для понимания контекста кратко рассмотрим эволюцию.

Деревянные (традиционные) – исторически первые. Достоинства: упругость, простота обработки, хорошее сцепление с балластом. Недостатки: горючесть, подверженность биологическому разложению, ограниченный срок службы (15–25 лет), растущий дефицит и стоимость качественной древесины.

Железобетонные (доминирующие) – стандарт для магистральных линий с середины XX века. Достоинства: высокая прочность, долговечность (40–50 лет), стабильность геометрии пути, негорючесть. Недостатки: большая масса, высокая жесткость (требует применения амортизирующих прокладок), сложность обработки, проблемы с электроизоляцией и утилизацией.

Возникают ключевые вызовы: ресурс, вес, экология, стоимость жизненного цикла. Ответом на них становятся современные композитные материалы.

Основным вектором развития стали *полимерные композитные шпалы*, изготавливаемые методом переработки вторичных материалов и усиленные армирующими волокнами.

Систематизируя преимущества через детальное сравнение трех основных типов шпал. Этот анализ позволит наглядно увидеть, как современные композитные решения позиционируют себя относительно традиционных материалов.

Срок службы. Железобетон: 40–50 лет. Деревянные: 15–25 лет, зависит от породы дерева и эффективности пропитки. Композитные (полимерные): более 50 лет. Это прогнозируемый срок, основанный на их устойчивости к гниению, коррозии и другим видам биологического и химического разрушения.

Вес и масса. Железобетон: высокий (порядка 250–300 кг). Большая масса обеспечивает стабильность, но усложняет логистику и монтаж. Деревянные: низкий. Легкость упрощает транспортировку и укладку. Композитные (полимерные): средний или низкий. Они существенно легче железобетонных – на 40–50 %, что сохраняет преимущества в монтаже, обеспечивая при этом необходимую прочность.

Экологичность и воздействие на окружающую среду. Железобетон: создают проблемы на этапе утилизации. Бетонный лом сложно переработать, а армирование требует специальных методов разделения. Деревянные: их производство связано с вырубкой леса. Хотя древесина – возобновляемый ресурс, вопросы устойчивого лесопользования и химической пропитки остаются актуальными. Композитные (полимерные): высокая экологичность. Их ключевое преимущество – использование вторичного сырья (переработанных пластиков). В конце жизненного цикла они, как правило, подлежат полной переработке, замыкая цикл и снижая нагрузку на полигоны.

Устойчивость к внешним воздействиям. Железобетон: устойчивы к щелочам, но подвержены коррозии стальной арматуры при повреждении защитного слоя бетона. Деревянные: чрезвычайно уязвимы к влаге, грибкам,

плесени и насекомым-древоточцам, что требует интенсивной химической защиты. Композитные (полимерные): обладают всепогодностью. Демонстрируют выдающуюся устойчивость к влаге, широкому спектру химических веществ (масла, топливо, противогололедные реагенты) и абсолютно биостойки (не гниют, не привлекают насекомых и грызунов).

Обработка и монтаж. Железобетон: обработка сложная. Для сверления или резки требуется специальный мощный инструмент. Монтаж осложняется большим весом. Деревянные: обработка очень простая. Их легко пилить, сверлить и подгонять на месте. Композитные (полимерные): обработка простая. По аналогии с деревом, их можно относительно легко пилить и сверлить стандартным инструментом, что удобно при монтаже и подгонке.

Электропроводность и безопасность. Железобетон: проводят электрический ток (за счет арматуры), что на электрифицированных линиях требует применения дополнительных изолирующих элементов. Деревянные: являются естественным диэлектриком, обеспечивая электроизоляцию. Композитные (полимерные): являются диэлектриком. Это их важное преимущество, которое повышает безопасность работы на путях и упрощает конструкцию пути на электрифицированных участках.

Демпфирующие свойства (подавление вибрации и шума). Железобетон: низкое демпфирование. Высокая жесткость может приводить к повышенным вибрациям и шуму, передаваемым на основание и окружающую среду. Деревянные: высокое демпфирование. Природная упругость дерева эффективно гасит вибрации и снижает шум. Композитные (полимерные): высокое демпфирование. По своим амортизирующим свойствам близки к дереву, что позволяет эффективно снижать шум и вибрацию от подвижного состава, особенно в городской черте.

Стоимость и экономика. Железобетон: средняя стоимость закупки. Относительно низкая начальная цена делает их экономичным выбором для массового применения. Деревянные: стоимость постоянно растет из-за увеличения цены на качественную древесину и услуги пропитки. Композитные (полимерные): высокая первоначальная закупочная стоимость, но низкая стоимость жизненного цикла (Life Cycle Cost, LCC). Несмотря на большую цену при покупке, их экстремальная долговечность, минимальные затраты на обслуживание и ремонт, а также отсутствие необходимости в частой замене делают их экономически выгодным решением в долгосрочной перспективе (20–50 лет).

Ключевые конкурентные преимущества композитов.

Долговечность и неприхотливость: не бояться влаги, масел, перепадов температур, солей для плавления снега.

Экологический вклад: решают две проблемы (утилизация пластиковых отходов и сохранение лесных ресурсов).

Экономика жизненного цикла (LCC): при более высокой начальной стоимости они требуют меньших затрат на обслуживание, ремонт и замену, что в долгосрочной перспективе (30–50 лет) оказывается выгоднее.

Безопасность и комфорт: диэлектрические свойства снижают риск поражения током. Лучшее демпфирование уменьшает шум и вибрацию в жилых зонах.

Области применения и примеры внедрения: композитные шпалы не стремятся сразу заменить бетон на всех магистралях. Их внедрение носит стратегический и точечный характер:

Сложные и коррозионные среды: мосты, тоннели, депо, участки вдоль морских побережий, промышленные зоны с агрессивными стоками.

Участки с особыми требованиями: стрелочные переводы (где важна сложная форма и износостойкость), бесстыковой путь (для равномерного распределения напряжений).

Скоростные и городские магистрали: где критически важны снижение вибрации и шума.

Вторичные и промышленные пути: благодаря долговечности и простоте монтажа.

Мировой опыт: активно внедряются в США, Канаде, Германии, Японии, Великобритании, Австралии. Например, немецкие железные дороги (DB) используют их на мостах и в тоннелях, а в Великобритании – на влажных и проблемных участках пути.

Вызовы и перспективы развития: несмотря на потенциал, существуют и барьеры:

Высокая первоначальная стоимость. Требует изменения подходов к расчету экономической эффективности.

Огнестойкость. Необходимо применение антипиренов и специальных составов.

«Консерватизм» отрасли. Железнодорожная отрасль требует длительных испытаний и апробации новых решений.

Стандартизация. Необходимо развитие единых национальных и международных стандартов качества.

Развитие «умных» шпал: интеграция в композитную структуру сенсоров для мониторинга напряжений, температуры, деформаций в режиме реального времени.

Новые композиты: использование более прочных и легких армирующих волокон (базальт, арамид), нанокompозитов.

Оптимизация рецептур и технологий для снижения себестоимости и адаптации под конкретные климатические и нагрузочные условия.

Современные материалы, в частности полимерные композиты, – это не просто альтернатива, а закономерный этап технологической эволюции в железнодорожном хозяйстве. Они предлагают комплексное решение, соче-

тающее экологическую ответственность, экономическую эффективность в долгосрочной перспективе и повышенные эксплуатационные характеристики. Переход к ним – это вопрос стратегического планирования, пересмотра норм и инвестиций в будущее. Это путь к созданию более устойчивой, безопасной и интеллектуальной транспортной инфраструктуры.

Список литературы

1 **Кацубо, П. А.** Применение современных средств инженерно-строительных изысканий при проведении практических занятий / П. А. Кацубо, Е. В. Печенев, В. В. Петрусевич // Сб. ст. VII Междунар. межвуз. науч.-метод. конф., Санкт-Петербург, Петергоф, 28 дек. 2021 г. / Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева, 2021. – С. 68–73.

2 **Власов, С. П.** Композитные материалы в транспортной инфраструктуре: применение полимерных шпал / С. П. Власов, А. А. Карпенко // Инновации в строительстве и транспорте. – 2021. – Т. 8, № 2. – С. 45–52.

3 **Калинин, М. Ю.** Экономика жизненного цикла (LCC) инфраструктурных объектов: подход к оценке композитных шпал / М. Ю. Калинин // Экономика транспорта. – 2022. – № 3. – С. 78–85.

4 **Ломакина, Е. В.** Экологические аспекты использования переработанных пластиков в производстве строительных материалов / Е. В. Ломакина // Экология и промышленность России. – 2021. – № 11. – С. 32–37.

5 **Смирнов, А. К.** Перспективные материалы для шпал: от бетона к композитам / А. К. Смирнов // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 6. – С. 38–41.

6 Справочник инженера путевого хозяйства. – М. : Транспорт, 2018. – Гл. 3. Материалы для верхнего строения пути.

7 **Федоров, И. Г.** Огнестойкость и термостабильность полимерных композитов в строительных конструкциях / И. Г. Федоров // Пластические массы. – 2020. – № 5–6. – С. 57–61.

УДК 625.14

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ ВО ФРАНЦИИ: РАЗВИТИЕ РЕЛЬСОВ И ШПАЛ, МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА

И. В. СТЕПАНОВ, В. А. ПОТАПЧЕНКО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Франция обладает одной из самых передовых и высокоскоростных железнодорожных сетей в мире, культовым символом которой являются поезда TGV (Train à Grande Vitesse). Такая эффективность и скорость невозможны без тщательно продуманной и технологичной инфраструктуры, в частно-

сти, верхнего строения пути – комплекса элементов, непосредственно воспринимающих нагрузку от колес и передающих ее на нижнее строение (земляное полотно). В данном докладе рассматриваются ключевые характеристики верхнего строения французских железных дорог, эволюция рельсов и шпал, используемые материалы, а также передовые технологии укладки пути, которые позволили Франции стать лидером в области железнодорожного транспорта. Особое внимание уделяется современным инновациям и перспективным разработкам.

Рельсы: Стандарт UIC 60 и технология длинных плетей.

Основой французского пути, особенно на высокоскоростных магистралях (LGV – Lignes à Grande Vitesse), является рельс типа UIC 60 (Международный союз железных дорог, тип 60).

Характеристики и профиль: это тяжелый тип рельса, обеспечивающий высокую стабильность пути при прохождении поездов на скоростях свыше 300 км/ч. Его номинальный вес составляет 60,21 кг на метр. Геометрические параметры профиля строго стандартизированы: высота рельса – 172 мм, ширина головки – 72 мм, ширина подошвы – 150 мм. Такая геометрия минимизирует контактные напряжения в зоне колесо-рельс.

Материал: рельсы изготавливаются из высококачественной марленовской стали. Стандарт предъявляет жесткие требования к химическому составу: содержание углерода 0,60–0,80 %, марганца 0,80–1,30 %, кремния до 0,60 %, серы и фосфора не более 0,025 % каждый. Это обеспечивает высокую износостойкость, предел текучести и усталостную прочность. Предел прочности такой стали находится в диапазоне 880–1030 МПа.

Технология производства и сварки: ключевым моментом является технология сварки. В заводских условиях (например, на заводе SNCF в Солоне) рельсы, поставляемые 80-метровыми секциями, свариваются в длинные плети (LWR – Long Welded Rails) длиной до 400 метров. Это позволяет минимизировать количество стыков, которые являются самым уязвимым местом пути. Доставка таких длинных плетей осуществляется специальными поездами к месту укладки. На линии используется преимущественно алюминотермитная сварка для соединения плетей в полевых условиях, что дает высокое качество стыка.

Эволюция шпал: от дерева к высокоточному железобетону.

Традиционно во Франции, как и в других странах, использовались деревянные шпалы (пропитанные маслом или креозотом). Однако для высоких нагрузок они были признаны недостаточно эффективными. Современная французская сеть демонстрирует переход к более совершенным решениям.

Материалы прошлого: дерево (в основном бук или дуб) использовалось из-за дешевизны и эластичности. Однако срок службы деревянной шпалы составляет 15–25 лет, и существует экологическая проблема, связанная с пропиткой креозотом, которая может быть запрещена в ЕС. Сегодня деревянные шпалы сохраняются лишь на второстепенных линиях.

Современный стандарт: на подавляющем большинстве линий LGV и интенсивных грузовых магистралях используются железобетонные шпалы. Они тяжелее (до 320 кг против ~100 кг у деревянных), что обеспечивает лучшее сопротивление сдвигу и стабильность геометрии пути при высоких скоростях.

Специфическая французская конструкция: двухблочная шпала. Франция известна использованием двухблочных (сдвоенных) шпал, особенно типа U41. Эта конструкция состоит из двух отдельных бетонных брикетов, соединенных стальным стержнем (балкой). Такая шпала легче монолитной (примерно на 30 %), что упрощает логистику и укладку, но при этом сохраняет необходимую жесткость пути. Например, на линии TGV Средиземноморье использовались: *U41 twin-bloc* (двухблочные) для основных путей, U41 monobloc (монолитные) на стрелочных переводах и U413 monobloc для мостов и виадуков. Бетон для шпал имеет класс прочности не ниже C50/60 и армируется высокопрочной проволокой, подвергнутой предварительному напряжению.

Балластный слой и крепления. Балласт: в отличие от некоторых стран, переходящих на безбалластный путь (плиты), Франция традиционно использует щебеночный балласт. Для высокоскоростных линий используется дробленый вулканический камень (часто гранит или порфирит) особой твердости. Толщина балластного слоя под шпалой составляет минимум 350 мм, а норма расхода – 4,7 тонны на метр пути. Фракция щебня – 31,5–63 мм. Балластная призма имеет два слоя: защитный (песчано-гравийная подушка) и основной (щебень).

Промежуточные крепления: важной характеристикой французского пути является использование «дважды упругих» креплений. Конструкция включает резиновую подкладку под рельс (для гашения вибраций) и упругий зажим (клипсу) в виде шпильки, который фиксирует рельс к шпале, обеспечивая необходимую гибкость соединения. Наиболее распространенная система – Nabla (тип «набла»), обеспечивающая сопротивление сдвигу рельса до 12 кН на одну нить. Это позволяет сохранять стабильность колеи при температурных удлинениях.

Технология укладки и обслуживания пути. Французские железные дороги внедрили высокомеханизированные методы строительства и ремонта пути.

Путеукладочные поезда: используются специализированные составы, такие как Poseuse à grande vitesse (PGV), способные укладывать до 1,5 км пути в день. Процесс включает размотку рельсовых плетей с барабанов, автоматическую раскладку шпал, сборку рельсошпальной решетки и последующую выправку пути.

Динамическая стабилизация: после укладки балласт уплотняется динамическими стабилизаторами (например, машинами Plasser & Theurer), которые создают вибрацию, заставляя щебень переориентироваться и достигать максимальной плотности.

Текущее содержание: во Франции широко применяются рельсошлифовальные поезда (например, Speno), которые периодически восстанавливают профиль головки рельса, удаляя поверхностные дефекты (волнистость, выкрашивание). Это продлевает срок службы рельсов в 1,5–2 раза.

Инновации: бесстыковой путь нового поколения (Slab Track) и низкоуглеродные технологии.

Современная тенденция во Франции – разработка экологичных и надежных безбалластных технологий для снижения затрат на обслуживание. Компании SYSTRA и STRADAL разработали новую систему Slab Track.

Концепция: это бетонная плитная технология (без щебня), которая полностью собирается из предварительно напряженных низкоуглеродных бетонных блоков на заводе. Блоки имеют длину около 6 метров и соединяются между собой по принципу «шип-паз».

Преимущества: *экологичность* – использование низкоуглеродного бетона (снижение выбросов CO₂ до 30 %) и сокращение выбросов при строительстве за счет отсутствия карьеров щебня. *Дренаж* – конструкция приподнята на 10 см над основанием, что позволяет воде свободно проходить, не заливая путь, и даже служит проходом для мелких животных. *Ремонтопригодность*: система позволяет компенсировать просадки земляного полотна до 100 мм без серьезного демонтажа – это революционное решение, так как традиционные плитные технологии (например, японская Shinkansen) не обладают такой гибкостью.

Статус внедрения: первые пилотные участки длиной 4 км уже уложены на линии TGV Est européenne. Ожидается, что к 2030 году до 20 % новых высокоскоростных линий Франции будут построены по этой технологии.

Верхнее строение путей во Франции – это продукт десятилетий инженерной мысли, ориентированной на высокоскоростное движение и снижение стоимости жизненного цикла.

Рельсы представлены тяжелым стандартом UIC 60, сварным в длинные плети, что обеспечивает плавность хода и минимизацию стыков.

Шпалы эволюционировали от дерева к высокоточному железобетону, причем французской «фишкой» является двухблочная конструкция (U41), сочетающая легкость монтажа с жесткостью и ремонтопригодностью.

Технологии включают использование вулканического щебня с глубокой подушкой, высокомеханизированную укладку и динамическую стабилизацию. Активно ведутся работы по внедрению безбалластных систем нового поколения (Slab Track), которые решают экологические проблемы и проблемы затопления, общая снижение затрат на обслуживание в будущем.

Перспективы: Франция планирует к 2040 году полностью отказаться от деревянных шпал на национальной сети и перевести 50 % линий LGV на системы с цифровым мониторингом состояния пути (IoT-датчики на креплениях).

Таким образом, Франция продолжает удерживать лидерство, балансируя между классическими проверенными решениями (балласт, UIC60) и внедрением смелых инноваций (низкоуглеродные плиты, автоматизированная диагностика).

Список литературы

1 Voie Ferrée : Normes Techniques et Matériaux. Direction de l'Ingénierie // SNCF Réseau. – Paris : SNCF Éditions, 2020. – Гл. 3: Les rails UIC 60 et leur soudage. С. 45–67.

2 UIC Code 719 R: Design of High-Speed Railway Tracks // UIC (International Union of Railways). – Paris : UIC Publications, 2019. (Разделы 2.2.1 – 2.2.4: характеристики рельсов и шпал).

3 **Profil, S.** Les traverses en béton à deux blocs : l'exception française / S. Profil, L. Durand // Revue Générale des Chemins de Fer. – 2018. – № 135 (4). – P. 22–34.

4 Low-Carbon Slab Track System for High-Speed Lines – Technical Brochure // SYSTRA Group. Levallois-Perret: SYSTRA Ingénierie, 2022. (С. 8–15: описание системы Slab Track).

УДК 625.25

ЯМОЧНЫЙ РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОРОЖНЫХ РЕМОНТЕРОВ СТРУЙНО-ИНЪЕКЦИОННОГО ТИПА

В. В. ТОМАШОВ, В. В. ПЕТРУСЕВИЧ, С. М. ДЕРЕВЯШКИН

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Дорожное покрытие требует постоянного обслуживания и ремонта, в особенности в городской черте, где ежедневно на дорогах происходит огромный транспортный поток. Чтобы ямочный ремонт был выполнен правильно и качественно, необходимо использовать специальную дорожную технику, которая будет способна быстро и эффективно решить эту проблему [1].

С применением ямочного ремонтера MADROG MPA 6.5W дорожные организации смогли выйти на качественно новый уровень организации работ по устранению ям методом пневмонабрызга.

Ямочный ремонтер пневмонабрызгом MADROG MPA 6.5W польского производителя MADROG. Конструкция этой машины, предназначенной для устранения достаточно глубоких повреждений дорожного покрытия, собрала в себя ряд инновационных решений, предложенных европейскими инженерами. Одним из них является метод струйно-инъекционного пневмонабрызгивания битумной эмульсии и щебня. При этом предварительной подготовки реставрируемого участка дороги

другим техническим средством не требуется. Эта технология с успехом применима на всех типах асфальтобетонного покрытия, эксплуатируемых как в городе, так и вне его.

Данная модель MADROG MPA 6.5W представляет собой автономное оборудование, которое может быть смонтировано на шасси или прицепе (рисунок 1).

В конструкции MADROG MPA 6.5W предусмотрены две емкости: бункер для щебня и эмульсионный бак. Последний оснащен инновационным комплексом подогрева. Первичный нагрев его содержимого и стабилизация температуры осуществляется при помощи газовой горелки, работающей в авторежиме. Во время работы ремонтера нет потребности в ее использовании, так как поддержание температуры эмульсии обеспечивается с помощью теплообменника системы охлаждения силового агрегата. Бункер выполнен из прочной стали с антикоррозийной обработкой. Винтовой шнек для перемещения щебенки – из износостойчивой марки стали.



Рисунок 1 – MADROG MPA 6.5W

Высокопроизводительный ремонтер MADROG MPA 6.5W (рисунок 2) имеет следующие ключевые параметры: вместимость эмульсионного бака – $1,2 \text{ м}^3$, большой объем бункера для щебня – $6,5 \text{ м}^3$. Машина оборудована мощным двигателем японского бренда Kubota, отличающимся низким уровнем шума, компьютерным комплексом Siemens, эмульсионным насосом GVR, воздуходувкой Robushi, гидравликой датского производителя Danfoss.

Принцип работы дорожного ремонтера MADROG MPA 6.5W заключается в предварительной подготовке ремонтируемой зоны: чистке, удалении влаги, грунтовании эмульсией. Далее происходит заполнение выбоины смесью битумэмульсия + щебень. Для этого щебенка нужной фракции из бункера с помощью шнекового устройства направляется к воронке износостойкого цельного рукава. Далее этот сыпучий материал поступает через пневмоинжектор в резиновый рукав, оснащенный форсункой увлажнения. К распылителю последней из бака одновременно поступает эмульсионный состав. Опрысканная им внутри форсунки щебенка направляется посредством наконечника в место ремонта дорожного покрытия. Заполненный этой смесью ремонтируемый участок далее покрывается мелким щебнем.

При выполнении всех этих операций используется мощный поток сжатого воздуха. Применяя разные типы наконечников, можно заделать даже самые мелкие растрескивания дорожного покрытия. Разброс щебенки настолько мал, что совершенно безопасен для идущих неподалеку пешеходов. Эта модель оснащена стрелой, с помощью которой можно перемещать форсунку на расстояние до четырех метров. Итог – спустя пять минут после окончания ремонтных работ проезд по выровненной дороге допустим даже для грузовиков.

Управлять ямочным ремонтером MADROG MPA 6.5W очень просто. Для этого имеется эргономичный пульт, в котором сосредоточены все элементы координирования. Благодаря хорошо продуманной системе управления ремонтным процессом, оператор быстро и качественно выполняет поставленную перед ним задачу [2].

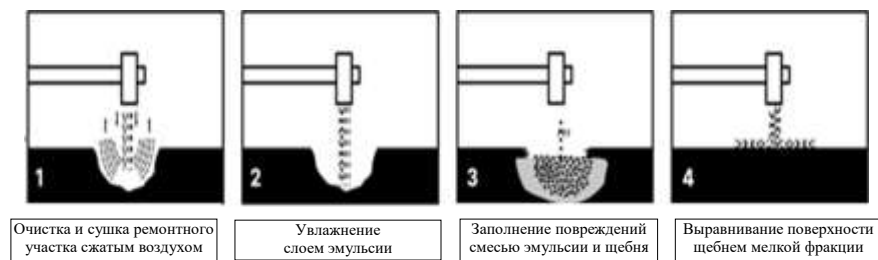


Рисунок 2 – Технология работы

Таким образом, преимущество использования данного ремонтного оборудования MADROG MPA 6.5W заключается:

- в отсутствии ручного труда;
- минимальных трудовых затратах и необходимости использовать выравнивающие и уплотняющие машины;
- возможности эксплуатации даже в холодное время года при условии очищения дороги от наледи и температуры воздуха не ниже плюс 3 °С.
- быстром старте: дорожная сеть готова к возобновлению движения через 5–10 мин после окончания работ.

Данное оборудование обеспечивает хорошее качество работ.

Список литературы

- 1 Булдаков, С. И. Основы эксплуатации и ремонт автомобильных дорог : монография / С. И. Булдаков. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2021. – 236 с.
- 2 Ямочный ремонтер // Гидротехинжиниринг. – URL: <https://hte.md/shop/madrog-road-machines/ямочный-ремонтер-madrog-madpatcher-mpa-6-5w/> (дата обращения: 02.03.2026).

ВНЕДРЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В АВТОМОБИЛЬНЫЕ МАСТЕРСКИЕ: ЭКОНОМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Н. С. ХОРШУНОВ, А. Ю. ЧИРВА

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Использование дизельных генераторов в передвижных мастерских сопровождается целым рядом проблем, которые снижают эффективность их работы. Прежде всего это высокий уровень шума и вибраций, который снижает комфорт труда и ускоряет износ оборудования. Экономическая сторона также вызывает трудности – постоянные расходы на топливо и техническое обслуживание делают эксплуатацию генераторов дорогостоящей, особенно при интенсивной работе. Кроме того, мастерские становятся зависимыми от регулярных поставок топлива, что усложняет логистику и ограничивает мобильность, особенно в удаленных районах, а при их неисправности мастерская теряет автономность и возможность выполнять задачи на месте.

Цель данной работы – идея замены дизельных генераторов в передвижных мастерских на солнечные батареи. Солнечные панели обеспечивают экологически чистую постоянную энергию что улучшает условия работы персонала. Кроме того, использование солнечных батарей позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы. В долгосрочной перспективе такие системы обеспечивают автономность мастерских, повышают их мобильность и делают работу более устойчивой и безопасной.

Замена дизельных генераторов на солнечные батареи в передвижных мастерских является рациональным и перспективным шагом. Такой переход позволяет устранить экологические и эксплуатационные недостатки традиционных установок, снизить затраты на топливо и обслуживание, а также повысить автономность и мобильность мастерских. В результате использование солнечных панелей обеспечивает более устойчивую, безопасную и экономически выгодную работу, соответствующую современным требованиям экологичности и энергоэффективности.

Автомобильные передвижные мастерские являются специальными автофургонами, предназначенными для проведения различных видов ремонтных работ непосредственно на месте их возникновения. Они представляют собой кузов-фургон, оборудованный всем необходимым ремонтным оборудованием. В вооруженных силах – для ремонта автотехники, танков, артиллерии и другого вооружения в полевых условиях и прямо на передовой. Гражданский транспорт и спецтехника. В строительстве, в коммунальном хозяйстве, в аварийных службах.

Благодаря шасси повышенной проходимости (например, ЗИЛ-131) такие мастерские работают и в труднодоступной местности, включая лес, бездорожье и зимние условия. Основной проблемой комплексов ПРМ является энергообеспечение (необходимость автономных источников и большие затраты на топливо).

Экономия на электроэнергии – собственная выработка может снизить или почти полностью закрыть расходы на свет, особенно если есть хранение (аккумуляторы) и/или сетевой возврат мощности.

Низкие эксплуатационные затраты – после установки панели почти не требуют обслуживания: достаточно периодически протирать загрязненные поверхности; срок службы обычно 20–25 лет.

Независимость от сети – в сочетании с аккумуляторами солнечная система дает автономность от частых отключений и возможных ростов тарифов на топливо.

В заключение хотелось бы написать, что использование солнечной энергии в мобильных мастерских открывает новые возможности для автономной работы, снижая зависимость от традиционных источников питания. Это особенно актуально для автосервисов на выезде, где требуется энергия для инструментов, диагностики и освещения, а также обеспечит экономию инвестиций за счет расхода топлива, которого требуется примерно 7000 л/год.

Список литературы

1 **Яринский, Б. А.** Настоящее и будущее солнечных батарей / Б. А. Яринский, Г. А. Яринский // Электронные системы и технологии : сб. материалов 59-й науч. конф., Минск, 17–21 апр. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т информ. и радиоэлектр. ; Минск, 2023. – С. 482–484.

2 Солнечное зарядное устройство без аккумулятора (Sunchees). Подбор панелей для прямого питания инструментов в полевых условиях // Sunchees. – URL: https://www.sunchees.com/ru/news/Industry-News/solar-charger-without-battery-practical-direct-solar-power-supply-guide.html?utm_source=perplexity (дата обращения: 20.03.2026).

Секция III
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ:
ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

УДК 37.041

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

В. А. АЛБУЛ

Учреждение образования

«Белорусская государственная академия связи», г. Минск

Высокие требования к уровню подготовки военных специалистов обуславливают необходимость повышения качества образовательного процесса. Цифровизация общества позволяет использовать новые технологии в обучении. Повышение качества образовательного процесса на военной кафедре реализуется посредством внедрения перспективных технологий.

На военной кафедре в образовательном процессе используются следующие перспективные технологии:

- платформа удаленного обучения;
- электронные тренажеры для работы на аппаратуре связи;
- электронные учебно-методические комплексы по дисциплинам.

Платформа удаленного обучения [1], предоставляя возможности дистанционного образования, нашла широкое применение на военной кафедре. Она позволяет охватить весь личный состав, включая тех обучаемых, которые отсутствовали на занятиях.

Материалы, размещенные на платформе удаленного обучения, позволяют: *обучаемому:*

- в случае пропуска занятия дополнить конспекты материалом по теме пропущенного занятия;
- изучить учебный материал занятия;
- изучить пояснения к вопросам занятий;
- ознакомиться с порядком выполнения практических действий и осуществить их отработку на тренажере, в электронном учебно-методическом комплексе;

- выполнить самоконтроль усвоения учебного материала и выявить вопросы, занятия или темы, которым необходимо уделить больше внимания, и при необходимости прибыть на консультацию для более глубокого изучения упущенных вопросов учебного материала;

преподавателю:

- осуществлять контроль за усвоением учебного материала по оценкам результатов для последующего регулирования хода учебного занятия и реализации взаимосвязи принципов обучения и воспитания;

- провести анализ и выявить обучаемых, не уделяющих необходимого внимания дисциплине во время самостоятельной подготовки, для выполнения последующей корректировки их активности; обучающихся, которые испытывают затруднения при изучении того или иного вопроса занятия или темы дисциплины для учета их особенностей (работоспособность, уровень подготовленности к освоению учебного материала) в ходе индивидуальной работы с обучаемыми (индивидуальные консультации); вопросы, занятия или темы дисциплины, которые вызывают наибольшие затруднения у обучаемых при изучении для конкретизации содержания обучения в плане занятия в зависимости от особенностей учебной группы и использования результатов в ходе групповых консультаций.

На военной кафедре организовано проведение научно-исследовательских работ по разработке электронных тренажеров и внедрению их в образовательный процесс. Электронные тренажеры для работы на аппаратуре связи в подготовке младших командиров и офицеров запаса используются при проведении практических занятиях по специальной подготовке на учебном месте в специализированном компьютерном классе. Их использование предоставляет следующие возможности:

- ознакомление обучаемых с назначением, тактико-техническими характеристиками и условиями функционирования аппаратуры связи;

- получение первичных навыков по настройке и эксплуатации аппаратуры связи без непосредственной эксплуатации последней, что снижает расход ресурса и эксплуатационных расходов, исключает возможность возникновения неисправностей из-за ошибок при настройке и эксплуатации;

- осуществление контроля знаний и умений обучаемых в настройке и эксплуатации аппаратуры связи;

- полного охвата обучаемых практическими действиями по работе на аппаратуре связи;

- работы обучаемого по настройке и эксплуатации аппаратуры связи вне плановых занятий в часы самостоятельной подготовки при наличии персонального компьютера.

Электронные учебно-методические комплексы (далее – ЭУМК) обеспечивают методически правильную подготовку и предоставление обучающимся учебного материала, управляя познавательной активностью обучаемых.

мых. Использование ЭУМК позволяет на этапе первичного взаимодействия преподавателя и обучаемых полноценно включить их в процесс изучения дисциплины.

ЭУМК предоставляют следующие возможности:

- введения в изучаемую дисциплину;
- более эффективного усвоения учебного материала посредством работы с текстовыми материалами, снабженными многочисленными перекрестными ссылками, подсказками, структурно-логическими схемами, позволяющими сократить время поиска необходимой информации, презентационными материалами, аудио- и видеоматериалами;
- контроля качества усвоения учебного материала.

С целью определения преимуществ и практической ценности использования рассмотренных перспективных технологий в образовательном процессе на военной кафедре были организованы и проведены педагогические эксперименты.

Задачами педагогических экспериментов ставились:

- проработка методик включения современных технологий в образовательный процесс и методов обучения с их использованием;
- анализ изменений познавательной деятельности обучающихся по результатам эксперимента;
- определение целесообразности использования рассмотренных технологий для активизации познавательной деятельности обучающихся.

Объектом исследования являлась эффективность использования в подготовке военных специалистов.

В результате анализа результатов исследований в контрольной и экспериментальной группах было установлено, что уровень подготовленности испытуемых группы, в которой использовались рассмотренные современные технологии, повысился на 30 %, активизировалась деятельность обучающихся в изучении предметов военной подготовки.

В то же время не следует останавливаться на достигнутом и заниматься самоуспокоением от результатов, необходимо рассматривать возможности по внедрению и других перспективных технологий, которые позволили бы продолжить работу по повышению эффективности обучения.

Список литературы

1 Образовательный портал Белорусской государственной академии связи : [сайт]. – Минск, 2015–2026. – URL: [https:// bsac.by](https://bsac.by) (дата обращения: 22.03.2026).

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИЗНОШЕННЫХ ЖЕСТКИХ И НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД МЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

М. В. БУДЬКО¹, Н. Н. ШКАБАРА², Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ³

¹КУП «Гроднооблдорстрой», ²КУП «Минскоблдорстрой»

Учреждение образования

³«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Плотность дорожной сети Республики Беларусь составляет около 420 км на 1000 км² – это один из самых высоких показателей среди стран СНГ. Из 86 тыс. км дорог общего пользования к местным автомобильным дорогам относится порядка 70 тыс. км. Техническое состояние многих участков местных дорог является неудовлетворительным ввиду целого комплекса причин, основной из которых является непостоянное народнохозяйственное значение. На подходах к малым населенным пунктам можно наблюдать частые трещины, ямочность, сетку трещин, разрушение крошки, просадки, частые заплатки и пр. Для цементобетонных покрытий дополнительно – разрушение деформационных швов, смещение плит по высоте, шелушение и выкрашивание дорожного бетона. Большой объем дефектности и, как следствие, снижение прочности подразумевают проведение капитального ремонта или полное переустройство дорожной одежды, требующих больших затрат. В то же время пропущенные межремонтные сроки, выбор конструкции или решения, не в полной мере соответствующих степени разрушения дорожной одежды, не позволяют эффективно использовать ресурсы дорожной отрасли.

Концепция восстановления работоспособности изношенных дорожных одежд местных автомобильных дорог с труднопрогнозируемым народнохозяйственным значением должна опираться на следующие принципы:

- максимальное использование существующего материала дорожной одежды;

- возможность усиления в перспективе;

- минимизация затрат на реализацию жизненного цикла дороги.

Предупреждение копирования дефектов старого покрытия на слои усиления представляет собой основную сложность при выборе технологии и конструкции при ремонте. Элементы утратившего сплошность и целостность трещиновато-блочного асфальтобетонного покрытия перемещаются под нагрузкой в вертикальной плоскости и изменяют свои размеры при колебаниях температур. В таком случае в слоях усиления неизбежно образо-

вание отраженных трещин. Отраженные трещины появляются над деформационными швами и при перекрытии цементобетонного покрытия слоями усиления из асфальтобетона суммарной толщиной до 15–18 см.

Регенерация асфальтобетонных покрытий используется в Беларуси редко, но потенциал технологии велик. Сдерживающий фактор – небольшое количество специализированных дорожно-строительных машин (ресайклеров). Холодная регенерация на дороге позволяет полностью использовать существующий материал в качестве материала для устройства слоя основания. Регенерированный слой перекрывается тонкослойным асфальтобетонным покрытием, поверхностной обработкой или слоем усиления (зависит от интенсивности и нагрузок). При росте нагрузок увеличивается количество слоев усиления. Подбор состава регенерированной смеси требует интенсивной работы как лаборатории, так и производственно-технического отдела [1]. В состав индивидуально подобранной смеси необходимо вводить множество добавок: для повышения прочности при работе на изгиб, восстановления свойств битума и др.

При восстановлении работоспособности цементобетонных покрытий методы регенерации не используются. Технология виброрезонансного разрушения ставит целью использование полученного цементогранулята в качестве материала основания, но его долговечность невелика. Цементогранулят как капиллярно-пористое тело быстро насыщается водой и разрушается под нагрузкой. Целесообразно сохранять изношенные цементобетонные покрытия и использовать их после устранения дефектов в качестве оснований, перекрытых выравнивающим слоем из асфальтобетонной смеси, с последующим устройством нового слоя из цементобетона.

Экономическая оценка принятых решений не должна учитывать только единовременные затраты на ремонт. Объективная оценка включает анализ затрат и на последующее содержание и ремонты. Например, холодная регенерация покрытия более затратна, чем традиционное фрезерование с устройством слоя усиления, а срок службы регенерированных покрытий до следующего капитального ремонта значительно выше.

Список литературы

1 Дудорга, В. А. О некоторых аспектах обеспечения надежности слоев дорожных покрытий из регенерированных асфальтобетонов / В. А. Дудорга // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 24–25 окт. 2019 г. / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.: М. Е. Лустенков [и др.]. – Могилев, 2019. – С. 123.

**СПОСОБЫ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
В ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО ОПЫТУ ФАКУЛЬТЕТА ГЕНЕРАЛЬНОГО ШТАБА
ВООРУЖЕННЫХ СИЛ**

В. Л. БУЯНОВСКИЙ, А. В. ЯКУНИН

Учреждение образования

«Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

Место учебно-методического комплекса (далее – УМК) в обеспечении высшего образования. Научно-методическое обеспечение высшего образования включает в себя [1]:

- учебно-программную документацию образовательных программ высшего образования (учебные планы, учебные программы, индивидуальные планы работы магистрантов, слушателей);
- программно-планирующую документацию воспитания (концепции непрерывного воспитания, программы непрерывного воспитания, комплексная программа воспитания, программа и план воспитательной работы);
- учебно-методическую документацию (методики преподавания, методические указания, методические рекомендации);
- учебные и иные издания;
- контрольно-измерительные материалы (задания для контроля результатов учебной деятельности обучающихся при проведении аттестации или поступления);
- информационно-аналитические материалы (официальная статистическая информация, справочники, справки, информационные письма, отчеты, доклады);
- методические указания по разработке учебно-программной документации образовательных программ высшего образования (требования к ее структуре, оформлению и содержанию).

Структурные элементы научно-методического обеспечения образования могут объединяться в УМК, положения о которых утверждаются Министерством образования.

Требования к УМК, его предназначение и структура [2]. УМК предназначен для реализации требований образовательных программ и образовательных стандартов высшего образования и создается по учебной дисциплине.

УМК может быть выполнен в печатном или электронном виде (далее – ЭУМК). УМК (ЭУМК), как правило, включает разделы:

- теоретический (материалы для теоретического изучения учебной дисциплины);

- практический (материалы для проведения лабораторных, практических, семинарских и иных занятий);
- контроля знаний (материалы текущей и итоговой аттестации, иные материалы, позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов);
- вспомогательный (элементы учебно-программной документации, программно-планирующей документации воспитания, учебно-методической документации, перечень учебных изданий и информационно-аналитических материалов, рекомендуемых для изучения учебной дисциплины).

Структурными элементами научно-методического обеспечения, которые могут объединяться в УМК (ЭУМК), являются: учебная программа; учебно-методическая документация; учебные, научные и иные издания; контрольно-измерительные материалы.

К использованию в образовательном процессе при подготовке кадров по специальностям (специализациям) для ВС РФ, других войск и воинских формирований РФ допускаются учебные издания по военно-специальным учебным дисциплинам, рекомендованные Министерством обороны РФ;

К УМК (ЭУМК) прилагается пояснительная записка (введение), отражающая цели УМК (ЭУМК), особенности структурирования и подачи учебной дисциплины, рекомендации по организации работы с УМК (ЭУМК).

Создание УМК (ЭУМК) включает в себя следующие этапы:

- разработку (УМК разрабатывается преподавателем соответствующей учебной дисциплины. Разработка УМК включается в индивидуальный план учебно-методической работы преподавателя на текущий учебный год);
- рецензирование (осуществляется кафедрой другого учреждения образования и специалистом в соответствующей области знаний. Решение об определении рецензентов принимается начальником факультета);
- согласование (при получении двух положительных рецензий УМК представляется на согласование начальником кафедры и начальником факультета);

– утверждение (УМК с приложением рецензий, выписки из протокола заседания кафедры предоставляется в учреждения образования (научно-методический совет), который осуществляет его утверждение с оформлением протокола, номер и дата которого указываются на титульном листе УМК).

Вариант ЭУМК по дисциплине «ТехО войск в ПД» и его некоторые интерактивные возможности представлены на рисунке 1.

Способы интеграции научной составляющей в ЭУМК.

1 Приведение результатов проведенных на ФГШ ВС научных исследований, соответствующих теме занятия (перечисление тем, соответствующих МД, разработанных за последние пять лет, и их кратких результатов).

2 Доведение опыта выполнения мероприятий ТехО в ходе СВО по публикациям в научных изданиях РФ, соответствующих теме занятия (пере-

числение тем, соответствующих статей в «Вестнике Военной академии материально-технического обеспечения МО РФ», изданных за последние три года и их кратких выводов).

3 Приведение результатов проведенных в ВС РФ научных исследований, соответствующих теме занятия (перечисление тем, соответствующих КД, ДД и НИР, выполненных за последние пять лет, и их кратких результатов, а также тем соответствующих статей в «Вестнике ВАРБ» и «Сборнике научных статей ВАРБ», изданных за последние три года, и их кратких выводов).



Рисунок 1 – Раздел «Курс лекций» ЭУМК по дисциплине «ТехО войск в ПД»

Порядок расчета эффективности внедрения научной составляющей в ЭУМК представлен на рисунке 2.

Способ внедрения научной составляющей в ЭУМК	Результат внедрения научной составляющей в ЭУМК	Затраты (проблемы) внедрения научной составляющей в ЭУМК	Эффективность внедрения научной составляющей в ЭУМК
1 (ИД «ГШ ВС»)	8 (ИД «ГШ ВС»)	5 (ИД «ГШ ВС»)	1,6
2 (Вестник ВАРБ)	10 (ИД «ГШ ВС»)	7 (ИД «ГШ ВС»)	1,4
3 (ИД НИР Вестник ВАРБ)	8 (ИД «ГШ ВС»)	7 (ИД «ГШ ВС»)	1,1

Рисунок 2 – Эффективность внедрения научной составляющей в ЭУМК

Таким образом, интеграция научной составляющей в ЭУМК по учебной дисциплине позволяет:

- выполнить требования Кодекса об образовании, образовательных программ и образовательных стандартов по научно-методическому обеспечению высшего образования;
- обеспечить получение знаний обучаемыми с использованием опыта СВО, проведения научных исследований на ФГШ ВС, ВА РБ и НИИ ВС РБ;
- обеспечить повышение качества получения высшего образования;
- исключить конфликт интересов педагогических работников.

Список литературы

1 Кодекс Республики Беларусь об образовании : 13.01.2011 г. № 243-З : в ред. Закона Респ. Беларусь от 14.01.2022 г. № 154-З с изм. от 09.12.2025 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=hk1100243> (дата обращения: 25.03.2026).

2 Положение об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования : постановление М-ва образования Респ. Беларусь от 08.11.2022 г. № 427 // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22239048> (дата обращения: 25.03.2026).

УДК 624.25:371.3

ПРИОБРЕТЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МОСТОВ

Д. В. ГЛАДКИЙ, Р. Р. АБЫЕВ, А. Ю. ГОРОХОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Военно-транспортный факультет принимает непосредственное участие в данном направлении деятельности транспортных войск и пограничной службы Республики Беларусь по разработке проектной документации по строительству объектов до практического участия в их строительстве в ходе выездных практических занятий, а также практик и стажировок. Один из последних капитальных мостов длиной более 100 м.

Офицеры и курсанты Военно-транспортного факультета в рамках научной деятельности осуществляют работу над инновационными проектами, такими как разработка уникального, не имеющего аналога в Республике Беларусь металлического вантового пешеходного моста, на всех стадиях создания: конструирование, расчет, изготовление, испытание несущих элементов, возведение.

Работа над созданием проектов мостовых сооружений дала толчок в развитии на факультете направления по проведению полевых испытаний

разработанных конструкций с использованием современных приборов неразрушающего контроля.

При проведении стажировки выпала честь участвовать в строительстве низководного деревянного моста на реке Словечно. Строительство моста оказалось очень интересным и полезным занятием, в ходе подготовки к строительству НДМ курсантами ВТФ была внедрена расчетная программа, разработанная в базе Microsoft Excel, суть работы которой заключается во внесении расчетных данных и основных показателей мостового перехода. При внесении этих данных производится автоматический расчет потребностей материальных средств (пиломатериалов и крепежных элементов).

Данное внедрение позволяет в кратчайшие сроки производить расчет материалов, что в дальнейшем сократит время на производство оперативно-тактических расчетов и принятие решения командирам подразделения при организации строительства моста, которое пригодится в нашей профессии. При постройке моста было задействовано много сил и средств. Постройка моста осуществлялась мостостроительной установкой УСМ-2. Которая служит для забивки свай и надвигки пролетных строений моста. В проектировании низководного деревянного моста принимали участие выпускники Белорусского государственного университета транспорта и другие офицеры Государственного пограничного комитета Республики Беларусь.

Список литературы

1 **Казаков, Н. П.** Передовые технологии и материалы при проектировании и строительстве мостов / Н. П. Казаков, О. В. Сабуров, Б. Б. Дудурич // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2024. – № 3 (31). – С. 261–263.

2 **Ожиганов, А. А.** Строительство деревянного моста через реку / А. А. Ожиганов // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2023. – № 1. – С. 78–81.

3 **Кацубо, П. А.** Использование научных экспедиций при подготовке военных инженеров / П. А. Кацубо, В. В. Петрусевич // Пути совершенствования подготовки курсантов и студентов в учреждениях высшего образования : материалы Междунар. науч.-метод. конф., Гомель, 26–27 мая 2023 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2023. – С. 69–70.

4 **Доломанюк, Р. Ю.** Научно ориентированная экспедиция как форма подготовки военного специалиста / Р. Ю. Доломанюк, П. А. Кацубо // Инновационные технологии в педагогике высшей школы : материалы VIII Междунар. межвуз. науч.-метод. конф., Санкт-Петербург, Петергоф, 28 дек. 2021 г. / Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – СПб., 2022. – С. 81–85.

ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Р. Ю. ДОЛОМАНЮК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Часто недостаточно последовательно взаимосвязанных действий преподавателя на занятиях для полного обеспечения усвоения обучающимся темы дисциплины. Одним из методов повышения объема знаний курсантов или студентов является процесс с применением совокупности телекоммуникационных технологий, цель которого предоставить возможности обучаемым освоить основной объем требуемой им информации без непосредственного контакта обучаемых и преподавателей в ходе процесса самостоятельного обучения.

Так, на военно-транспортном факультете для специалистов инженерных специальностей начали разрабатываться комплексы практических и методических программ дистанционного обучения по курсам дисциплин (рисунок 1).

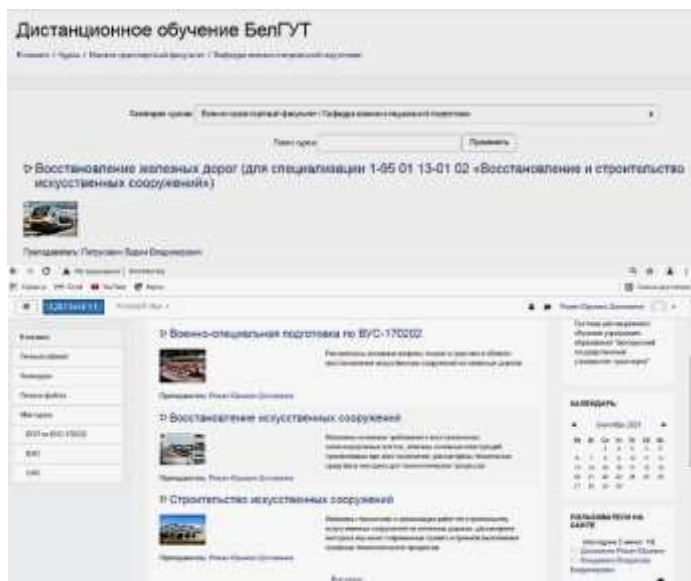


Рисунок 1 – Дистанционное обучение

В данные комплексы входят лекционная тематика, практические методики расчетов строительства и восстановления сооружений, а также тестирующие программы для контроля обучающихся по освоению тем дисциплины (рисунок 2).

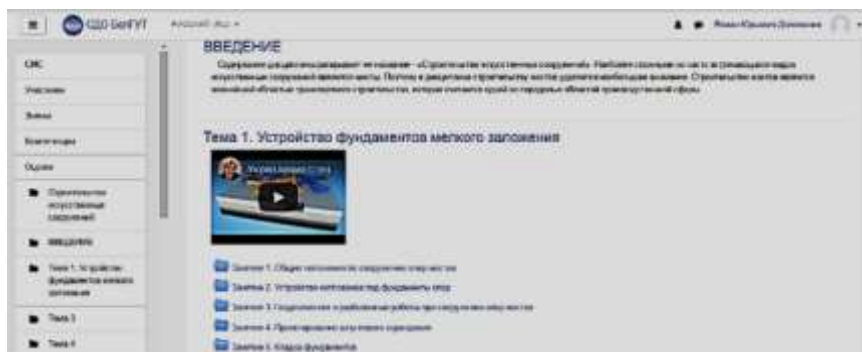


Рисунок 2 – Дисциплина «Строительство искусственных сооружений»

Преподаватель на базе сайта учреждения образования создает свой личный кабинет. Где самостоятельно вносит необходимую информацию по дисциплине с моментальным отображением на странице сайта университета. Данная работа не требует каких-либо серьезных знаний в области программирования или работы онлайн. Требуется только выход в сеть (рисунок 3).

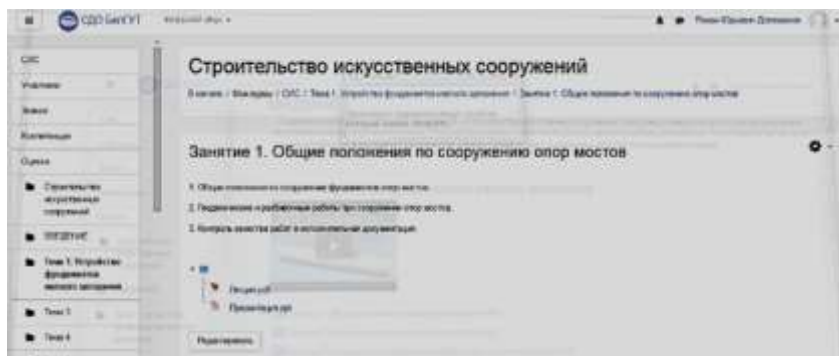


Рисунок 3 – Онлайн-обучение дисциплине

Текстовая информация, презентации или контрольные (тестирующие) занятия оформляются в стандартном редакторе *Microsoft Office* с дополнительным применением *iSpring QuizMaker* (рисунок 4).

Большие возможности использования современных продуктов доведения информации по специальности до обучаемого позволяют расширять возможности преподавателя в образовательном процессе.



Рисунок 4 – Программа iSpring QuizMaker

Дистанционное образование открывает двери курсантам и студентам к нетрадиционным источникам получения информации, повышает их эффективность в самостоятельной работе, дает совершенно новые возможности для раскрытия творческих, обретения и закрепления различных профессиональных навыков, а преподавателям позволяет реализовывать совершенно новые формы и методы обучения с применением новейших методик моделирования явлений и процессов.

Список литературы

1 **Узунова В. Г.** Проект «Виртуальная Кунсткамера»: задачи конструирования мультимедийного продукта в контексте анализа потребностей и восприятия посетителей музея / В. Г. Узунова, Т. Г. Богомазова // Музеи и информационное пространство: проблемы информатизации и культурное наследие : III ежегодн. конф. АДИТ. – Ярославль, 1999. – С. 64–68.

2 **Тиффин, Д.** Что такое виртуальное обучение. (Образование в информационном обществе) / Д. Тиффин ; пер. с англ. – М. : Информатика и образование, 1999. – 312 с.

3 **Солопов, П. Е.** Философские проблемы виртуалистики : автореф. дис. ... канд. филос. наук : 09.00.08 / Солопов Павел Евгеньевич. – М. : МГУС, 2000. – 22 с.

УДК 621.8:37.02

ОБУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫМИ МАШИНАМИ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОГРАММ

М. В. ДОМАШКЕВИЧ, В. А. БОНДАРИК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В современных условиях развития и совершенствования форм и методов обучения значительное место отводится применению технических информационных средств. Применение электронных программных комплексов в образовательной деятельности в настоящее время является неотъ-

емлемой частью в обучающем процессе. Практически во всех видах учебных занятий могут в той или иной степени использоваться электронные обучающие и тестирующие программы.

Электронные тренажеры – это многогранный способ обучения, который сочетает в себе большое количество функций. Различные виды тренажеров могут быть использованы для решения определенных задач. Каждые из них имеют свои преимущества и недостатки, а также целесообразность использования в той или иной ситуации.

Существуют различные виды электронных тренажеров:

- электронный интерактивный тренажер;
- электронный экзаменатор;
- демонстрационные электронные тренажеры;
- тренажеры, обучающие моторным навыкам;
- тренажеры, обучающие распознаванию образов.

Благодаря данным тренажерам у обучающихся развиваются навыки проектирования, монтажа, сборки систем, а также поиска неисправностей и ремонта оборудования.

В настоящее время в учреждениях образования существует множество электронных тренажеров и симуляторов для того или иного направления специальности в зависимости от специфики вуза. Также большое количество программ есть на просторах интернета. Рассмотрим несколько программных продуктов, схожих по интерфейсу и значению при обучении специалистов технических специальностей.

Интерактивный тренажер «Устройство грузоподъемных механизмов» предназначен для обучения машинистов кранов (крановщиков), машинистов крана автомобильного, а также формирования комплекса знаний об устройстве грузоподъемных кранов.

«Обучение» позволяет изучать устройство оборудования и его назначение: каждая деталь конструкции на трехмерной модели снабжена названием и описанием.

«Тестирование» помогает закрепить изученный материал при помощи интерактивного тестирования, которое заключается в идентификации верного элемента на трехмерной модели.

Симулятор «Тяжелый механизированный мост ТММ-3» предназначен для обучения наведения инвентарного инженерного оборудования через водные преграды.

В данном тренажере обучающийся посредством ПЭВМ управляет ТММ-3 и имеет возможность:

- 1) производить сборку пролетного строения механизированным путем;
- 2) изучать последовательность установки тяжелого механизированного моста и его составные части.

Данный симулятор интуитивно понятный и имеет минимальный интерфейс, что позволяет повысить визуализацию процесса наведения моста.

Вышеуказанные электронные комплексы демонстрируют процесс сборки, эксплуатации машин и оборудования, а также позволяют изучить их конструкции и основные элементы (тактико-технические характеристики).

Среда создания данных продуктов разная, что не позволяет систематизировать и стандартизировать данные продукты, а в дальнейшем и использовать их совместно.

На военно-транспортном факультете в учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» применяется электронный тренажер среднего автодорожного сборно-разборного моста, модернизированного САРМ-М.

Электронный тренажер САРМ-М (далее – тренажер) предназначен для обучения курсантов и студентов дорожно-мостовых специальностей в интересах транспортных войск Республики Беларусь, а также для разработки оптимальных инженерных решений по возведению автодорожного моста из табельного имущества САРМ-М на стадии проектирования силами инженерного аппарата дорожно-мостовой бригады транспортных войск Республики Беларусь.

Он также позволяет производить изучение устройства отдельных составных элементов среднего автодорожного моста САРМ-М, технологической последовательности его сборки и разборки, а также проектирование схемы моста САРМ-М с привязкой к гидрогеологическим условиям.

Использование данного тренажера продемонстрировало положительную динамику уровня подготовки обучающихся дорожно-мостовых специальностей, что является отличным показателем внедрения электронной программы в обучающем процессе.

Рассмотренные электронные тренажеры позволяют осуществлять подготовку специалистов и визуализировать процесс сборки (разборки), эксплуатации образцов ДСМ.

Внедрение электронных тренажеров и симуляторов в образовательный процесс, особенно в технических специальностях, представляет собой важный шаг к повышению качества подготовки обучающихся в учебных заведениях. Существующие программные комплексы в своем разнообразии и предназначениях позволяют производить обучение специалистов различного уровня.

Список литературы

1 Печенев, Е. В. 3D-визуализация как способ повышения эффективности занятий / Е. В. Печенев, П. А. Кацубо // Инновационные технологии в педагогике высшей школы : сб. ст. XI Междунар. межвуз. науч.-метод. конф., Санкт-Петербург,

27 дек. 2024 г. / Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева – СПб., Петергоф, 2025. – С. 11–14.

2 **Доломанюк, Р. Ю.** Использование средств информационно-коммуникативных технологий в образовательном процессе учреждения высшего образования / Р. Ю. Доломанюк, С. В. Кирик, И. С. Демидович // *Общественные и гуманитарные науки. Военная подготовка : материалы 88-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием)*, Минск, 29 янв. 2024 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2024. – С. 558–561.

УДК 375.23:378.016

РОЛЬ ИГРОВЫХ ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ВОЕННО-ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ КУРСАНТОВ

Е. И. КАПЦЕВИЧ, Д. Ю. МЯГКОВ

Учреждение образования

«Белорусская государственная академия авиации», г. Минск

В настоящее время руководством Вооруженных Сил Республики Беларусь предъявляются достаточно высокие требования к уровню подготовки выпускников военных учебных заведений. Выпускник вуза в соответствии с квалификационными требованиями должен обладать рядом военно-профессиональных компетенций, которые необходимы ему для исполнения обязанностей по первичной воинской должности.

В белорусской высшей военной школе сегодня успешно применяют следующие виды занятий с использованием игровых методов: групповых упражнений, тактико-специальных (командно-штабных) учений [1]. Перечисленные выше виды занятий хорошо известны и не нуждаются в подробной характеристике, поэтому главный акцент будет сделан на определении роли этих видов занятий в формировании военно-профессиональных компетенций и на условиях их эффективности.

Игры, применяемые в педагогической практике военных вузов, относятся к активным методам обучения. Это объясняется тем, что в них, как правило, преобладает продуктивно-преобразовательная деятельность курсантов.

В игре развивается продуктивное творческое поисковое мышление курсантов не вообще, а применительно к выполнению будущих должностных обязанностей и функций. В ходе учебной игры имеется возможность отменить решение, которое оказалось неудачным, вернуться назад и принять другой ряд решений, для того чтобы определить их преимущества и недостатки по сравнению с уже опробованными. При этом одна и та же

игровая ситуация может проигрываться несколько раз для того, чтобы дать возможность обучающимся побывать в разных ролях и предложить в них свои решения.

Учебные игры развивают и закрепляют у курсантов навыки самостоятельной работы, умение профессионально мыслить, решать задачи и вести управление коллективом, принимать решения и организовывать их выполнение.

В ходе игры у обучающихся вырабатываются следующие умения и навыки: сбора и анализа информации, необходимой для принятия решений; принятия решений в условиях неполной или недостаточно достоверной информации, оценки эффективности принимаемых решений; анализа определенного типа задач; установления связей между различными сферами будущей профессиональной деятельности; работы в коллективе, выработки коллегиальных решений с использованием приемов группового мышления; абстрактного и образного мышления как основы эффективного творческого использования системного подхода к исследованию процессов и явлений.

Игровые виды занятий способствуют приобретению у выпускников компетенций в следующих видах деятельности: ремонтно-эксплуатационной; организационно-управленческой; обучающей и воспитательной; служебно-боевой.

Курсанты приобретают следующие военно-профессиональные компетенции: организовывать работу воинских коллективов для достижения поставленных целей; составлять планирующую и отчетную документацию по установленным формам; взаимодействовать со специалистами смежных специальностей; анализировать и оценивать собранные данные; разрабатывать, представлять и согласовывать представляемые материалы; готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них; организовывать, планировать и руководить самостоятельной работой подчиненных; организовывать управление подразделением в боевых условиях; управлять подразделением в бою; разрабатывать и вести боевые документы, техническую, оперативную и отчетную документацию; обеспечивать выполнение требований безопасности при эксплуатации вооружения и техники, находящейся в подразделении.

Среди основных функций игрового обучения в вузе целесообразно выделить познавательную, исследовательскую, воспитательную, а также функцию контроля.

Необходимо указать, что игры в высшей военной школе являются одним из важнейших элементов волевой подготовки будущих офицеров. Участвуя в них, курсанты приучаются решать профессиональные задачи в сложных, близких к реальным, условиях, проходят своеобразную психологическую закалку.

Игры, как метод обучения, отличаются не только существенной активностью участников, но и большим, по сравнению с традиционными метода-

ми, интеллектуальным и психическим напряжением курсантов. Военные преподаватели, разрабатывая, планируя и проводя игровые занятия, должны ясно представлять и учитывать их дидактические особенности.

Для военного преподавателя дидактические игры являются довольно трудоемким видом учебных занятий. Подготовка к их проведению требует как глубокого понимания процесса обучения в новых условиях, так и больших временных затрат педагога. Опыт показывает, что 1 час работы в группе из 15 человек над конкретной ситуацией средней сложности требует 12–15 часов подготовительной работы [1].

При оценке игр как метода обучения следует иметь в виду ряд обстоятельств.

По сравнению с другими методами обучения игры обладают одним неоспоримым преимуществом: свойством интегрировать полученные знания применительно к избранной профессии.

Однажды созданная хорошая игра может использоваться в течение многих лет как эффективный инструмент обучения нескольких поколений курсантов. Конечно, содержание игры должно ежегодно обновляться в соответствии с изменением содержания самой науки.

Игровые методы обучения, с помощью которых обучающиеся осваивают профессиональную деятельность и приобретают знания без прямого вмешательства или помощи педагога (последний остается как бы за сценой), – мощное средство пробуждения интереса к содержанию этой деятельности. В условиях увеличения доли самостоятельной работы курсантов игры представляют собой идеальную форму ее реализации.

Приобретение навыков принятия ответственных решений в обстановке условной практики. Обучение в игре может предотвратить реальные ошибки, которые возникают у будущих военных специалистов при переходе к самостоятельной профессиональной деятельности.

В игре процесс обучения можно успешно сочетать с задачами исследования, таким образом наглядно демонстрируя курсантам исследовательский метод в действии.

Приобретение опыта комплексной постановки проблемы, согласования индивидуальных приоритетов при групповом выборе решения и его реализации.

Развитие группового мышления, умения действовать в составе коллектива, добиваясь выработки обоснованного общего решения.

Опробование новых форм и правил, структуры управления, нормативов и методик, проверяя их, как на испытательном стенде, в качестве которого выступает сама игра.

Таким образом, учебные игры обладают широкими дидактическими возможностями. С их помощью можно формировать чрезвычайно широкий спектр умений, навыков и профессионально-значимых качеств личности

будущего офицера в зависимости от того, как организуется подготовка и проведение игры, какие мотивы закладываются в ее основу разработчиками и преподавателями.

Список литературы

1 Образцов, П. И. Дидактика высшей военной школы : учеб. пособие / П. И. Образцов, В. М. Косухин. – Орел : Академия Спецсвязи России, 2004. – 317 с.

УДК 355.469.34:615.2

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ВООРУЖЕННОГО КОНФЛИКТА КАК СРЕДСТВА ДОСТАВКИ МЕДИКАМЕНТОВ ДЛЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ТАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ

А. Л. МИХАЙЛОВСКИЙ, Ф. И. САЦУК

Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель

Под военной логистикой понимают четкую, бесперебойную систему снабжения подразделений боеприпасами, военной техникой, обмундированием, продуктами питания, медикаментами, горюче-смазочными материалами и управление этим перемещением для выполнения боевой задачи [1].

Актуальность применения беспилотных аппаратов (БА), таких как беспилотный летательный аппарат (БЛА), а также самоходный роботизированный комплекс (СРК), в условиях вооруженного конфликта с логистической целью на тактическом уровне значительно возросла, выйдя на новый уровень. Это связано с развитием современных технологий, которые позволяют не только применять БА, но и сохранять жизни военнослужащих.

Пример задач для БА с целью логистики, которые необходимо решать на тактическом уровне, доставка необходимых медикаментов и другого имущества. Дальнейшее совершенствование конструкций и боевого применения БЛА привели к тому, что в условиях вооруженного конфликта в Украине понятие «передний край» практически нивелировалось и образовались обширные «серые зоны», которые достигают до 20 км в глубину от линии боевого соприкосновения и продолжают стремительно расширяться [2]. И по мере увеличения этого расстояния стороны используют различные БА по доставке необходимого имущества до подразделений, такие как БЛА, так и СРК. С украинской стороны известно о широком применении СРК для различных целей, в том числе и логистических. В начале конфликта украинская сторона сталкивалась с различными проблемами в использовании таких комплексов:

недостаточный запас хода, низкая скорость передвижения, неустойчивая связь и др. Возникающие проблемы в дальнейшем постепенно решались как разработчиками, так и самими пользователями, проводились различные испытания с целью усовершенствования конструкции СРК производителями. В последнее время со стороны украинского командования одним из приоритетных способов эвакуации раненых с линии боевого соприкосновения, как и доставки необходимого имущества, названо использование СРК [3].

С российской стороны для доставки грузов также используют СРК, которые успешно справляются с поставленными задачами [4–6]. Кроме того, с боевой целью проводится успешное применение БЛА, которые способны также доставлять тяжелые различные грузы [7, 8].

В интернет-источниках представлено значительное количество видеодоказательств об огневом поражении СРК, что свидетельствует о достаточно широком распространении и актуальности их применения.

Использование БА требует значительного количества подготовленных операторов. В Российской Федерации проводится подготовка операторов БЛА в специализированных центрах, добровольческих организациях, специализированных вузах Министерства обороны. Государство вкладывает значительные средства в увеличение площадей для размещения организаций по подготовке операторов БА [9].

Для решения вопроса подготовки операторов БЛА в Республике Беларусь проводится обучение на специализированных курсах в военно-патриотических клубах, подразделениях ДОСААФ, а с 1 сентября 2025 года во всех белорусских вузах, где есть военная кафедра или военный факультет (а их – 16), планировалось открытие классов для подготовки операторов БЛА [10].

Таким образом, в Республике Беларусь создаются условия развития применения беспилотных аппаратов с различной целью, в том числе и для использования их по доставке необходимых медикаментов, другого имущества для подразделений тактического уровня. Так как в условиях современного вооруженного конфликта снабжение подразделений должно проводиться не только классическими способами, но и с использованием различных БА, дальнейшее совершенствование этой отрасли позволит не отставать от общемировых тенденций в применении БА, в том числе и в организации снабжения войск (подразделений) на поле боя.

Список литературы

1 Фролов, М. А. Военная логистика. Проблемы и их решения / М. А. Фролов // Студенческий научный форум. – URL: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014003096> (дата обращения: 06.04.2026).

2 «Вся территория страны». Почему «серая зона» СВО постоянно расширяется? // Газета.ру. – 2025. – 19 нояб. – URL: <https://www.gazeta.ru/army/2025/11/19/22049858.shtml> (дата обращения: 31.03.2026).

3 Сырский анонсировал появление в ВСУ тысяч наземных роботов // Lenta.ru. – 2025. – 18 авг. – URL: <https://lenta.ru/news/2025/08/18/syrskiy-anonsiroval-poyavlenie-v-vsu-tysyach-nazemnyh-robotov/> (дата обращения: 08.04.2026).

4 НТРК «Курьер» наладили непрерывный подвоз к позициям ВС РФ у Красного Лимана // ТАСС: информационное агентство. – 2026. – 31 марта. – URL: <https://tass.ru/armiya-i-opk/26376009> (дата обращения: 31.03.2026).

5 Боевую работу роты робототехнических комплексов в зоне СВО сняли на видео // Sputnik Беларусь. – 2026. – 3 февр. – URL: <https://sputnik.by/20260203/boevuyu-rabotu-rot-y-robototekhnicheskikh-kompleksov-v-zone-svo-snyali-na-video-1103990086.html> (дата обращения: 06.04.2026).

6 Бойцы СВО создали транспортер для доставки боеприпасов на передовую // Регион 29. – 2024. – 12 апр. – URL: <https://region29.ru/2024/04/12/6617e6894708287dda5d1562.html> (дата обращения: 31.03.2026).

7 Многоцелевой БПЛА «Перун» может перевозить груз массой до 200 кг // Военное обозрение. – 2024. – 17 июня. – URL: <https://topwar.ru/244529-mnogocелеvoj-bplaperun-mozhet-perevozit-gruz-massoj-do-200-kg.html?ysclid=muduww1w150309560333> (дата обращения: 06.04.2026).

8 Способный нести до 100 кг нагрузки дрон «Черный коршун – 15» вышел на испытания // Военное обозрение. – 2025. – 27 марта. – URL: <https://topwar.ru/274997-sposobnyj-nesiti-do-100-kg-nagruzki-dron-chernyj-korshun-15-vyshel-na-ispytaniya.html> (дата обращения: 30.03.2026).

9 На начало реконструкции здания бывшего авиатехникума нашли 280 млн // СарИнформ. – 2024. – 12 дек. – URL: <https://sarinform.ru/news/goszakaz/nachalo-rekonstruksii-zdaniya-byvshego-aviatehnikuma-nashli-280-mln> (дата обращения: 06.04.2026).

10 В каких вузах будут готовить операторов БПЛА и есть военные факультеты или кафедры // Куда поступать.бел. – 2023. – 26 окт. – URL: <https://kudapostupat.by/article/item/id/2794> (дата обращения: 06.04.2026).

УДК 330

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ РЕФОРМЫ В СИСТЕМЕ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ РЫНКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ В НИГЕРИИ

О. А. МОРАКИНИО, В. М. АНДРИАНЧИКОВА

Учреждение образования

*«Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Актуальность исследования обусловлена стремительным развитием цифровых технологий и необходимостью модернизации системы подготовки инженерных кадров в странах с развивающейся экономикой. Нигерия,

как крупнейшая экономика Африки, сталкивается с серьезными вызовами в области инженерного образования, что напрямую влияет на развитие национального рынка образовательных услуг [1].

Целью настоящего исследования является анализ влияния процессов цифровизации и институциональных реформ на развитие рынка образовательных услуг в сфере подготовки инженерных кадров в Нигерии и разработка рекомендаций по оптимизации данного процесса.

Современная система инженерного образования в Нигерии проходит через значительные трансформации. Внедрение цифровых технологий в учебный процесс, включая виртуальные лаборатории, системы дистанционного обучения и цифровые двойники технических объектов, создает новые возможности для повышения качества подготовки специалистов [2]. Однако эффективность данных инноваций во многом зависит от институциональной среды, в которой они реализуются.

Проведенный анализ показал, что ключевыми направлениями институциональных реформ являются: гармонизация образовательных стандартов с международными требованиями, создание национальной системы аккредитации инженерных программ, развитие государственно-частного партнерства в сфере образовательных услуг, а также формирование механизмов непрерывного профессионального развития (таблица 1) [3].

Таблица 1 – Основные показатели развития рынка образовательных услуг

Показатель	2019	2024
Число инженерных вузов	89	124
Студентов инженерных специальностей, тыс.	285	412
Доля онлайн-курсов, %	12	47
Объем рынка образовательных услуг, млн дол.	1,2	2,8

Цифровизация образовательных процессов способствует расширению доступа к качественному инженерному образованию, что особенно актуально для удаленных регионов Нигерии. Внедрение систем управления обучением (LMS), мобильных образовательных приложений и платформ массовых открытых онлайн-курсов (МООС) позволяет значительно увеличить охват обучающихся [4].

Институциональные реформы направлены на создание благоприятной среды для развития конкуренции на рынке образовательных услуг. Либерализация лицензирования образовательной деятельности, введение механизмов вочерного финансирования и развитие системы независимой оценки качества образования способствуют повышению эффективности функционирования рынка [5].

Особое значение имеет развитие международного сотрудничества в сфере инженерного образования. Участие нигерийских университетов в международных образовательных проектах, обмен студентами и преподавателями, признание дипломов и квалификаций способствуют интеграции национальной системы образования в глобальное образовательное пространство.

Таким образом, цифровизация и институциональные реформы являются ключевыми факторами развития рынка образовательных услуг в системе подготовки инженерных кадров в Нигерии. Эффективность данных преобразований зависит от согласованности технологических, организационных и нормативно-правовых мер, а также от активного участия всех заинтересованных сторон – государственных органов, образовательных учреждений, работодателей и профессиональных сообществ.

Список литературы

1 **Ойекан, К. А.** Цифровая трансформация образования в Нигерии: вызовы и перспективы / К. А. Ойекан // Вестник университетского образования. – 2024. – № 3. – С. 45–52.

2 **Аденире, Т. М.** Институциональные реформы в системе высшего технического образования / Т. М. Аденире // Образование и наука. – 2023. – № 8. – С. 112–118.

3 Федеральное министерство образования Нигерии. Национальная политика в области образования. – Абуджа, 2024. – 156 с.

4 **Белло, А. Ю.** Рынок образовательных услуг: тенденции развития / А. Ю. Белло // Экономика образования. – 2024. – № 2. – С. 78–85.

5 Engineering Council of Nigeria. Standards and Guidelines for Engineering Education in Nigeria. – Laroc, 2023. – 89 с.

УДК 355.422

МЕТОДЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ НА ЛИЧНЫЙ СОСТАВ ТЫЛОВЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

Ю. В. ПАВЛОВА, Д. Ю. МЯГКОВ

*Государственное учреждение образования
«Белорусский государственный университет», г. Минск*

Актуальность темы исследования обусловлена радикальной трансформацией характера современных военных конфликтов, в которых информационное пространство признано полноценным доменом ведения боевых действий наравне с сушей, морем и воздухом [2]. В условиях сетцентрических войн тыловые подразделения материально-технического обеспечения

(далее – МТО) перестают быть глубоким резервом и превращаются в приоритетную цель для высокотехнологичного информационно-психологического воздействия во время спецопераций (далее – ИПсО).

Опыт последних локальных конфликтов показывает, что противник смещает акцент с прямого огневого поражения логистических узлов на подрыв морально-психологического состояния личного состава, обеспечивающего подвоз материальных средств. Тыловики (водители, ремонтники, кладовщики) часто являются самым уязвимым звеном: они рассредоточены, часто пользуются личными смартфонами и находятся в зонах, где легко перехватить сигнал или вбросить фейк. Водитель транспортного средства, ремонтник или оператор склада, находясь в условиях стресса и информационного вакуума, становится наиболее уязвимым звеном в цепи снабжения группировки. Дезориентация личного состава тыла через личные средства связи, распространение панических слухов и использование технологий подмены реальности (дипфейков) способны парализовать логистику эффективнее, чем физическое разрушение дорожной инфраструктуры [5].

Объект исследования: система морально-психологического обеспечения и информационной безопасности подразделений материально-технического обеспечения в условиях активных боевых действий [1].

Предмет исследования: формы, методы и алгоритмы противодействия деструктивному информационно-психологическому воздействию на личный состав тыла со стороны технических и пропагандистских структур противника.

Цель работы: теоретическое обоснование и разработка комплексной модели защиты когнитивной сферы военнослужащих тыловых подразделений, направленной на сохранение устойчивости логистических цепочек в условиях тотального информационного противоборства.

Тыл – главная цель ИПсО:

- изоляция в пути: водитель в рейсе часто один или в малой группе, его легче напугать «засадой за поворотом»;

- эффект домино: если паникует один водитель – встает колонна, если встает колонна – фронт остается без снарядов;

- доступ к связи: в отличие от штурмовиков в окопах, у тыловиков чаще есть доступ к мобильной сети и мессенджерам.

1 Специфика «информационной мишени» в тыловых структурах.

В отличие от подразделений, находящихся непосредственно на линии боевого соприкосновения, личный состав тыла обладает специфическим профилем уязвимости. Водители транспортных колонн часто находятся в состоянии длительной сенсорной депривации и монотонного напряжения, что, согласно исследованиям военной психологии, существенно повышает внушаемость личности [4].

Рассредоточенность логистических маршрутов, растянутых на десятки и сотни километров, затрудняет оперативное доведение проверенной информации до каждой единицы транспорта. В этих условиях «вакуум информации» мгновенно заполняется деструктивным контентом противника. Использование гражданских навигаторов и личных мессенджеров для упрощения координации создает цифровые «бреши», через которые центры ИПСо внедряют таргетированные угрозы [3].

2 Типология угроз и сценарии воздействия.

Противник использует широкий инструментарий для дезориентации тыловиков, основываясь на методах государственного информационного доминирования [5].

Сценарий «Цифровое окружение». Массированный вброс дезинформации через геотаргетинг в социальных сетях о якобы глубоком прорыве фронта или уничтожении пунктов назначения. Цель – спровоцировать оставление техники и срыв поставок боеприпасов.

Технологии «Дипфейк» и аудиоимитация. Использование нейросетей для имитации голосов вышестоящего командования в радиозфере с целью отдать ложный приказ о смене маршрута в подготовленную засаду [6].

Геолокационный террор. Рассылка персональных угроз («Мы видим твою машину в точке X»), основанных на данных радиоперехвата, что подрывает психологическую устойчивость водителя [7].

3 Методы противодействия и «Когнитивный щит».

- информационная гигиена и «режим тишины»: технические регламенты изъятия или блокировки личных гаджетов в зонах риска; использование только защищенных терминалов связи;

- алгоритм «Верификация приказа»: внедрение системы паролей и контрольных вопросов, которые невозможно подделать голосом (кодовые слова дня, не связанные с уставом);

- психологическая «прививка»: предварительный инструктаж с показом реальных примеров фейков (когда человек знает, как его будут обманывать, он меньше поддается панике);

- контрпропаганда в реальном времени: создание официальных оперативных каналов информирования внутри подразделения, чтобы «вакуум информации» не заполнялся слухами от врага.

Также для нивелирования указанных угроз предлагается внедрение системы эшелонированной защиты. Важнейшим элементом является «информационная гигиена» – жесткие регламенты блокировки личных гаджетов в зонах риска [7].

Технический аспект защиты включает развертывание мобильных «пузырей» РЭБ вокруг колонн снабжения, которые подавляют гражданские стандарты связи, оставляя активными только защищенные военные терминалы [8]. Психологическая составляющая базируется на «информационных при-

вивках» – предварительном ознакомлении личного состава с примерами реальных фейков, что снижает уровень паники при столкновении с ними в боевой обстановке [6].

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы.

Успех логистики в современных конфликтах на 50 % зависит от психологической устойчивости человека за рулем и его способности критически фильтровать поступающие данные [8].

Основным методом защиты должен стать переход от пассивного наблюдения к активному блокированию гражданских каналов связи в зонах выполнения задач и внедрению протоколов верификации информации [7].

Предложенный комплекс мер позволяет минимизировать риски паники и несанкционированного изменения маршрутов, обеспечивая непрерывность материально-технического обеспечения войск [9].

Список литературы

1 Об обороне : Федер. закон от 31.05.1996 № 61-ФЗ : [прин. Гос. Думой 24 апр. 1996 г. : по состоянию на 2024 г.]. – М. : Ось-89, 2024. – 48 с.

2 О Концепции национальной безопасности Российской Федерации : указ Президента Рос. Федерации от 10.01.2000 № 24 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2000. – № 2. – Ст. 170.

3 **Безсонов, Д. В.** Информационно-психологическое противоборство : современная практика и методы защиты : учеб. пособие / Д. В. Безсонов. – М. : КноРус, 2024. – 210 с.

4 **Караяни, А. Г.** Военная психология : учебник для вузов / А. Г. Караяни, И. В. Сыромятников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2023. – 480 с.

5 **Манойло, А. В.** Государственная информационная политика в условиях информационно-психологической войны / А. В. Манойло. – 3-е изд. – М. : Горячая линия – Телеком, 2022. – 541 с.

6 **Крук, В. М.** Современные направления негативного информационно-психологического воздействия на военнослужащих / В. М. Крук, Д. А. Исаев // Армейский сборник. – 2022. – № 11. – С. 142–148.

7 **Лебедев, И. М.** Информационная гигиена как фактор устойчивости тыловых подразделений в зоне военного конфликта / И. М. Лебедев, Е. А. Шныренков // Военная мысль. – 2024. – № 2. – С. 85–93.

8 **Сидоров, А. П.** Оптимизация управления логистикой «последней мили» в условиях применения средств РЭБ / А. П. Сидоров // Наука и военная безопасность. – 2023. – № 4 (35). – С. 22–29.

9 Информационное противоборство в современных конфликтах : аналит. обзор // Министерство обороны Российской Федерации. – URL: mil.ru (дата обращения: 22.05.2026).

МОДУЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ – ВОЗМОЖНОСТИ В ВОЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

В. В. ЦЫБУЛЬКО

Учреждение образования

«Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

В современных условиях развития профессиональной деятельности офицеров, при непрерывном повышении уровня ее сложности, внедрении новых подходов к ведению боевых действий, принятии новых систем вооружения определяющими становятся задачи по подготовке специалистов, обладающих глубокими знаниями, высоким уровнем образования и культуры, способных уверенно действовать в сложных условиях быстроменяющейся обстановки. Поэтому принципиально важными являются приобретаемые курсантом на протяжении всего периода обучения способности к эффективной работе на уровне мировых стандартов, готовности к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности. Одним из путей повышения уровня подготовленности обучающихся являются инновации в такой форме получения знаний, как модульное обучение. Модульная программа в системе обучения – это целевой функциональный узел, в котором учебное содержание и технология овладения им объединены в систему высокого уровня целостности. Модульную программу можно рассматривать как программу обучения, индивидуализированную по содержанию, методам обучения, уровню самостоятельности, темпу учебно-познавательной деятельности обучающихся. Выделяют познавательные (для изучения основ учебной дисциплины), операционные (для формирования навыков, умений и способов деятельности) и смешанные модули. Необходимо отметить, что основными элементами модульного обучения, которые могут быть использованы в военном образовании, являются: расширенная блочно-модульная система обучения; балльная система оценки результатов обучения курсантов; освобождение от экзамена при условии зачета по модулям дисциплины. В основу сущности модульного обучения входит выбор обучающимся индивидуальной траектории изучения учебного курса со структурой организации учебно-методического блока – модуля. Преимущества модульного обучения для курсанта состоят в следующем: строго ранжированное время для самостоятельной работы, самоорганизации, самопланирования, самоконтроля и самооценки; возможность осознания себя в практической деятельности, определение уровня усвоения собственных знаний с выявлением пробелов и недостатков в практической реализации умений; индивидуализация работы при наличии модулей с печатной и цифровой основой [1].

Модульное обучение предполагает жесткое структурирование учебной информации, содержание обучения и организацию работы обучающихся с полными, логически завершенными учебными блоками. В модуле четко определены цели, задачи и уровни изучения темы, названы умения и навыки. В нем все заранее запрограммировано: не только последовательность изучения учебного материала, но и уровень его усвоения. Однако в классическом виде модульная система обучения не может быть использована в военном учебном заведении. Это связано с наличием жесткого учебного плана, в котором прописано время, отводимое на изучение каждой отдельно взятой дисциплины по видам занятий. А также с регламентом служебного времени военнослужащего, определенного приказами и уставами. Поэтому для мотивации курсантов и повышения их активности необходимо использовать отдельные элементы модульной системы обучения. При использовании технологии модульного обучения, в отличие от традиционного, изменяется роль преподавателя как элемента педагогической системы. Предоставление определенной самостоятельности курсанту в выборе целей, содержания, форм, методов и средств учебной деятельности не снижает его ответственности за процесс и результат обучения [2].

Отбор содержания конкретного модуля, как и содержания дисциплины в целом, производится по следующим, часто используемым критериям: целостное отражение в содержании основных элементов социального опыта, перспектив его совершенствования; выделение главного и существенного в содержании модуля, то есть отбор наиболее необходимых, универсальных понятий, позволяющих формировать компетенцию с дальнейшим трансформированием этих понятий при выполнении профессиональных действий, определяющих остальные профессиональные компетенции, в рамках других дисциплин или модулей; соответствие возрастным возможностям обучающихся, то есть адаптация содержания не только к пониманию и воспроизведению, но и к применению, оценке, анализу, синтезу при решении конкретной задачи, реализуемой с помощью профессиональных действий; соответствие выделенному учебным планом времени на изучение данного содержания в составе модуля; соответствие содержания модуля имеющейся материально-технической и методической базе учебной дисциплины [3].

Обязательными компонентами, входящими в состав обучающего модуля, могут быть следующие: название модуля, которое отражает его назначение и содержание; корректно и точно сформулированные учебные цели, которые описывают совокупность профессиональных задач и функций, реализуемых обучающимся при изучении модуля; цели должны носить деятельностно ориентированный характер и четко фиксировать планируемые изменения в способах деятельности обучающегося; методическое руководство по достижению целей; обучающий элемент, база знаний по изучаемому модулю, учебной дисциплине в виде обучающего блока, снабженного элек-

тронными учебными изданиями, справочной информацией и содержащего соответствующий подблок текущего и итогового тестирования; набор практических занятий по формированию необходимых умений и навыков; контрольные работы, строго соответствующие целям, определенным в конкретном модуле; итоги результатов обучения – перечень компетенций, которые предъявляются к оцениванию, они определяют, что обучающийся должен уметь по завершении освоения модуля; значимость каждой компетенции определяется видом выполняемой деятельности; результаты не должны выходить за рамки целей обучения; критерии оценки результата содержат описание либо способа выполнения деятельности, либо продукта деятельности; описание критериев включает объект деятельности, совершаемое действие, качество его выполнения и ссылку на эталон выполнения работы; при разработке критериев необходимо планировать только деятельность, предусмотренную результатом обучения; уровень освоения модуля раскрывает результат обучения (представлен уровнями формирования компетенций); отдельные результаты обучения могут не требовать описания уровней освоения, так как вся необходимая информация содержится либо в формулировке самого результата, либо в критериях его оценки.

Следует отметить, что при модульной организации обучения у курсантов формируются навыки самообразования, так как процесс строится на основе осознанного выбора цели с иерархией ближних (знания, умения и навыки), средних (общеучебные умения и навыки) и перспективных (развитие способностей личности) результатов. Поэтому эффективность обучения намного выше, если обучающийся овладевает знаниями сам, а педагог управляет этим процессом – мотивирует, организует, консультирует, контролирует.

Список литературы

1 **Склярова, О. Н.** Модульное обучение курсантов как способ организации учебного процесса в военном вузе / О. Н. Склярова, С. П. Платонов // Студенческий научный форум : материалы XII Междунар. студ. науч. конф. – URL: <https://scienceforum.ru/2020/article/2018022310> (дата обращения: 10.04.2026).

2 Особенности применения технологии модульного обучения в военных учебных заведениях / С. В. Слесаренок, А. В. Захарин, А. А. Науменко, И. В. Слесаренок // Инновационные технологии в образовательном процессе. – С. 79–83.

3 **Бенин, В. Л.** Теоретические аспекты технологии модульно-компетентностного обучения в военном вузе / В. Л. Бенин, А. Г. Замараев // Педагогический журнал Башкортостана. – 2014. – № 4 (53). – С. 38–47.

ВИДЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛИЧНЫЙ СОСТАВ ПРОТИВНИКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВОЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ

Я. В. ШУТОВ, Д. С. МАСЬКО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В настоящее время невозможно представить мир без средств массовой информации, так или иначе человек получает информацию везде, где это только возможно. Как известно, информация во все времена была великой силой, способной перевернуть все с ног на голову. Исторически сложилось то, что информация помогала великим военачальникам побеждать в таких ситуациях, где это, казалось бы, невозможным. Простое знание местности или ложная информация, переданная противнику, могла обеспечить или увеличить превосходство над противником. Сейчас информация при проведении операций имеет большое значение. Важнейшим фактором воздействия на личный состав в различных обстоятельствах так или иначе будут средства предоставления информации и ее контроль.

Для воздействия на личный состав противника при ведении военных операций и боевых действий необходимо понимать, какие виды информационного воздействия актуальны в боевых условиях и чем они обусловлены.

Инфологема – это ложная, искаженная или неполная информация, представляющая реальные события идеологическими мифами, политическими пропагандистскими измышлениями. Инфологеми появляются на свет как результат сознательных, целенаправленных манипулятивных воздействий или, что значительно реже, неосознаваемых заблуждений. Инфологеми способны к расширенному самовоспроизводству, самоумножению. Они формируют картины мира в индивидуальном, групповом и массовом сознании, устойчивые стереотипы индивидуального и социального поведения, ценностные установки и ориентации будущих поколений [1].

Виды информационного воздействия.

Манипуляция сознанием через СМИ представляет собой один из самых доступных и в то же время эффективных способов воздействия, поскольку она не требует прямого контакта с объектом и может охватывать сразу большие массы людей. Суть этого воздействия заключается не столько в откровенной лжи, сколько в управлении восприятием реальности. Даже достоверная информация, поданная с измененным ракурсом, монтажом или вырванная из контекста, способна сформировать у человека искаженную картину происходящего. Современные технологии, включая системы на

основе искусственного интеллекта, значительно усиливают этот эффект, позволяя создавать визуально убедительные материалы – от поддельных фотографий до видеозаписей, имитирующих реальные события или заявления конкретных лиц. В условиях боевых действий непосредственное влияние таких материалов на военнослужащего в точке соприкосновения с противником может быть ограничено из-за отсутствия постоянного доступа к информационным каналам, однако ключевым уязвимым звеном становятся его родственники и окружение, находящиеся в информационном поле. Через них искаженная информация может передаваться дальше, приобретая дополнительную эмоциональную окраску. В результате у военнослужащего формируется внутренний конфликт между личным опытом и поступающими извне сведениями, что подрывает доверие к командованию, снижает уверенность в происходящем и может приводить к деморализации и нарушению слаженности действий подразделения.

Психогенное воздействие – основано на использовании особенностей человеческой психики в условиях стресса, усталости и неопределенности. В отличие от информационного влияния через СМИ, оно чаще носит более прямой и ситуативный характер, проявляясь непосредственно в зоне боевых действий или в условиях изоляции подразделения. Когда личный состав оказывается отрезанным от основных сил, лишен устойчивой связи и вынужден действовать в условиях ограниченной информации, резко возрастает уровень тревожности и снижается способность к критическому анализу. В таком состоянии человек становится более восприимчивым к внешнему воздействию, особенно если оно направлено на базовые инстинкты – страх за собственную жизнь, за судьбу товарищей или близких. Противник может целенаправленно усиливать это состояние, используя различные средства: от распространения листовок с информацией о якобы безвыходном положении до передачи ложных приказов, имитирующих команды вышестоящего руководства. Дополнительный эффект создается через звуковое воздействие – трансляции, содержащие угрозы, провокации или попытки посеять сомнения. Даже если такие сообщения не воспринимаются как полностью достоверные, их многократное повторение в условиях усталости и напряжения постепенно разрушает психологическую устойчивость. В результате снижается способность к принятию взвешенных решений, возрастает вероятность ошибок, нарушается координация действий, а в крайних случаях возможно возникновение паники или полной апатии.

Кибервоздействие – хотя и требует более сложной технической базы, становится все более значимым по мере роста цифровизации военной сферы. Его особенность заключается в том, что оно воздействует не только на психику, но и на техническую инфраструктуру, от которой напрямую зависит управление и координация действий. Вмешательство в работу электронных устройств, таких как средства связи, навигационные системы или

беспилотные аппараты, может привести к дезориентации и нарушению взаимодействия между подразделениями. Например, искажение навигационных данных способно направить группу в опасную зону или сорвать выполнение задачи, а подмена сообщений – создать ложное представление о текущей обстановке. Отдельное направление связано с использованием персональных данных. При наличии у военнослужащих незащищенных устройств или аккаунтов появляется возможность получения информации о их семье, месте проживания и других личных деталях. Это создает основу для адресного психологического давления, когда угрозы становятся не абстрактными, а конкретными и персонализированными. В таких условиях воздействие усиливается многократно, поскольку затрагивает не только самого человека, но и его близких, что может влиять на его решения и поведение. Несмотря на то, что кибервоздействие не всегда имеет массовый характер, его точечное применение может приводить к серьезным последствиям, включая потерю управления, дезорганизацию и снижение боеспособности [2].

Все эти виды основываются на стандартных технологиях и методах воздействия на человека или группу лиц: использование тенденций или трендов, задаваемых современными реалиями, где могут использоваться так называемые натянутые факты, приправленные общим недовольством и направленные на активность определенных медийных лиц и лиц, имеющих статус среди других людей; вырезание из контекстов фрагментов, что способствует затруднению понимания картины в целом; вызов негативных эмоций для максимального искажения картины, а также масштабное распространение всеми возможными способами ложной информации и информации, выгодной противнику. Для подобных мероприятий необходимо задействовать специалистов, разбирающихся в психологии человеческого поведения, а также специалистов, способных считывать эмоциональное состояние и волнения людей, связанные с теми или иными обстоятельствами, происходящими рядом или непосредственно на объекте воздействия.

Противоборство информационным воздействиям основывается на возможности вовремя «разглядеть» инфологемы противника и своевременно отреагировать на них.

Требования для информационного противоборства:

- 1 Постоянный контроль своих действий, поступков и возможностей.
- 2 Соблюдение всех требований командиров.
- 3 Уверенность в себе, в своих силах и возможностях.
- 4 Собственная система получения и анализа информации.
- 5 Противодействие инфологемам противника.

Список литературы

1 **Ляпоров, Д. В.** Использование средств фото-, видеофиксации при организации диспетчерского контроля на автомобильных дорогах / Д. В. Ляпоров, Я. В. Шу-

тов, П. А. Капубо // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Году качества, Гомель, 21–22 нояб. 2024 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2024. – С. 281–285.

2 Учебник сержанта транспортных войск : учеб. : в 3 ч. / Д. В. Ляпоров, С. М. Бобрицкий, А. Н. Романеня [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2025. – 550 с.

3 Классические технологии информационно-психологической войны // Персональный сайт Николая Баранова. – URL: <https://www.nicbar.ru/politology/study/kurs-informatsionnaya-vojna-v-sisteme-politicheskih-otnoshenij/lektsiya-2-klassicheskie-tehnologii-informatsionno-psikhologicheskoy-voyny?ysclid=mo1gv9eaj6983021561> (дата обращения: 14.04.2026).

4 Классификация информационно-психологических воздействий и оценка степени их угроз для общественного сознания // КиберЛенинка. – URL: <https://www.ciberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-informatsionno-psikhologicheskikh-vozdeystviy-i-otsenka-stepeni-ih-ugroz-dlya-obshchestvennogo-soznaniya/viewer> (дата обращения: 14.04.2026).

УДК 691.168

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

А. А. ЯНУЧОК¹, В. В. ХАЧАТУРЯН², Д. Ю. АЛЕКСАНДРОВ²

¹КПРСУП «Гомельоблдорстрой»

²Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Значительная часть стоимости (около 60 %) автомобильной дороги приходится на стоимость устройства дорожной одежды. Асфальтобетон наиболее распространенный материал для строительства и ремонта дорожных одежд республиканских и местных автомобильных дорог. Его высокая стоимость обусловлена использованием органического вяжущего (битума) в количестве 5–9 % от массы минеральной части и необходимостью закупки исходного сырья в Российской Федерации.

Качество устроенного асфальтобетонного покрытия в большой степени определяет долговечность дорожной одежды. Дефекты строительного периода формируются под действием ряда трудноконтролируемых факторов, и их появление неизбежно. Риски технологического процесса имеются на каждом из этапов [1], а сам технологический процесс устройства слоев из горячих асфальтобетонных смесей реализуется в температурном интервале от 140 до 90 °С (рабочая температура смеси). Использование битума накладывает определенные временные ограничения на технологический процесс – лимитировано время, затрачиваемое на укладку и уплотнение смеси из-за того, что при снижении температуры увеличивается вязкость битума.

Микроразрушения покрытия в период эксплуатации начинаются с таких мест, где напряжения превышают прочность связей. Ослабленные связи возникают из-за технологических аспектов. Высокие рабочие температуры битума (140–160 °С) и частые нагревы, температура нагрева каменных материалов (160–190 °С) увеличивают риски температурной деструкции битума [2]. На границе контакта «вяжущее – заполнитель» возможно резкое изменение свойств, вызванное интенсификацией старения тонких пленок структурированного битума. Снижается адгезионная прочность и ухудшаются физико-механические свойства. При работе такого вяжущего в покрытии раньше появятся трещины и выбоины, увеличится количество дефектов. В национальной практике данный аспект в деятельности дорожно-строительных предприятий учитывается в недостаточной степени. Комплекс испытаний органических вяжущих материалов должен включать двухэтапное ускоренное старение (на первом этапе окисление при производстве и укладке, на втором – 5–10 лет эксплуатации в покрытии) для имитации поведения органического вяжущего на технологических этапах и оценки изменения его свойств во времени.

Эффективным решением, направленным на снижение энергоемкости технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей и минимизацию рисков температурной деструкции, является использование температуропонижающих добавок.

Вязкость битума – критически важный параметр на многих этапах технологии асфальтобетона. Во время перемешивания с минеральными материалами критическая вязкость битума составляет менее 0,2 Па. Традиционно вязкость и величина поверхностного натяжения вяжущего регулируется за счет изменения температуры. Теплые смеси зерновым составом не отличаются от горячих. Снижения температуры добиваются за счет введения жидких добавок на основе парафинов (например, Evotherm), которые не влияют на групповой состав битума, но снижают величину поверхностного натяжения. Для снижения вязкости используют в том числе минеральные добавки. Например, цеолит. Высвобождаемая из цеолита вода в момент взаимодействия с битумом в смесителе вскипает с образованием большого объема битумной пены, полностью смачивающей поверхность минерального заполнителя.

Экономическая выгода от внедрения технологии теплых асфальтобетонных смесей обусловлена снижением потребления энергоресурсов, увеличением срока службы дорожных конструкций и ростом производительности асфальтобетонных заводов. Теплые асфальтобетонные смеси имеют и технологическое преимущество – расширение строительного сезона (укладка может производиться при температуре воздуха выше минус 10 °С, горячие смеси укладываются при температуре более 5 °С) и увеличение радиуса действия асфальтобетонного завода за счет снижения интенсивности остывания смеси.

Список литературы

1 **Лохманков, И. С.** Риски технологии горячей асфальтобетонной смеси и перспективные пути повышения эффективности технологического процесса / И. С. Лохманков // Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых : сб. науч. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 4–5 февр. 2021 г. / Сибир. гос. автомоб.-дорожн. ун-т. – Омск, 2021. – С. 268–272.

2 **Лохманков, И. С.** Температурная деструкция битума и способы ее предупреждения / И. С. Лохманков // Молодежь и научно-технический прогресс : сб. докл. XIV Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Губкин, 8–9 апр. 2021 г. : в 2 т. Т. 1. / сост.: Е. Н. Иванцова, В. М. Уваров [и др.]. – Губкин ; Старый Оскол : Ассистент плюс, 2021. – С. 349–350.

Секция IV
ВОЕННАЯ ЛОГИСТИКА.
ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИВОБОРСТВО
В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

УДК 355.48:355.691

ОПЫТ СОВРЕМЕННЫХ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТОВ:
АНАЛИЗ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ОШИБОК И УСПЕШНЫХ РЕШЕНИЙ

Д. С. АКАВИЦКАС, Е. В. АРТЕМЕНКО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современная война – это война ресурсов. Если в XX веке тактическая победа часто решалась действиями ударных соединений на линии фронта, то в конфликтах XXI века (особенно высокой интенсивности) исход кампании предопределяется способностью сторон выстраивать, защищать и восстанавливать материально-техническое обеспечение.

Логистика превратилась из «вспомогательной функции» в главный фактор стратегической устойчивости. Анализ ошибок и успехов позволяет выделить три ключевые тенденции: переход к «прозрачному тылу», критическая зависимость от высокотехнологичных систем и возвращение значимости железнодорожных и складских мощностей.

Ключевые ошибки в логистике современных конфликтов.

1 Игнорирование фактора «прозрачности» поля боя.

В конфликтах прошлого тыловые колонны были относительно безопасны за линией фронта. Современные средства разведки (беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА), такие как Орлан-10 (рисунок 1), спутниковый мониторинг) сделали любой наземный транспорт уязвимым.

Ошибкой можно считать использование длинных, нераспределенных колонн без средств РЭБ и ПВО прикрытия.

В качестве примера можно привести следующее: в начальный период конфликта высокой интенсивности (в 2022 году) попытки осуществлять снабжение по неподготовленным маршрутам большими колоннами приводили к катастрофическим потерям техники снабжения (грузовики, цистерны) еще до подхода к передовым позициям.



Рисунок 1 – Орлан-10

2 Недооценка расхода боеприпасов и средств поражения.

Современные конфликты демонстрируют беспрецедентную интенсивность огневого поражения.

Расход снарядов в разы превышает производственные возможности экономики. В условиях боевых действий это приводит к снарядному голоду и кризису логистики, так как тыл не успевает подвозить нужные объемы снабжения.

3 Уязвимость узловых центров.

Создание крупных стационарных складов в зоне досягаемости дальнобойных средств поражения противника стало фатальной ошибкой.

Концентрация больших запасов топлива и боеприпасов в нескольких легко идентифицируемых точках можно назвать ошибочным решением, так как уничтожение складов боеприпасов в глубоком тылу с использованием высокоточного оружия приводило к временной потере наступательного потенциала целых армий.

4 Проблемы с поддержанием техники.

Сложная западная и российская техника требует квалифицированного обслуживания и уникальных запчастей.

Отсутствие эвакуационных средств (тягачей) в передовых частях и слабая ремонтная база не позволяли своевременно производить ремонт техники. Это привело к высокому проценту безвозвратных потерь техники. В условиях ограниченного времени на эвакуацию (из-за постоянного огневого контроля) техника, вышедшая из строя по техническим причинам, часто уничтожалась своими же во избежание захвата противником.

Успешные логистические решения и адаптация.

1 Массовое применение БПЛА (FPV-дроны и мультироторные дроны).

Одним из главных прорывов стало использование малой авиации не только для разведки, но и для «последней мили» снабжения.

Применение тяжелых грузовых дронов для доставки воды, боеприпасов, медикаментов и эвакуации раненых на расстояние 3–10 км позволило снять

нагрузку с уязвимых наземных маршрутов. В условиях, когда дороги простреливаются, дроны обеспечивают выживаемость подразделений на передовой с точностью доставки до 90 % даже в условиях плотного РЭБ (при использовании оптоволоконных или автономных систем) [1].

2 Роль железнодорожного транспорта.

В условиях насыщения ПВО и дальнобойной артиллерии автомобильный транспорт оказался слишком уязвим для перевозки крупных тоннажей на расстояние 50–150 км. Активное использование железнодорожного транспорта для стратегического и оперативного подвоза позволило доставлять в 10 раз больше грузов с меньшими затратами топлива по сравнению с автоколоннами.

3 Эволюция средств эвакуации.

Своевременная эвакуация признана критически важной для сохранения боеспособности. Создание специализированных бронированных ремонтно-эвакуационных машин (БРЭМ (рисунок 2)) с усиленной защитой от FPV-дронов (РЭБ) и выделение штурмовых групп в их состав, а не в тыловые батальоны, что снизило процент безвозвратных потерь техники на 30–40 % [2].



Рисунок 2 – БРЭМ

Если ранее дроны ассоциировались только с ударными функциями, то следующий этап – массовое применение роботизированных платформ для подвоза (грузовые наземные роботы).

Это позволит снизить потери среди личного состава служб снабжения, которые в текущих конфликтах несут сопоставимые с пехотой потери.

Промышленность как часть фронта. Время реакции промышленности (от получения заявки до доставки снаряда на передовую) сократилось до 2–3 недель. Выигрывает та сторона, которая способна производить ресурс быстрее, чем противник его уничтожает.

Опыт современных военных конфликтов убедительно доказывает, что стратегическая инициатива принадлежит не той армии, у которой больше танков, а той, у которой короче логистическое плечо, надежнее защищены коммуникации и выше адаптивность системы снабжения к изменениям так-

тической обстановки. Игнорирование логистических рисков ведет к краху даже при наличии превосходства в огневой мощи, в то время как грамотная децентрализация, внедрение роботизированных средств является залогом устойчивости вооруженных сил в длительном конфликте высокой интенсивности.

Список литературы

1 Подведены итоги первого Международного транспортно-логистического форума // РЖД-Партнер. – URL: <https://www.rzd-partner.ru/logistics/news/podvedeny-ityogi-pervogo-mezhdunarodnogo-transportno-logisticheskogo-foruma/> (дата обращения: 10.04.2026).

2 История военно-политических конфликтов : пособие / О. И. Адамюк, Д. В. Блажко, А. Б. Жайворонок, С. А. Савик ; под общ. ред. А. В. Зырянова. – Минск : БНТУ, 2020. – 261 с. – URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/81526/Istoriya_voenno_politicheskikh_konfliktov.pdf?sequence=1&isAllowed=y (дата обращения: 10.04.2026).

УДК 355.41

МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ (СЕТИ ВАД) В ЦЕЛЯХ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОРЯДКА ПРИМЕНЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ДОРОЖНО-КОМЕНДАНТСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ЗАДАЧИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ПРИКРЫТИЮ УЧАСТКОВ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ (СЕТИ ВАД)

С. С. АСЮТИН

Учреждение образования

«Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

Предназначение методики определено ее названием. Она базируется на решении задачи на неориентированном графе, моделирующем транспортную сеть ТС (сеть ВАД), методом Фишберна и Кирхгофа. В основу методики положен алгоритм ранжирования участков ТС (сети ВАД), включающий 7 аналитических блоков вычислений (рисунок 1).

Применение разработанной методики позволяет обосновать значимость участков ТС (сети ВАД) с учетом дополнительных существенных факторов (структурной значимости и эксплуатационных показателей участка ВАД, а также количества объектов дорожно-комендантского обеспечения на участке ВАД и их доступности для средств поражения противника), а также

выявить участки ТС (сети ВАД), требующие первостепенного выполнения мероприятий технического прикрытия [1].

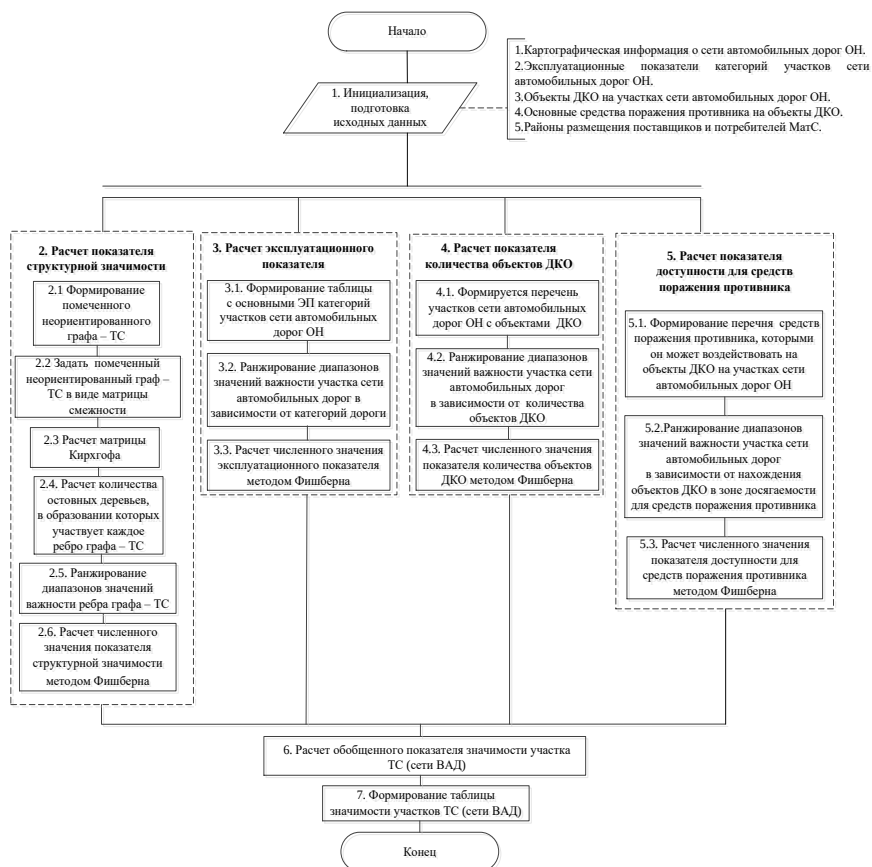


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма методики ранжирования участков ТС (сети ВАД)

Научная новизна разработанной методики заключается в том, что впервые при оценке функциональности участков ТС (сети ВАД) был применен метод Фишберна и Кирхгофа, это позволило учесть дополнительные существенные факторы и обосновать значимость участков ТС (сети ВАД) [1].

Математически доказано, что методика ранжирования участков ТС (сети ВАД) может быть использована как средство поддержки принятия решений, для анализа и оценки ТС (сети ВАД) в целях, назначаемых войскам ВАД [2].

Список литературы

1 Асютин, С. С. Методика ранжирования участков транспортной сети (военных автомобильных дорог) в целях рационального распределения сил и средств их технического прикрытия / С. С. Асютин, Д. Ю. Богданов, А. С. Легкий // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2024. – № 4. – С. 3–11.

2 Асютин, С. С. Проверка методики ранжирования участков военных автомобильных дорог (путей подвоза и эвакуации) в целях рационального распределения сил и средств их технического прикрытия на основе регрессионного анализа / С. С. Асютин // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2025. – № 4. – С. 3–15.

УДК 691.6

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ВОЕННО-АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Р. А. БРЕУС

Учреждение образования

«Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

В современных условиях пропускная способность военно-автомобильных дорог (далее – ВАД) в значительной степени зависит не только от их технических характеристик, своевременного выполнения мероприятий эксплуатационного содержания и мероприятий по организации движения на ВАД. Она определяется особенностями воинского движения, а также условиями и способами его организации. Среди условий движения особое место занимает воздействие противника по дорожным объектам и участникам движения. Разрушение дорожных объектов или воздействие по колоннам на ВАД вызывает необходимость организации районов переправ и мостовых переходов, обходов разрушенных участков дорог, временных схем организации движения маятниковым и кольцевым способом. Во всех этих случаях требуется пропускать воинское движение по однопутным участкам ВАД, которые, как правило, не могут обеспечить той скорости движения колонн, которую могла обеспечивать ВАД на основном маршруте. В результате происходит снижение пропускной способности дороги и, как следствие, невыполнение требуемых объемов мобилизационных, оперативных, снабженческих и эвакуационных перевозок по ВАД.

Указанные обстоятельства требуют поиска адекватных мер и способов обеспечения максимального использования потенциальной пропускной способности ВАД не только за счет улучшения их технических характеристик (увеличения ширины проезжей части, повышения ровности покрытия, достижения требуемых значений коэффициента сцепления и т. д.).

Подтверждением этому является то, что даже при условии достижения значений технических характеристик однопутных участков дорог, соответствующих их требуемой пропускной способности, неравномерность воинского движения на ВАД все равно может привести к образованию заторов и пробок на таких участках. В особенности это характерно для способа восстановления движения за счет подготовки обхода разрушенного объекта по нескольким «параллельным» маршрутам. Причина этого обусловлена тем, что средняя скорость движения на ВАД превышает скорость колонн на обходах или подъездах к мостам и переправам. В связи с этим наблюдается сокращение (ликвидация) дистанций между колоннами, увеличение плотности транспортного потока, что в конечном итоге снижает пропускную способность дороги вплоть до полной остановки военно-транспортного потока. Рассматриваемая ситуация является вполне закономерной и объясняется основной диаграммой транспортного потока (рисунок 1). При очень большом числе транспортных средств в потоке движение приобретает прерывистый характер, а транспортный поток становится похожим на поток замерзающей воды.

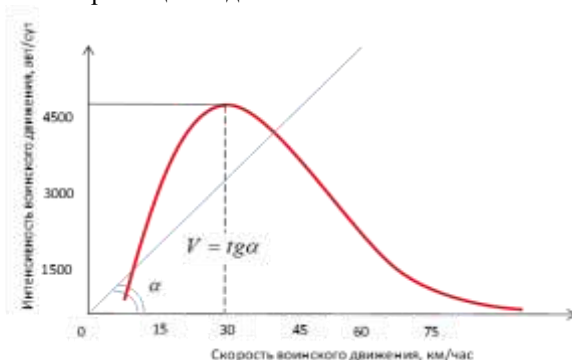


Рисунок 1 – Основная диаграмма транспортного потока

Вместе с тем для того, чтобы управлять пропускной способностью ВАД, необходимо учитывать тот факт, что интенсивность движения может резко увеличиваться в случаях:

- пропуска колонн войск;
- переправы колонн, накопившихся за время движения войск или перерывов в работе ВАД по условиям воздействия противника (разрушения дорожных объектов);
- организованного перемещения соединений и частей Вооруженных Сил;
- вынужденного переключения движения с соседних ВАД и путей движения войск;

- при нарушении работы железной дороги на коммуникационном направлении, где проходит ВАД;
- предоставления пропускной способности ВАД для важных народно-хозяйственных перевозок (особенно в первые дни начального периода войны).

В связи с этим для максимального использования пропускной способности ВАД важно организовать дорожно-комендантскую службу на однопутных участках таким образом, чтобы скорость движения колонн, а следовательно, и его плотность обеспечивали пропуск максимального количества транспортных средств. При этом необходимо предотвратить скопления транспортных средств непосредственно как перед участками дороги с ограниченной пропускной способностью, так и на смежных участках ВАД.

Сущность метода оценки влияния мероприятий по организации движения на пропускную способность однопутных участков военно-автомобильных дорог сводится к тому, чтобы определить оптимальную загрузку этих участков движением. Метод включает реализацию нескольких последовательных этапов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Блок-схема метода оценки влияния мероприятий по организации движения на пропускную способность ВАД

Научная новизна метода состоит в том, что он, по сравнению с имеющимися, учитывает условия организации движения не по одному, а сразу по нескольким однопутным участкам ВАД в районах створов пульсирующих переправ через водные преграды, работающих попеременно в соответствии с продолжительностью цикла «разведка – поражение» переправы в створе.

Практическая значимость метода заключается в том, что он позволяет органам управления движением на ВАД оценить влияние мероприятий организации воинского движения на пропускную способность ограничивающих участков ВАД и разработать конкретные варианты мероприятий, позволяющих достичь максимального использования возможностей дороги для пропуска колонн войск, соединений и частей. Вместе с тем необходимо отметить, что для реализации этих мер необходимо использовать технические средства управления воинским движением, позволяющие регулировать параметры военно-транспортного потока в автоматизированном и автоматических режимах.

Список литературы

1 **Стучинский, В. И.** Пути противодействия реализации концепции США и НАТО «многодоменная битва» / В. И. Стучинский, М. В. Корольков // Военная мысль. – 2021. – № 7. – С. 41–48.

2 **Михайлов, Д. В.** Война будущего: возможный порядок нанесения удара средствами воздушного нападения США в многосферной операции на рубеже 2025–2030 годов / Д. В. Михайлов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2019. – № 12. – С. 44–52.

3 **Жаворонок, Д. Е.** Научно-методический аппарат обоснования мероприятий по обеспечению живучести районов мостовых переправ на военно-автомобильных дорогах : дис. ... канд. воен. наук / Жаворонок Д. Е. ; Военная академия материально-технического обеспечения. – СПб., 2020. – 14 с.

4 **Букатов, Д. С.** Методологические аспекты оценки военно-эксплуатационных показателей и обоснования военно-технических требований к автомобильным дорогам оборонного значения : дис. ... д-ра техн. наук / Букатов Д. С. ; Военная академия материально-технического обеспечения. – СПб., 2021.

МНОГООБОРОТНЫЕ СРЕДСТВА КРЕПЛЕНИЯ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Н. Г. ГЕНЧИКОВ, С. В. КИРИК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Железнодорожный транспорт традиционно занимает ключевое место в системе стратегических и оперативных воинских перевозок. Это обусловлено высокой грузоподъемностью, устойчивостью к климатическим условиям и возможностью массовой переброски вооружения и военной техники (ВВСТ) на значительные расстояния. В Республике Беларусь и Российской Федерации значительная часть перевозок военного назначения осуществляется именно железнодорожным транспортом, что подтверждается практикой деятельности транспортных войск и взаимодействием с гражданской инфраструктурой железных дорог.

Одним из важнейших элементов обеспечения безопасности таких перевозок является система крепления техники на подвижном составе. При этом особое значение имеют многооборотные средства крепления (УМК), позволяющие многократно использовать элементы крепежа, снижая материальные затраты и повышая оперативность формирования эшелонов.

Согласно материалам научных исследований и технических описаний, УМК представляют собой унифицированные металлические устройства, предназначенные для многократного использования.

К основным элементам УМК относятся:

- складные упоры с фиксирующими штырями;
- анкерные элементы, устанавливаемые в настил платформы;
- цепные или тросовые растяжки с натяжными устройствами;
- дополнительные фиксирующие элементы (скобы, шпоры, струбины).

Конструктивно УМК выполняются в виде модульных комплектов, устанавливаемых в стандартные отверстия платформы и фиксируемых замковыми устройствами.

В научно-технических источниках выделяются следующие конкретные типы УМК, применяемые для колесной техники:

УМК-ЛК предназначен для закрепления колесной военной техники малой и средней массы на железнодорожных платформах при формировании воинских эшелонов. К данному типу техники относятся автомобили повышенной проходимости, легкие бронемашины и вспомогательные транспортные средства.

Конструктивно комплект УМК-ЛК включает систему металлических упоров, фиксирующих штырей и замковых устройств. Основу составляют продольные и поперечные упоры, устанавливаемые непосредственно перед и за колесами транспортного средства. Упоры фиксируются в стандартных отверстиях настила платформы с помощью штырей, исключающих их смещение.

Принцип работы УМК-ЛК основан на восприятии продольных и поперечных усилий через жесткий контакт колес с упорами. При этом основная нагрузка передается на элементы крепления, минуя конструкцию платформы, что снижает риск ее повреждения.

Практическое применение УМК-ЛК обеспечивает быстрое закрепление техники без использования дополнительных растяжек, однако при перевозке в условиях повышенных динамических воздействий допускается дополнительное применение цепных креплений.

Назначение: закрепление автомобилей массой до 16 т.

Технические характеристики:

- колесная формула: 4×4, 6×6;
- максимальный диаметр колеса: до 1260 мм;
- состав комплекта: 4 продольных упора; 4 поперечных упора; фиксирующие штыри и замки.

Применение: автомобили типа ГАЗ, УАЗ, легкие бронемашин.

УМК-ТК применяется для закрепления тяжелых колесных машин, включая многоосные шасси и специальные транспортные средства большой грузоподъемности. Данный тип УМК является усиленной модификацией УМК-ЛК.

Особенностью УМК-ТК является возможность закрепления техники с неравномерным распределением массы по осям. Это особенно важно для машин типа МАЗ-543, где нагрузка на оси существенно различается.

В процессе крепления упоры устанавливаются под крайние оси машины, что обеспечивает эффективное восприятие продольных усилий. Дополнительно могут применяться растяжки, воспринимающие поперечные нагрузки.

Назначение: закрепление техники массой 16–40 т.

Особенности:

- увеличенная прочность элементов;
- применение двух комплектов при массе более 26 т;
- возможность закрепления многоосных машин (например, МАЗ-543).

Схема крепления: 4 продольных упора у крайних мостов; 4 поперечных упора под колесами; установка строго симметрично оси платформы.

Данные комплекты предназначены для закрепления специализированной техники, включая артиллерийские системы, инженерные машины и средства обеспечения.

Конструктивной особенностью является модульный принцип построения, позволяющий адаптировать комплект под различные габариты техники. В состав входят:

- универсальные упоры;
- регулируемые элементы крепления;
- соединительные узлы.

Характеристики:

- диапазон масс – от 10 до 30 т;
- возможность комбинирования с растяжками;
- высокая степень унификации элементов.

Применение данных УМК позволяет эффективно закреплять технику сложной формы, где стандартные схемы не обеспечивают достаточной надежности.

Назначение: закрепление специализированной техники (артиллерийские системы, машины обеспечения).

Особенности:

- адаптация под различные габариты;
- возможность комбинирования с растяжками.

Гусеничная техника требует применения более сложных и комбинированных систем крепления. УМК-СР является одним из наиболее эффективных средств крепления гусеничной техники. Данный комплект применяется для закрепления боевых машин пехоты, танков и другой тяжелой техники.

Конструкция включает:

- струбины, обеспечивающие прижим гусеницы к настилу платформы;
- металлические растяжки;
- натяжные устройства (талрепы);
- анкерные узлы.

Технические характеристики:

- допустимая масса техники – до 50 т;
- количество растяжек – 6–8;
- усилие на одну растяжку – до 150–200 кН;
- угол установки растяжек – 35–50°.

Принцип действия основан на сочетании двух механизмов: 1) прижима (за счет струбин); 2) растяжения (за счет натянутых тяг).

Это обеспечивает высокую устойчивость техники даже при ударных нагрузках, возникающих при маневровых операциях.

Список литературы

1 Кирик, С. В. Анализ средств крепления военной техники при перевозке железнодорожным транспортом / С. В. Кирик, С. М. Бобрицкий, Е. В. Печенев // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Белорусской железной дороги, Гомель, 24–25 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2022. – С. 403.

2 Пузанов, Р. О. Современные средства крепления гусеничной техники для перевозок в составе воинских эшелонов и транспортов / Р. О. Пузанов // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. А. А. Поддубного. – Гомель, 2024. – С. 45–47.

3 Куксо, А. М. Программа и методики испытаний универсальных многооборотных креплений / А. М. Куксо, П. Г. Демидов, М. Г. Козлов // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. А. А. Поддубного. – Гомель, 2020. – С. 39–42.

4 Кирик, С. В. Анализ средств крепления колесной техники при перевозке железнодорожным транспортом / С. В. Кирик // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. пятилетке качества (Гомель, 20–21 нояб. 2025 г.) : в 2 ч. Ч. 2 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Н. Н. Казакова. – Гомель, 2025. – С. 300–302.

УДК 656.225.073.436

СПЕЦИАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

В. Е. КОЗУБОВСКИЙ

Учреждение образования

«Белорусская государственная академия авиации», г. Минск

В условиях современного мира, характеризующегося постоянной геополитической нестабильностью, усилением международных конфликтов и локальных войн, роль военных объектов, особенно аэродромов, приобретает особое значение. Искусственные сооружения на военных аэродромах обеспечивают надежную защиту и эффективность выполнения боевых задач, а их строительство, восстановление и техническое прикрытие представляют собой важные компоненты обеспечения обороны страны.

Деактивация, дегазация и дезинфекция капитальных покрытий дорог, площадок и аэродромов, помимо газокапельного способа с помощью тепловых машин, производится соответствующими дегазирующими, деактивирующими и дезинфицирующими составами и веществами. В зависимости от агрегатного состояния радиоактивных веществ (жидкие или пылевидные) и глубины проникновения в поры покрытия они смываются водой, паром и специальными деактивирующими составами, а также сметаются щетками или удаляются мощными пылесосами.

Аналогично можно производить и дезинфекцию покрытий. Рассев хлорной извести или других сухих материалов производится только при положительной температуре воздуха и при скорости ветра не более 5–7 м/с. При значительном ветре рассеву сухих материалов должно предшествовать смачивание зараженной поверхности водой. В дождливую и сырую погоду смачивания не требуется, и дегазирующий материал перетирают тотчас после рассева. Небольшие участки покрытий и специальных аэродромных сооружений могут дегазироваться и дезинфицироваться также специальными дегазирующими растворами № 1 и 2. Деактивация, дегазация и дезинфекция

разрушенных покрытий сильно затрудняется из-за наличия воронок, разрушенных коллекторов, различных заграждений, а также слоя рыхлого грунта, камней и кусков покрытия, выброшенных взрывами снарядов и авиабомб.

При производстве работ необходимо учитывать качество грунтов и уклоны летного поля. На хорошо фильтрующих песчаных, гравелистых и супесчаных грунтах зараженную воду и специальные растворы отводят непосредственно в воронки. При этом для облегчения стока образовавшиеся вокруг воронок валы из грунта целесообразно предварительно сдвигать в воронки бульдозерами. В связных грунтах валы из выброшенного грунта должны сохраняться во избежание попадания в воронки зараженной воды. Если коллекторы разрушены и отвод воды по ним невозможен, дождеприемники необходимо закрывать досками, щели заливать битумом или засыпать водонепроницаемым уплотненным грунтом, а для отвода воды по сторонам покрытий устраивать временные водоотводные канавы. Для отвода зараженных вод нужно специально оборудовать в пониженных участках местности временные водоотстойники. Сброс зараженных вод в местные водоемы запрещается.

Эффективность дезактивации, дегазации и дезинфекции покрытий дорог и аэродромов зависит от их исправности, шероховатости поверхности и качества швов между бетонными плитами. Поэтому для обеспечения быстрого обезвреживания необходимо уделять особое внимание содержанию покрытий в исправном состоянии. При строительстве капитальных покрытий и в процессе их эксплуатации целесообразно обрабатывать их защитными составами, например лаком «этиноль» или битумом.

Сложность дезактивации, дегазации и дезинфекции покрытий дорог, площадок и полевых аэродромов зависит от их конструктивных особенностей. Наиболее затруднительны эти работы на упрощенных покрытиях из местных камневидных материалов – грунтощебеночных и грунтогравийных. Смывание и сметание с них зараженных веществ малоэффективно из-за шероховатой поверхности, а при срезании зараженного слоя может быть разрушено само покрытие. В этих случаях наиболее рациональна засыпка покрытий гравием слоем толщиной 8–10 см с тщательным уплотнением и обработкой его вяжущими материалами. Учитывая большую трудоемкость работ, дезактивацию и дегазацию таким способом следует начинать в местах первой необходимости: на дорогах (при отсутствии объезда), на взлетно-посадочных полосах минимальных размеров, стоянках, стартовых площадках.

Значительно легче производить дезактивацию, дегазацию и дезинфекцию упрощенных покрытий с ровной поверхностью: грунтоцементных, черных щебеночных, гравийных, из битуминизированных тканей и т. п. Их можно обрабатывать теми же способами, что и бетонные покрытия.

Можно значительно ускорить обработку основания сборно-разборного покрытия из металлических плит, свертывая его в рулоны на отдельных участках ВПП, РД или МС. Свертывать ВПП в рулоны можно на участках

длиной до 20–30 м с помощью автомобилей или тракторов. После того как покрытие будет свернуто в рулоны на нескольких участках, оно дополнительно может быть обработано смыванием или опрыскиванием дегазационным раствором. Поливомоечные или автодегазационные машины при этом проходят вдоль свернутых рулонов. Открывшееся основание обезвреживается теми же способами, что и грунтовые покрытия.

Для очистки и дезактивации покрытий от пылевидных радиоактивных веществ применяются специальные вакуумные машины, действующие по принципу всасывания или сдувания.

Дезинфекция огнестойких упрощенных и металлических сборно-разборных покрытий, а также бетонных покрытий на наиболее ответственных грунтовых участках дорог, площадок и аэродромов осуществляется термическим способом с помощью тепловых машин. Поверхность обрабатывается продольными проходами машин с некоторым перекрытием предыдущих ходов, с тем чтобы не осталось необезвреженных участков. Во избежание чрезмерного разогрева покрытия нельзя допускать остановки машины с работающим на больших оборотах реактивным двигателем. По этой же причине запуск и опробование реактивного двигателя необходимо производить вне покрытия.

В зимнее время, если на искусственных покрытиях лежит слой уплотненного снега толщиной не менее 5–6 см, дезактивация производится срезкой или сметанием снега, который затем удаляют за пределы обрабатываемого участка. Срезку выполняют автогрейдеры, плужные снегоочистители и бульдозеры, а сметание – механические щетки.

Радиоактивная пыль с незаснеженных покрытий удаляется газовым потоком или путем распределения на участке тонкого слоя незараженного снега и последующего сметания его механическими щетками.

Зараженный снег складывают на специальных участках в пониженных местах на безопасном удалении от объектов и населенных пунктов. Участки обносят проволокой и снабжают соответствующими указателями. При таянии снега вода с них не должна попадать в водоемы с питьевой водой.

Путь следования машин, перевозящих зараженный снег, грунт и другие вещества и материалы, не должен проходить по магистральным внутриобъектным дорогам и дезактивированным участкам.

Современные вызовы требуют комплексных подходов к строительству и восстановлению аэродромной инфраструктуры, а также внедрения передовых технологий технического прикрытия. Усиление этих аспектов обеспечит надежность обороны, повысит устойчивость аэродромных объектов и сможет снизить последствия возможных внешних ударов.

Список литературы

1 Инженерно-аэродромное обеспечение : учеб. пособие / Д. Ю. Мягков, Р. И. Могилянец, А. Н. Колосков [и др.]. – Минск : ВА РБ, 2018. – 171 с.

2 Разработка предложений по совершенствованию инженерных мероприятий по ликвидации последствий ударов противника по аэродромам (посадочным площадкам) : отчет о НИР (заключ.) / Белорус. гос. академия авиации ; рук. Д. Ю. Мягков; исполн.: Р. И. Могилянец [и др.]. – Минск, 2020. – 176 с.

УДК 656.2.

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗЛИЧИЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМАХ СНГ И ЕВРОПЫ

А. С. МАХАЕВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Железнодорожные системы стран СНГ и Европы представляют собой яркий пример того, как исторические, географические, климатические и экономические факторы формируют фундаментальные различия в транспортной инфраструктуре. В странах СНГ, включая Россию, Беларусь, Казахстан и другие государства бывшего Советского Союза, доминирует широкая колея шириной 1520 мм, которая была стандартизирована еще в XIX веке при строительстве Транссибирской магистрали и последующих сетей Российской империи, а затем унаследована и унифицирована в СССР для обеспечения максимальной устойчивости путей под огромными грузовыми нагрузками в условиях континентального климата с экстремальными перепадами температур от -50°C зимой до $+40^{\circ}\text{C}$ летом, глубокими снежными заносами, вечной мерзлотой на севере и частыми паводками на юге. Эта колея, превышающая европейский стандарт на 85 мм, позволяет использовать более широкие вагоны и платформы с повышенной грузоподъемностью – до 70–100 тонн на ось для полувагонов и цистерн, что идеально подходит для транспортировки сырьевых ресурсов вроде нефти, газа, угля, руды и леса по протяженным магистралям.

В Европе же стандартная колея 1435 мм, известная как «капская колея» или UIC-стандарт, восходит корнями к эпохе промышленной революции в Великобритании, где она эволюционировала из ширины римских повозок и первых паровозов Джорджа Стефенсона, и была окончательно закреплена Международным союзом железных дорог (UIC) в XX веке для унификации сетей от Атлантики до Урала, охватывающих около 250 тыс. км путей с плотной сетью в странах вроде Германии, Франции и Италии. Эта колея способствует компактности конструкций, что критично для густонаселенных регионов с ограниченным пространством, и позволяет развивать высокоскоростное пассажирское сообщение.

Эксплуатационные подходы также радикально расходятся: в СНГ акцент на грузовых перевозках, где средняя скорость грузовых поездов составляет 50–80 км/ч, а системы сигнализации опираются на полуавтоматическую блокировку (АЛС) и отечественные реле для надежности в удаленных районах Сибири и Дальнего Востока, с вагонами, адаптированными к суровым условиям – усиленными тормозами, обогревом и антифризными системами. Европейские сети, напротив, интегрированы в единую экосистему с цифровой системой ETCS уровня 2, которая позволяет поездам «общаться» с семафорами в реальном времени, минимизируя интервалы до 3 минут и повышая пропускную способность до 20–30 пар в час на магистралях; здесь вагоны легче (до 23 тонн на ось), оптимизированы под интермодальные контейнеры ISO и экологичные перевозки, с фокусом на пассажирский комфорт – эргономичные сиденья, Wi-Fi, биотуалеты и низкий уровень шума.

Климатические адаптации подчеркивают эти контрасты: пути СНГ строятся с деревянными или железобетонными шпалами на гравии с уплотнителями для дренажа, термостойкими рельсами и системами обогрева стрелочных переводов в 5000+ пунктах, чтобы противостоять пучению грунта и снеговым бурям, в то время как европейские линии используют бесстыковые пути длиной до 500 метров на железобетонных плитах с вакуумной заделкой для виброизоляции и скоростей свыше 200 км/ч, с акцентом на сейсмостойкость в Альпах и защиту от наводнений в Нидерландах. Грузоподъемность и логистика страдают от несовместимости: на некоторых границах вагоны поднимают гидродомкраты для перестановки тележек, что занимает 6–12 часов и удорожает транзит на 20–30 %.

В долгосрочной перспективе эти различия отражают приоритеты: СНГ укрепляет роль как транзитного хаба Евразии с проектами «ЕАЭС – Шелковый путь», где широкая колея обеспечивает дешевизну перевозок на 30–40 % ниже европейских за тонно-километр, в то время как Европа продвигает «зеленый» транспорт с водородными поездами и нулевыми выбросами к 2050 году, подчеркивая, как локальные традиции продолжают определять глобальные транспортные потоки в XXI веке.

Список литературы

1 **Лубину, Ж. П.** Железные дороги: эффективная основа Европейской и Евразийской транспортных систем / Ж. П. Лубину // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2013.

2 **Власенко, С. В.** Анализ реформирования железных дорог в европейских странах / С. В. Власенко, О. В. Гателюк // Наука и техника транспорта. – 2007. – № 2.

3 **Кирик, С. В.** Строительство железных дорог на территории Беларуси / С. В. Кирик, Д. П. Голик, М. П. Голик // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелиИЖТа – БелГУТа, Гомель, 16–17 нояб. 2023 г. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2023.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ МАГИСТРАЛИ МОСКВА – МИНСК

М. Ю. НИКИТЕНКО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Минск (проект «Союз») является одним из наиболее масштабных инфраструктурных проектов Союзного государства. Планируемая протяжённость линии составит около 715 км, а время в пути предполагается сократить с 7–9 до 2,5–3 часов, что обеспечит конкурентоспособность с авиационным транспортом [1]. Однако реализация такого проекта ставит перед инженерами и учёными принципиально новые задачи, связанные с проектированием искусственных сооружений, способных обеспечить безопасное и комфортное движение поездов со скоростями до 400 км/ч.

Отсутствие в Российской Федерации и Республике Беларусь нормативных документов, регламентирующих требования к мостам для скоростей выше 200 км/ч, требует обращения к опыту проектирования ВСМ Москва – Казань, где были разработаны специальные технические условия (СТУ). Эти условия базируются на всестороннем анализе отечественных разработок, а также европейских и китайских нормативов [2].

При проектировании мостов на высокоскоростных магистралях предъявляются повышенные требования к плану и продольному профилю пути. Непогашенное поперечное ускорение в кривых на буксе при максимальной скорости движения по условиям комфорта для пассажиров не должно превышать $0,4 \text{ м/с}^2$, а возвышение наружного рельса в кривой – более 150 мм. Таким образом, при максимальной скорости 350 км/ч радиус круговой кривой на мостах и эстакадах должен быть более 10 000 м. Наибольший уклон продольного профиля при проектировании искусственных сооружений не должен превышать 24 ‰ (в особо трудных условиях допускается увеличение до 36 ‰). При алгебраической разности уклонов смежных прямолинейных участков более 1 ‰ необходимо сопряжение вертикальной кривой. На выпуклых переломах профиля центробежное ускорение принимают не более $0,3 \text{ м/с}^2$, на вогнутых – центростремительное не более $0,4 \text{ м/с}^2$ [3].

Основное отличие мостов для высокоскоростного движения – повышенные требования к жёсткости конструкций. Согласно СТУ, для скоростей 350 км/ч максимальные вертикальные прогибы нормируются в пределах от $L/1500$ до $L/2600$ (где L – расчётный пролёт, м), углы перелома профиля не

должны превышать 1,5 %, а смещения верха опор – 1/800 пролёта [2]. Для условий линии Москва – Минск требуется проведение дополнительных исследований для введения дифференцированной шкалы допускаемых вертикальных прогибов.

Дополнительным ограничением служат вертикальные ускорения на уровне верхнего строения пути: не более 0,35g для балластного пути и 0,50g, для безбалластного. Для обеспечения комфорта пассажиров ускорения на уровне вагона не должны превышать 0,15g по вертикали и 0,1g по горизонтали. При высоких скоростях движения возникают значительные динамические воздействия на балластный слой, что может приводить к его дестабилизации. В этой связи для мостов ВСМ целесообразно применение безбалластного мостового полотна.

На мостах обязательно применение бесстыкового пути, что снижает вынужденные колебания от поездной нагрузки, но создаёт дополнительные продольные усилия в рельсах из-за температурных деформаций моста. Расчёт системы «мост – бесстыковой путь» должен выполняться индивидуально для каждого сооружения с учётом типа мостового полотна.

С конструктивной точки зрения для модернизации существующей линии целесообразно применять унифицированные решения: для малых и средних мостов – сборные или монолитные железобетонные балки, для больших пролётов – металлические фермы или арки. При этом обязательным является устройство переходных участков переменной жёсткости на подходах к мостам (не менее 50 м с каждой стороны) для обеспечения плавности хода.

Таким образом, для повышения скоростей на линии Москва – Минск требуется провести обследование каждого искусственного сооружения на предмет соответствия нормам по жёсткости и динамическим характеристикам. Сооружения, не удовлетворяющие требованиям, подлежат усилению или замене. Для успешной реализации проекта необходим комплексный учёт строительно-технических рисков, включая сложные инженерно-геологические условия, которые могут повлиять на конструктивные решения мостов.

Список литературы

1 **Никитенко, М. Ю.** Перспективы строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали Минск – Москва: анализ возможностей и вызовов / М. Ю. Никитенко // Наука – транспортной инфраструктуре : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, студентов и учащихся колледжей / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2025. – С. 95–96.

2 **Бенин, А. В.** Особенности проектирования и строительства мостов высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Казань» / А. В. Бенин, Л. К. Дьяченко, В. Н. Смирнов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – № 4 (45). – С. 15–20.

3 **Круглов, В. М.** О проектировании мостов на высокоскоростных железнодорожных магистралях России / В. М. Круглов, Е. С. Ашпиз // Науковедение (Вестник евразийской науки). – 2014. – № 5 (24).

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ «ПОСЛЕДНЕЙ МИЛИ» С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ В ЗОНАХ ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА (A2/AD)

Ю. В. ПАВЛОВА, Д. Ю. МЯГКОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет», г. Минск

Современная оперативная обстановка характеризуется высокой плотностью средств разведки и огневого поражения, что делает традиционные методы логистики крайне уязвимыми. Концепция зон ограничения и воспреещения доступа и маневра (Anti-Access/Area Denial, A2/AD) предполагает создание противником условий, при которых подвоз материальных средств автомобильным транспортом становится невозможным из-за гарантированного уничтожения колонн на подступах к передовой [8].

Наиболее критическим участком снабжения является «последняя миля» – отрезок пути от батальонного звена непосредственно до взводных опорных пунктов. В этой зоне плотность работы средств радиоэлектронной борьбы (далее – РЭБ) и активность FPV-дронов противника достигают максимума. Традиционная логистика, полагающаяся на человеческий ресурс и стандартную технику, в данных условиях демонстрирует низкую эффективность и ведет к неоправданно высоким потерям личного состава.

Решением проблемы является глубокая автоматизация и роботизация логистических процессов через внедрение автономных систем, способных функционировать без постоянного канала связи с оператором и сигналов спутниковой навигации [1].

Объект исследования: система материально-технического обеспечения (далее – МТО) войсковых подразделений в условиях ведения боевых действий высокой интенсивности.

Предмет исследования: алгоритмы, методы и технические решения по использованию автономных робототехнических комплексов (далее – РТК) для оптимизации доставки грузов в зонах активного противодействия противника.

Цель работы: разработать научно обоснованную модель функционирования автономной логистической системы «последней мили», способной обеспечить бесперебойное снабжение войск в условиях огневого и радиоэлектронного блокирования зон доступа.

Проблематика логистики в контуре A2/AD

«Под концепцией A2/AD (англ. Anti-Access/Area Denial – ограничение и воспреещение доступа и маневра) в современной военной науке понима-

ется совокупность взаимосвязанных мер и средств, направленных на создание повышенных рисков для сил противника при их попытке входа в зону конфликта или маневрирования внутри нее [9]. В контексте войсковой логистики функционирование в зоне A2/AD означает невозможность использования традиционных эшелонированных колонн из-за активного применения противником средств радиоэлектронного подавления и высокоточного оружия» [9].

Зона A2/AD создает для служб тыла три критических барьера:

1 Визуальная прозрачность. Средства аэрозразведки позволяют противнику в реальном времени отслеживать любое движение техники крупнее квадротика.

2 Навигационный вакуум. Подавление сигналов GPS/ГЛОНАСС делает невозможным использование простых коммерческих беспилотников.

3 Огневая децентрализация. Наличие у противника большого количества кочующих огневых средств требует от логистики максимальной рассредоточенности [7].

Оптимизация логистики в таких условиях требует перехода от «линейных колонн» к «роевым структурам» доставки. Использование одного автономного грузовика заменяется группой из 10–15 малых роботов, что повышает выживаемость системы в целом: уничтожение одной единицы не приводит к срыву всей задачи снабжения.

Автономная навигация без ГНСС и связи

Ключевым техническим вызовом является обеспечение автономности робота в условиях работы РЭБ. Предлагается комплексный метод навигации, не зависящий от внешних сигналов [10].

Одометрия и инерциальные системы. Использование высокоточных гироскопов и акселерометров для вычисления пройденного пути по «мертвой точке».

SLAM-технологии (Simultaneous Localization and Mapping). Робот строит карту местности в реальном времени с помощью лидаров и стереокамер, сопоставляя ее с загруженной спутниковой картой высот [4].

Визуальная навигация по ориентирам. Алгоритмы ИИ позволяют системе распознавать характерные объекты ландшафта (дороги, опушки лесов, разрушенные строения) и корректировать курс без обращения к спутникам.

Модель «Матрешки»: комбинированные РТК

Для зон с высокой интенсивностью обстрелов предлагается двухуровневая модель доставки. Крупный наземный робототехнический комплекс (НРТК) выполняет роль «матки», доставляя группу малых дронов-камикадзе или дронов-доставщиков в точку, находящуюся вне зоны прямой видимости противника. На финальном отрезке (500–1000 метров) малые дроны совершают низковысотный полет в режиме полного радиомолчания, используя алгоритмы машинного зрения для обнаружения приемной площадки [6].

Это позволяет минимизировать «цифровой след» логистической операции и исключить перехват управления противником. Таким образом, на рисунке 1 представлена эшелонированная модель «Матрица снабжения», отражающая трансформацию логистического потока при вхождении в зону активного противодействия противника (A2/AD).

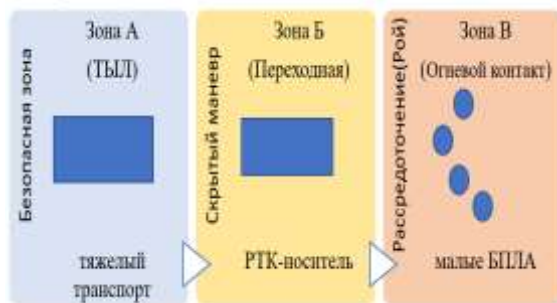


Рисунок 1 – Уровень риска и РЭБ противника

Зона А (тыл): характеризуется использованием традиционного крупнотоннажного транспорта. В этой зоне логистика опирается на максимальную грузоподъемность для доставки ресурсов до узловых точек дистрибуции (батальонный уровень).

Зона Б (переходная): является буферной областью, где происходит перевалка грузов на наземные робототехнические комплексы (РТК) среднего класса. Основная задача РТК-носителя – скрытное перемещение по пересеченной местности в точку выпуска автономных систем, минимизируя визуальную и тепловую заметность.

Зона В (зона прямого огневого контакта): наиболее опасный участок, где РТК-носитель выпускает «рой» малых автономных модулей (колесных платформ или БПЛА-доставщиков).

Представленная на рисунке 1 модель роевого снабжения позволяеткратно увеличить живучесть логистических цепочек, так как поражение одного автономного модуля не приводит к потере всей партии боеприпасов. Данная модель наглядно демонстрирует переход от концентрированной цели (один грузовик) к децентрализованной системе (множество мелких целей). Этократно снижает вероятность потери всей партии груза: даже при поражении 1–2 малых модулей средствами РЭБ или FPV-дронами противника, основная часть материальных средств (до 80–90 %) гарантированно достигает конечного адресата на передовой.

4 Сравнительный анализ современных роботизированных систем в контексте логистики «последней мили».

Для реализации предложенной модели «Матрица снабжения» необходимо использование специализированных платформ, обладающих высокой степенью автономности и устойчивости к средствам РЭБ. Рассмотрим наиболее характерные образцы.

БПЛА семейства «Упырь» и аналоги. Данные комплексы изначально проектировались как ударные (камикадзе), их архитектура (высокая помехозащищенность видеосигнала и использование нестандартных частот управления) идеально подходит для экстренной доставки малогабаритных грузов (медикаменты, спецсвязь, боеприпасы) в условиях плотного радиоэлектронного противодействия [8]. Применение данных дронов в логистических целях позволяет реализовать тактику «молниеносной доставки», где малая заметность и высокая скорость нивелируют риск огневого поражения.

Многофункциональный комплекс «Гербера». Данная платформа демонстрирует переход к концепции «ложной цели» и «роя». В логистическом контексте «Гербера» может использоваться в качестве авиационного компонента «Матрешки»: часть дронов несет полезную нагрузку, в то время как другие имитируют ударные группы, отвлекая на себя средства ПВО и РЭБ противника. Это обеспечивает безопасный коридор для доставки ресурсов в Зону В.

Наземные роботизированные платформы (типа «БР-2», «Курьер»). Отечественные гусеничные и колесные РТК малого класса [7]. Их преимущество заключается в способности перемещать грузы весом до 50–100 кг на сверхмалых высотах (на уровне земли), что делает их практически невидимыми для радиолокационных средств обнаружения. Автономность таких систем обеспечивается за счет внедрения элементов машинного зрения, позволяющих обходить препятствия без участия оператора.

Зарубежный опыт (проект Silent Arrow). Анализ западных разработок показывает движение в сторону одноразовых беспилотных планеров. Такие системы, сбрасываемые с транспортных самолетов или РТК-носителей, способны бесшумно планировать в точку назначения, полностью исключая радиоизлучение в процессе полета, что является эталоном скрытности в зонах A2/AD.

Сравнительная оценка показывает, что наиболее жизнеспособной является интеграция наземных систем (для скрытности и веса) и воздушных систем (для скорости и преодоления сложных рельефов). Использование отечественных разработок типа «Гербера» и «Упырь» в нетрадиционной, логистической роли открывает новые возможности для маневра ресурсами под плотным огнем.

На основании проведенного анализа функционирования автономных систем в зонах A2/AD можно сформулировать следующие выводы.

1 Технологическая неизбежность. Традиционная логистика «последней мили» в конфликтах нового поколения исчерпала свой ресурс безопасности. Переход к автономным РТК является единственным способом сохранения темпов снабжения без катастрофических потерь личного состава.

2 Приоритет автономности. Основным направлением развития должно стать не дистанционное управление, а полная программная автономность комплексов. Успех миссии зависит от способности робота принимать решения в условиях отсутствия связи [3].

3 Эффект рассредоточения. Оптимизация заключается в замене крупных логистических целей множеством малых автономных единиц, что создает избыточность системы икратно увеличивает стоимость ее подавления для противника.

4 Междисциплинарный характер. Реализация предложенной модели требует интеграции достижений в области ИИ, сенсорики и теории управления цепочками поставок в единый военно-технический стандарт МТО [8].

Список литературы

1 Об обороне : Федер. Закон от 31.05.1996 № 61-ФЗ : [по состоянию на 2024 г.]. – М. : Ось-89, 2024. – 48 с.

2 **Безсонов, Д. В.** Информационно-психологическое противоборство : учеб. пособие / Д. В. Безсонов. – М. : КноРус, 2024. – 210 с.

3 **Караяни, А. Г.** Военная психология : учеб. / А. Г. Караяни. – М. : Юрайт, 2023. – 480 с.

4 **Манойло, А. В.** Информационные войны в современных конфликтах / А. В. Манойло. – М. : Горячая линия – Телеком, 2022. – 541 с.

5 **Крук, В. М.** Современные направления психологического воздействия / В. М. Крук // Армейский сборник. – 2022. – № 11. – С. 142–148.

6 **Лебедев, И. М.** Информационная устойчивость тыла / И. М. Лебедев // Военная мысль. – 2024. – № 2. – С. 85–93.

7 **Сидоров, А. П.** Логистика «последней мили» и РЭБ / А. П. Сидоров // Наука и военная безопасность. – 2023. – № 4. – С. 22–29.

8 **Холмогоров, А. С.** Робототехника в системах МТО : монография / А. С. Холмогоров. – СПб. : ВА МТО, 2023. – 312 с.

9 **Копылов, А. В.** О пресловутой концепции «A2/AD» в оперативной стратегии США и НАТО / А. В. Копылов // Военная мысль. – 2021. – № 7. – С. 141–151.

10 Министерство обороны Российской Федерации : [сайт]. – Москва, 2001–2026. – URL: mil.ru (дата обращения: 22.03.2026).

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ВОИНСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА СТАНЦИЯХ

М. И. ПИСАРЕНКО

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Современные вооруженные конфликты, особенно опыт специальной военной операции, коренным образом меняют подходы к организации воинских перевозок. Если в годы Великой Отечественной войны главными вызовами были масштаб и скорость перебросок, то сегодня на первый план выходят живучесть инфраструктуры, защита от беспилотных средств поражения и цифровизация управления. Железнодорожные станции – не только пункты погрузки-выгрузки, но и логистические центры, работающие в условиях повышенной угрозы.

Опыт современных вооруженных конфликтов убедительно демонстрирует критическую уязвимость воинских эшелонов. Железнодорожный транспорт, оставаясь главной артерией снабжения фронта, одновременно превращается в высокоприоритетную цель для высокоточного оружия и диверсионных групп противника.

Основные вызовы включают высокую людскую составляющую, когда гибель локомотивных бригад и сопровождающего личного состава при ударах по эшелонам наносит невосполнимый урон кадровому потенциалу. Внедрение беспилотных технологий позволяет перевести воинские перевозки в формат, где основной объем перевозок выполняется с минимальным участием человека либо дистанционно, что существенно снижает перечисленные риски.

Беспилотная железнодорожная платформа представляет собой тяговый подвижной состав – локомотив или моторвагонный подвижной состав, оснащенный системами автоведения и технического зрения. Ключевыми элементами такой платформы являются автоматизированная система управления, обеспечивающая автоведение по расписанию и координатам, а также функцию виртуальной сцепки, позволяющую вести колонну из нескольких беспилотных платформ без машинистов в каждой единице.

Система технического зрения включает радарные комплексы для обнаружения препятствий – обвалов и техники на путях, а также систему распознавания сигналов светофоров и стрелочных переводов.

Каналы связи организованы по многоуровневому принципу, который включает в себя основной защищенный радиоканал с частотным скачкооб-

разным перестроением, резервный спутниковый канал, в том числе с использованием низкоорбитальных систем, и аварийный волоконно-оптический кабель, разматываемый с платформы для работы в зонах активного применения средств радиоэлектронной борьбы. Дополнительно предусматривается функция дистанционного передвижения платформы оператором с пункта управления или с ведущего локомотива в эшелоне.

Внедрение беспилотных железнодорожных платформ требует изменения структуры железнодорожных войск и служб военных сообщений. Обладает значимостью переход к новой организационной модели, включающей центр диспетчеризации – пункт управления на шасси защищенного автомобиля или в контейнере, где один оператор управляет несколькими составами одновременно. Однако задействована и группа сопровождения из двух-трех человек на бронеавтомобиле или вертолете, следующая параллельно маршруту для решения нештатных ситуаций, таких как ручная перестановка стрелки.

Все эти меры позволят повысить живучесть личного состава за счет отсутствия экипажа на борту. При подрыве на mine или ракетном ударе теряется только материальная часть, но сохраняется квалифицированный персонал, дефицит которого в военное время решает исход конфликта.

Распределение тяги позволяет вести колонну из пяти/десяти беспилотных платформ, рассредоточенных по перегону с интервалом в несколько километров, что делает невозможным уничтожение всего эшелона одним сосредоточенным ударом противника.

Железнодорожные пути в зоне проведения военных операций и на прилегающих территориях являются объектами первоочередного воздействия противника. Основные угрозы включают диверсионную деятельность, такую как подрывы пути, разрушение стрелочных переводов и повреждение контактной сети, а также огневое поражение в виде артиллерийских обстрелов, ударов высокоточным оружием и последствий боевых действий – воронок, завалов и разрушенных искусственных сооружений.

Кроме того, существуют естественные факторы, такие как падение деревьев и природные катаклизмы, которые в условиях дефицита времени на восстановление требуют оперативного выявления. Традиционные методы контроля состояния пути, такие как путеобходчики, характеризуются низкой скоростью, высокой уязвимостью личного состава и невозможностью работы в зоне огневого контакта. В зависимости от задач и удаленности участка железной дороги от линии боевого соприкосновения применяются различные классы беспилотных систем.

Разведка пути с помощью БЛА осуществляется комплексно с использованием нескольких типов полезной нагрузки. Оптико-электронная разведка в визуальном диапазоне позволяет обнаруживать воронки, разруше-

ния рельсошпальной решетки, завалы, посторонние предметы на путях и повреждения стрелочных переводов. Полет вдоль перегона на высоте 100–400 метров с использованием камер высокого разрешения дополняется обработкой снимков с помощью нейросетей для автоматического выделения аномалий. Тепловизионная разведка в инфракрасном диапазоне эффективна для обнаружения свежееуложенного грунта – признака возможной закладки взрывных устройств. Лазерное сканирование позволяет создавать высокоточные трехмерные модели участков пути для оценки геометрии – ширины колеи, просадок, состояния балластной призмы и выявления деформаций мостов и путепроводов, что критически важно для безопасности движения.

Предварительная разведка проводится за 24–48 часов до пропуска эшелона на глубину до 100–150 километров от линии боевого соприкосновения. Разведка после удара проводится сразу после огневого воздействия для оценки степени повреждения пути и определения возможности пропуска состава без восстановительных работ или необходимости объезда. БЛА позволяет выполнить эту задачу без риска для восстановительных бригад, которые вводятся только после подтверждения безопасности.

Внедрение беспилотных железнодорожных платформ в систему воинских перевозок и применение беспилотных летательных аппаратов для разведки состояния железнодорожного пути является не технологическим трендом, а оперативной необходимостью. Снижается зависимость пропускной способности железных дорог от человеческого фактора, включая усталость и психологическое состояние под обстрелами. Для реализации данной концепции необходимо выделение финансирования, а также подготовка операторов-диспетчеров в ближайшие годы.

Список литературы

1 Громов, А. Н. Железнодорожные узлы в условиях военных угроз: уязвимость и защита / А. Н. Громов, В. П. Савельев. – М. : Транспортная наука, 2023. – 278 с.

2 Опыт противодействия беспилотным летательным аппаратам на объектах транспортной инфраструктуры // Сб. ст. Научно-исследовательского института транспортной безопасности. – 2025.

3 Тактические приемы восстановления движения на железнодорожных узлах после огневого поражения / под ред. В. К. Морозова. – СПб. : Петерб. гос. ун-т путей сообщения, 2024. – 164 с.

4 Белов, И. Е. Инженерная защита устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / И. Е. Белов, А. В. Субботин. – Екатеринбург : Урал. гос. ун-т путей сообщения, 2024. – 132 с.

ВОЕННАЯ ЛОГИСТИКА: ОСОБЕННОСТИ И ОТЛИЧИЯ ОТ ГРАЖДАНСКИХ ПЕРЕВОЗОК

О. В. РАБУС, И. Д. КРАВЦОВ

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

На протяжении всей истории человечества существование государств и обществ было немыслимо без налаженной системы снабжения – продовольствием, товарами повседневного спроса, промышленной продукцией.

Наряду с мирным развитием всегда имели место войны – локальные и масштабные конфликты. Армия нуждается в регулярном, бесперебойном и четко организованном обеспечении всем необходимым: от гражданских предметов (одежда, обувь, бытовые принадлежности) до специфических военных нужд (боеприпасы, техника, оружие, запчасти, медицинское имущество).

Военная логистика – это дисциплина, занимающаяся планированием и реализацией перемещения, снабжения и обслуживания Вооруженных Сил. В широком смысле она охватывает:

- проектирование, закупку, хранение, распределение, техническое обслуживание, эвакуацию и утилизацию материальных средств;
- транспортировку личного состава;
- строительство, эксплуатацию и содержание объектов;
- организацию закупки услуг;
- медицинское и санитарное обеспечение.

За этими сухими формулировками стоит высочайший профессионализм, умение точно планировать поставки и выполнять их в установленные сроки. В гражданской логистике, как правило, есть удобные подъездные пути, оборудованные склады, техника и бригады рабочих. Груз разгружают в спокойной обстановке, без угрозы внезапного изменения обстановки.

Военная логистика вынуждена учитывать те же факторы, но в условиях боевых действий или постоянно меняющейся обстановки. Склады с боеприпасами, конечно, не располагают прямо на передовой, однако доставка грузов, их приемка, распределение по участкам фронта и перегрузка происходят в условиях, далеких от идеальных. Кроме того, необходимо организовать консолидацию грузов, отправляемых «с колес» – без длительного хранения.

Ключевое отличие военной логистики от гражданской – в целеполагании. Военная логистика сосредоточена на обеспечении Вооруженных Сил всем необходимым для выполнения боевой миссии, включая снабжение персонала в зонах боевых действий, транспортировку имущества и координацию перемещения подразделений. Гражданская же логистика нацелена на эффективное перемещение товаров между поставщиками и потребителями: управление запасами, перевозки, клиентский сервис.

Военная логистика требует более сложного планирования и координации в силу уникального характера военных операций и необходимости действовать в самых разных условиях.

Основные проблемы военной логистики:

1 Обеспечение быстрой доставки – потребность вооруженных сил в оперативном снабжении создает серьезную нагрузку на логистов.

2 Поддержание оптимального уровня запасов – неопределенность спроса, погодные и боевые факторы затрудняют нормирование.

3 Соблюдение специальных требований – военные предъявляют уникальные спецификации к предметам снабжения.

4 Адаптация к изменяющимся условиям – требуется быстро перестраивать сеть поставок при развертывании в новом регионе или в чрезвычайной ситуации.

5 Обеспечение безопасности поставок – в опасных или нестабильных районах необходимо разрабатывать особые системы сохранности грузов.

6 Отслеживание и учет – точная регистрация всех поставок и материалов критически важна для эффективного управления.

7 Использование технологий – нужно применять новейшие средства для точного и эффективного управления.

Эти проблемы внешне перекликаются с гражданскими, однако последствия сбоев в военной логистике, разрыв цепочек поставок или нерасчетное увеличение плеча доставки могут быть катастрофическими.

Пути решения проблем военной логистики:

1 Внедрение передовых технологий – искусственный интеллект, робототехника, автоматизация для повышения эффективности.

2 Создание централизованной логистической системы – для лучшего управления запасами, оптимизации процессов и снижения издержек.

3 Улучшение подготовки кадров – обучение военного персонала основам логистики для точности и оперативности.

4 Налаживание коммуникации – между логистическими подразделениями и боевыми частями для бесперебойной работы.

5 Оптимизация процессов – снижение затрат и повышение эффективности.

6 Развитие сотрудничества – обмен лучшими практиками между логистическими и другими подразделениями вооруженных сил.

Несмотря на специфику, доверить военные перевозки можно гражданским профессионалам. Они обладают необходимыми знаниями и опытом для оказания широкого спектра услуг – от стратегического планирования до тактической реализации. Гражданские специалисты способны оказывать поддержку в управлении цепочками поставок, учете запасов и активов, организации транспортировки.

Требования к специалистам по военной логистике:

- знание принципов, практик и процедур логистики;
- отличные организаторские и аналитические способности;

- умение управлять несколькими задачами одновременно;
- способность работать в стрессовых условиях и соблюдать сроки;
- сильные коммуникативные навыки;
- умение работать как по инструкции, так и самостоятельно;
- желателен военный опыт;
- для некоторых операций может требоваться допуск к секретным сведениям.

Однако на практике наиболее ответственными направлениями военной логистики, как правило, занимаются сугубо военные специалисты.

В современных условиях на территории Республики Беларусь железнодорожный транспорт остается самым мощным видом сухопутного транспорта, используемым для обеспечения военной логистики.

Главными достоинствами железнодорожного транспорта являются:

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.

Список литературы

1 Военная логистика // «Пресс-центр». – URL: <https://novelco.ru/press-tsentr/voennaya-logistika-osobennosti-i-otlichiya-ot-grazhdanskikh-gruzoperevozok/> (дата обращения: 10.04.2026).

УДК 355.41

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПОДВОЗА МАТЕРИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ВОЙСКАМ ОПЕРАТИВНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

В. П. СТЕПУК

Учреждение образования

«Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

Анализ функционирования системы подвоза материальных средств (МатС) в ходе ведения современных военных действий (операции) сталкива-

ется с рядом проблемных вопросов как организационного, так и технического характера, обусловленных спецификой выполнения задач [1–3]. При этом в рамках проводимого научного исследования, выделяются основные из них.

1 Несовершенство научно-методического аппарата по планированию подвоза МатС. Применяемые методики не позволяют в полной мере учесть все факторы и ограничения при постановке математической задачи, например, распределения ресурсов МатС, комплексного использования транспорта или выбора маршрутов (методов оценки транспортных сетей, используемых в теории графов), влияющие на эффективность системы подвоза. Как правило, должностными лицами органов управления тыловым обеспечением (ОУТО) используется набор типовых алгоритмов и выполняются (разрабатываются) формализованные расчеты с использованием типового набора аналитических выражений.

2 Отсутствие системы оценки плана подвоза на эффективность и его адаптивность изменениям оперативно-тыловой обстановки. Принимаемые решения не проверяются на эффективность и реализуемость (принимается любой проект плана, позволяющий компенсировать показатели потребности войск и ее удовлетворения с ограничениями по времени выполнения задачи), вариативность вырабатываемых решений, как правило, отсутствует. При этом организационные аспекты качества планирования подвоза МатС чаще всего базируются на опыте и интуиции соответствующих должностных лиц ОУТО, а технические аспекты – на умении этих должностных лиц безошибочно выполнять несложные вычисления, но в большом количестве. То есть формируемые планы подвоза МатС представляют собой, по существу, планы распределения сил и транспортных средств отдельных формирований (подразделений) тылового обеспечения для организации доставки МатС войскам.

3 Отсутствие автоматизированной системы поддержки принятия решений по МатО, адаптивной к динамично изменяющимся условиям оперативной обстановки.

Автоматизация процедур поддержки принятия решений по МатО и подвозу МатС, является одной из приоритетных задач развития и совершенствования облика современной системы тылового обеспечения войск.

Методика работы ОУТО в автоматизированных системах управления (АСУ) базируется преимущественно на традиционных приемах и методах расчета, что позволяет получить машинный вариант плана подвоза и выписки из него. Недостатком методики работы ОУТО в АСУ является отсутствие единого программного обеспечения для работы в общей сети штаба объединения и совместимости документов, разработанных различными исполнителями.

В ходе научного исследования предлагается применение нового научного подхода, позволяющего адаптировать систему МатО и подвоза МатС в

условиях высокой неопределенности и прогнозирования обоснованных решений. Он заключается в создании «цифрового двойника», где реальная система управления и реальный объект управления системы подвоза МатС имитируются «цифровыми» аналогами. Представляет собой имитационную модель системы управления и объекта управления, воспроизводящую варианты возможного поведения системы в процессе выполнения плана подвоза в ответ на варианты управляющих воздействий модели системы управления по разработанному алгоритму (рисунок 1) [4].

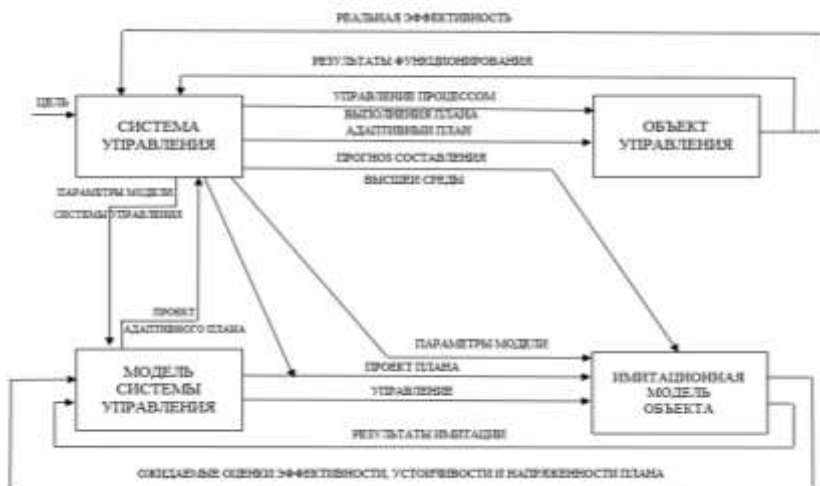


Рисунок 1 – Блок-схема адаптивного алгоритма оценки и оптимизации системы подвоза МатС с использованием имитационной модели

Параметры модели объекта управления и модели системы управления задаются реальной системой управления на основе получения свойств реального объекта и формализации принципов принятия оперативных управленческих решений. Кроме того, в процессе имитации функционирования объекта управления используются вырабатываемые системой управления прогнозы внешней среды [5].

Порядок функционирования новой адаптивной системы следующий:

- варианты проекта плана, вырабатываемые системой управления или ее моделью, используются в процессах имитации с учетом прогнозных условий внешней среды;
- оперативные управляющие воздействия вырабатываются моделью системы управления по заданным правилам и различным критериям;
- результаты имитации, а также ожидаемые оценки эффективности, устойчивости и напряженности плана анализируются в модели системы

управления ими в случае, когда требуется нестандартное решение, в реальной системе управления вырабатывается новый проект плана, выполнение которого заново имитируется.

Циклический процесс осуществляется до тех пор, пока не будет выработан план, улучшение которого в рамках принятого подхода и с учетом принятых ограничений невозможно. Таким образом, вырабатывается адаптивный план.

Однако сложность для практической реализации сформулированного подхода представляет организация сбора, хранения, классификации и анализа типичных случаев, так называемых сбоев в системе подвоза МатС войскам (силам) под действием внешних воздействий, прежде всего воздействия противника, а также анализ и обобщение ситуаций, в которых сбои давала действующая система управления. Подобная «база» ситуаций после соответствующей статистической обработки может быть использована при задании параметров имитационных систем и выработке формальных процедур принятия решений.

Представленный новый научный подход позволит определить теоретическую значимость, которая заключается в развитии теории тыла в области исследования актуальных проблем теории, функционирования и развития системы подвоза МатС войскам (силам).

Список литературы

1 **Сержантов, А. В.** Трансформация содержания войны: от прошлого к современному / А. В. Сержантов // Военная мысль. – 2021. – № 1. – С. 45–56.

2 **Богданов, Д. Ю.** Анализ существующих штабных методик, используемых при организации материального обеспечения войск в операции / Д. Ю. Богданов // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2014. – № 2. – С. 3–9.

3 **Степук, В. П.** Основные аналитические выражения для расчета возможностей автомобильного транспорта, используемые при планировании подвоза материальных средств / В. П. Степук, Д. Ю. Богданов // Сб. науч. ст. XIII науч.-практ. конф. с междунар. участием / ПВИ войск национальной гвардии. – Пермь, 2023. – Ч. 1. – С. 355–360.

4 **Харин, Ю. С.** Основы имитационного и статистического моделирования : учеб. пособие / Ю. С. Харин. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 288 с.

5 **Филяев, М. П.** Технология создания специализированных инструментальных средств имитационного моделирования логистических процессов / М. П. Филяев, А. А. Воробьев // Имитационное моделирование. Теория и практика : IX Всерос. науч.-практ. конф., г. Екатеринбург, 16–18 окт. 2019 г. / Урал. федерал. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург, 2019. – С. 580–586.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПОГРУЗКИ ВОИНСКИХ ГРУЗОВ НА МЕСТАХ ОБЩЕГО И НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

С. Н. ТИМАШКОВ

*Учреждение образования**«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель*

При организации погрузки и выгрузки воинских грузов при перевозке железнодорожным транспортом используются, как правило, промежуточные станции, находящиеся вне крупных железнодорожных узлов. Это позволяет свести к минимуму вероятность разрушения объектов железнодорожной станции от атак противника, так как в приоритете уничтожение крупных железнодорожных узлов и станций, а также обеспечение максимальной маскировки района погрузки (выгрузки) войск.

Погрузка воинских эшелонов осуществляется на местах общего и необщего пользования. В первом случае все технологические операции выполняются на железнодорожной станции, во втором – на железнодорожной станции и подъездном пути ветвевладельца (как правило, воинской части).

Процесс погрузки воинских эшелонов стандартизирован и состоит из нескольких основных этапов, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы погрузки воинских эшелонов

Этапы	Технические и технологические операции
1 этап. Подготовительный	Подача и расстановка железнодорожного порожнего подвижного состава. Коммерческий осмотр поданного подвижного состава. Подготовка фронта погрузки
2 этап. Размещение груза	Размещение вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ) и военного имущества на (в) железнодорожном подвижном составе
3 этап. Закрепление груза	Закрепление в соответствии с требованиями, предъявляемыми руководящими документами для определенной номенклатуры груза
4 этап. Завершающий	Оформление перевозочных документов. Комиссионный коммерческий осмотр погруженного и закрепленного ВВСТ и военного имущества. Устранение недостатков по закреплению ВВСТ, выявленных в ходе работы комиссии по проверке правильности размещения и крепления. Уборка и отправление воинского эшелона

В ходе проведения *1-го этапа* Белорусская железная дорога во взаимодействии с органами военных сообщений осуществляет подачу порожнего подвижного состава на фронт погрузки с учетом заявки отправителя. В том случае, когда вместимость фронта погрузки меньше заявленной отправителем потребности в железнодорожном подвижном составе, подача к месту погрузки осуществляется более чем в одну подачу. После расстановки порожнего подвижного состава на фронте погрузки представитель отправителя (воинской части) совместно с представителем органов военных сообщений проверяют поданный подвижной состав в коммерческом отношении на пригодность к перевозке заявленной номенклатуры груза. В ходе коммерческого осмотра проверяется целостность пола платформ (состояние деревянного настила, наличие металлической полосы вдоль продольной оси платформы и возможность с учетом ее закрепления ВВСТ упорными брусками, металлическими скобами), наличие и техническое состояние бортов платформ; состояние кузова с боковыми и торцевыми стенами, пола полувагонов; пригодность крытых вагонов для перевозки заявленной номенклатуры грузов, состояние кузова, исправность дверей, запорно-пломбировочных устройств и др. Параллельно коммерческому осмотру подвижного состава отправитель подготавливает фронт погрузки – рассредотачивает ВВСТ и военное имущество для погрузки, средства крепления, переходные мостки, личный состав погрузочных команд.

2-й этап погрузки включает непосредственно саму погрузку ВВСТ и военного имущества на (в) железнодорожный подвижной состав (самоходом, краном, вручную, при помощи других средств механизации) и размещение с учетом норм и требований руководящих документов, действующих на Белорусской железной дороге и в Вооруженных силах Республики Беларусь.

От конструктивных особенностей погрузочно-выгрузочных мест фронтов погрузки и характера выполняемых на них работ зависит композиция состава подачи вагонов к местам производства грузовых работ и сам технологический процесс погрузки ВВСТ и военного имущества. Выделяют три типа технического обеспечения погрузочно-выгрузочных фронтов для воинских грузов в зависимости от места размещения обустройств железнодорожных путей и характера производства работ [1, с. 176].

1 Боковое расположение постоянных грузовых платформ (рамп) и аппарелей у пути погрузки-выгрузки (рисунок 1).

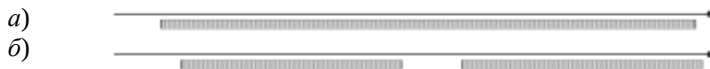


Рисунок 1 – Боковое расположение постоянных грузовых платформ (рамп) и аппарелей: а – сплошное; б – островное

Боковое сплошное расположение погрузочно-выгрузочных устройств характерно для постоянных грузовых платформ, боковое островное – как для постоянных грузовых платформ, так и боковых секций аппарелей в пределах фронта погрузки. В этих случаях порожний подвижной состав может размещаться по фронту погрузки единой композицией, либо группами вагонов. В обоих случаях погрузка может осуществляться более чем с одной точки фронта.

2 Торцевое расположение постоянных грузовых платформ (рамп) и аппарелей у пути погрузки-выгрузки (рисунок 2).



Рисунок 2 – Торцевое расположение постоянных грузовых платформ (рамп) и аппарелей

Торцевое расположение погрузочно-выгрузочных устройств характерно как для постоянных грузовых платформ, так и для секции аппарели. В этом случае порожний подвижной состав размещается по фронту погрузки единой композицией и погрузка осуществляется с одной точки фронта. Погрузка крытых вагонов, полувагонов осуществляется с площадки с удобным подъездом (в случае ее наличия вдоль погрузочно-выгрузочного пути) по прямому варианту либо с применением средств механизации.

3 Комбинированное сплошное и комбинированное островное расположение постоянных грузовых платформ (рамп) и аппарелей на всем протяжении или части погрузочно-выгрузочного пути (рисунок 3).



Рисунок 3 – Комбинированное расположение постоянных грузовых платформ (рамп) и аппарелей: а – сплошное; б – островное

Комбинированное сплошное расположение погрузочно-выгрузочных устройств характерно для постоянных грузовых платформ, комбинированное островное – как для постоянных грузовых платформ, так и боковых секций аппарелей в пределах фронта погрузки. В этом случае порожний подвижной состав может размещаться по фронту погрузки единой композицией, либо группами вагонов. В обоих случаях погрузка может осуществляться более чем с одной точки фронта.

В ходе проведения 3-го этапа погрузки осуществляется закрепление ВВСТ и другого военного имущества в соответствии с требованиями, предъявляемыми руководящими документами для определенной номенклатуры груза.

Существует 6 способов закрепления военных гусеничных машин и 3 способа закрепления колесной техники [2, с. 83, 89]. Размещение и закрепление тарно-штучных грузов и другого военного имущества осуществляется в соответствии с требованиями руководящих документов Белорусской железной дороги.

На завершающем этапе (*4-й этап*) отправитель оформляет в товарной конторе перевозочные документы (оформление перевозочных документов может осуществляться параллельно технологическим мероприятиям 3-го этапа). Комиссионный коммерческий осмотр погруженного и закрепленного ВВСТ и военного имущества предполагает работу комиссии, состоящей из представителей отправителя, органов военных сообщений и Белорусской железной дороги, и направлен на проверку правильности размещения и закрепления груза, закрытия бортов, нанесения надписей «Сцеп не разъединять» (в случае размещения ВВСТ над сцепом платформ), нанесения на вагоны (ВВСТ) необходимых надписей индекса негабаритности, аварийных табличек при перевозке взрывчатых материалов, проверку закрепления поворотных частей ВВСТ и др. Заключительными технологическими операциями на 4-м этапе погрузки являются уборка и отправление воинского эшелона либо отправление воинского эшелона (в том случае, когда отправление осуществляется с пути, на котором осуществлялась погрузка воинского эшелона).

Организация воинских перевозок железнодорожным транспортом существенно отличается от организации перевозок грузов гражданского назначения, так как они направлены на поддержание боевой готовности силового блока и обеспечение безопасности государства в целом. Это сложная технологическая, логистическая и тактическая задача, главными особенностями которой являются их приоритетность перед гражданскими грузовыми, а иногда и пассажирскими составами, охрана (сопровождение) в пути следования, строгий регламент их выполнения, маскировка, специфика используемого подвижного состава.

Список литературы

1 Тимашков, С. Н. Опыт организации воинских перевозок и погрузки-выгрузки грузов на местах общего пользования железнодорожных станций / С. Н. Тимашков // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. тр. / Белорус. гос. ун-т трансп. – Вып. 5. – Гомель, 2023. – С. 174–185.

2 Гордюк, А. Г. Военные сообщения : учеб. пособие / А. Г. Гордюк, М. Г. Козлов. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 265 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСЛОВИЙ НЕСЕНИЯ СЛУЖБЫ КАРАУЛОВ ПО СОПРОВОЖДЕНИЮ ВОИНСКИХ ГРУЗОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

А. Д. ТРУБКИН

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Текущей проблемой перевозки воинских транспортов и эшелонов является:

1 Отсутствие комфортных вагонов для перевозки личного состава караула.

2 Маленькая мобильность, так как не ко всем воинским частям есть подъездные пути.

Для решения проблемы с «теплушками» был разработан 20-футовый контейнер. Он переоборудован под контейнер для проживания в пути следования личного состава караула. Для утепления было принято решение обложить стены риг-плитой, после этого обшить все стены ДСП толщиной 16 мм. А также для перевозок в холодное время года оборудовать контейнер металлической печью (буржуйка). Металлическую печь личный состав может использовать для приготовления и разогрева пищи.

В «теплушке» в летний период плохое проветривание, в контейнере же оборудованы два окна с торцевых сторон, которые обеспечивают хорошее сквозное проветривание в жаркую пору года, а также скрытность за счет своего расположения.

Контейнер оборудован двумя дверьми. Одна расположена с торцевой части, вторая – с боковой.

Жилая зона оборудована двумя одноярусными спальными местами и тремя двухъярусными спальными местами, столом, тремя сидячими местами для дежурящей смены караула, местом для хранения дров, шкафом для хранения личных вещей состава караула, вешалкой для сушки обмундирования. Также на стене расположен печной комплект и огнетушитель для тушения возгорания в случае его возникновения.

В «теплушках» до сих пор используются свечи. Для обеспечения зарядки устройств связи и света в контейнере предлагаю два варианта:

1 Оборудовать крышу контейнера быстроразъемными солнечными батареями, а внутри контейнера разместить аккумулятор для накопления энергии.

2 Разместить внутри контейнера аккумулятор для обеспечения большей скрытности перевозок.

Переход на перевозку контейнерами позволит грузить контейнеры на МАЗы серии 6317 и Уралы 4320, перевозить их к станции погрузки/выгрузки и грузить/разгружать. Также есть возможность перевозить кон-

тейнеры на платформе на кузове автомобилей МАЗ 6317 и Урал 4320 без перегрузки на фитинги.

В случае учений или боевых действий контейнер можно разместить в полевых условиях, замаскировать и использовать в качестве командного пункта, закопать в землю и использовать в качестве блиндажа.

Список литературы

1 Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Военные сообщения».

2 **Костенко, А. Ю.** Техническое обеспечение контейнерных перевозок : учеб. пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта / А. Ю. Костенко, Н. И. Костенко. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2023. – 153 с.

УДК 355.01

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИВОБОРСТВО В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

В. В. ЧЕРКАШИН, Д. С. СИЛЬВАНОВИЧ

Учреждение образования

«Белорусский национальный технический университет», г. Минск

В современную эпоху война перестала быть только противостоянием вооружений и тактик. Значимую роль в конфликтах приобрело информационное пространство, где ведется непрерывная борьба за умы, сердца и контроль над общественным мнением. Это не просто битва слов и слухов – это регламентированный и целенаправленный процесс, который способен кардинально менять ход военных событий. В отличие от традиционной войны, которая опирается на физическую силу, информационные операции воздействуют на психику, вызывая у противника деморализацию и разложение внутри. Сегодня – это оружие массового поражения, способное разрушать нации изнутри с помощью слухов, фейков, пропаганды или кибератак.

Информационное противоборство складывается из множества элементов. Одним из главных методов является распространение дезинформации и пропаганды. Ложные новости, слухи и фейковые факты распространяются через социальные сети, мессенджеры, а также через традиционные СМИ, создавая у общественности ложное восприятие реальности. В этом контексте важно подчеркнуть, что современное информационное пространство – это полигон для быстрого и массового распространения информации, зачастую без проверки ее достоверности.

Ключевым инструментом стали кибероперации и взломы. Атаки на инфраструктуру противника, саботаж систем связи, нейтрализация систем управления – все это снижает боеспособность сторон и создает хаос. В случае с Беларусью, как и с другими странами, важной становится защита собственных информационных ресурсов и активное противодействие внешним киберугрозам. В торговых и стратегических интересах – не допустить утечки критичных данных, а также обеспечить безопасность информационных систем.

Психологические операции занимают особое место в арсенале информационных войн. Они позволяют укреплять боевой дух своих войск, поддерживать мораль населения и одновременно деморализовать противника. Все чаще используют видеоролики, социальные сети, сообщения и анимацию для формирования настроений внутри и за пределами военного конфликта. Эффект достигается за счет быстрого распространения эмоциональных сообщений, вызывающих сочувствие или тревогу.

Однако современные вызовы связаны не только с возможностями быстрого распространения информации, а также с натянутыми границами допустимого. Развитие технологий искусственного интеллекта и автоматизированных систем позволяет создавать убедительные фальшивки, что значительно усложняет обнаружение и противодействие информационным атакам. В условиях глобальной межгосударственной конкуренции данные операции приобретают межгосударственный масштаб, что требует новых подходов к ее регуляции и защите.

Информационное противоборство – это не только тактика, это первая линия защиты внутри стратегического конфликта. Сегодня контроль над информационным пространством – это оружие, которое способно решить исход войны даже без единого выстрела. Побеждает тот, кто умеет управлять информацией и защищать свою информационную среду. В этом заключается измененная природа конфликта будущего – битвы за умы и сердца людей. Здесь не важна только территория, важна способность формировать восприятие реальности и бороться с искажениями.

В целом столкновение в информационном пространстве – это борьба за влияние и контроль, которая будет иметь значение не меньшее, а зачастую и большее, чем битва на поле боя. Умение работать с информацией станет ключевым навыком для будущих командиров, стратегов и информационных специалистов. В условиях стремительного развития технологий мы обязаны постоянно совершенствовать методы защиты и противостояния, ведь кто владеет информацией, тот в состоянии управлять исходом любой войны.

Список литературы

1 Методы и цели информационных войн // Студенческий научный форум. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016023722> (дата обращения: 13.04.2026).

ОСНОВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОБОРСТВА

А. С. ШИПИЛЕВ

Учреждение образования

«Военная академия Республики Беларусь», г. Минск

Информационное противоборство рассматривается сегодня как самостоятельная сфера стратегического взаимодействия между государствами (коалициями) международной и внутренней политики, где цель – влияние на восприятие, поведение и принятие решений. Терминология и подходы эволюционировали от представлений об «информационной войне» к более широким понятиям – «сетевая война», «сетецентрическая война», «информационно-психологическое противоборство», «ментальная война» и «когнитивная война». Исторические корни современных концепций прослеживаются в документах и исследованиях, подготовленных военными экспертами США в конце XX века.

Информационная война. Концепция информационной войны зародилась не в научном дискурсе, а в отчете «Системы вооружения и информационная война», который был подготовлен для американской авиастроительной корпорации Boeing. Автор отчета, американский ученый Томас Рон, высказал предположение, что информационная инфраструктура, которая уже в 1970-е гг. превратилась в один из ключевых элементов американской экономики, может стать легкой мишенью для потенциального противника. Суть концепции заключается в проведении различного рода мероприятий, ориентированных на создание условий для принятия в информационном пространстве противника психологического воздействия с целью достижения выгодных решений в военной, политической, экономической и иных областях [1]. И главным оружием выступают средства массовой информации, пропаганда и кибератаки.

Сетевая война. Термин «сетевая война» выражает роль новых информационных технологий в управлении современными военными конфликтами. На первый план выдвигается сетевой, а не иерархический принцип управления малыми группами. Сетевые войны, в отличие от традиционных военных конфликтов, нацеленных на физическое уничтожение противника и его критической инфраструктуры, направлены на разрыв коммуникаций и связи в войсках противника, а также влияния на их сознание [1]. Следовательно, все звенья сети связаны системой взаимодействий на основе новейших информационных технологий, несмотря на значительное расстояние друг от друга. В качестве элементов такой сети выступают не только от-

дельные подразделения регулярных войск, но также различного рода повстанческие, партизанские, террористические подразделения и группировки, ведущие подрывную деятельность в отношении противника. Поэтому в современных конфликтах на первый план выходят управление и контроль над сетью, позволяющие добиться доминирования и превосходства в сетевой войне.

Сетевая война – концепция ведения боевых действий, при которой участники операции (командование, разведка, средства поражения, средства связи и т. д.) объединяются в единую информационно-коммуникационную сеть с целью получения превосходства за счет высокой ситуационной осведомленности, ускорения принятия решений и самосинхронизации действий. Данная концепция базируется на прикладных вопросах организации и управления войсками в новых условиях, придавая существенное значение информационной среде как основе для эффективной коммуникации между подразделениями.

Информационно-психологическое противоборство. Концепция информационно-психологического противоборства исходит от факта использования цифровых технологий в мировом масштабе. В настоящее время, порядка 60 % населения планеты являются активными интернет-пользователями, более 50 % регулярно используют социальные сети для получения информации и общения. Данный факт дает основания рассматривать информационное пространство в качестве одного из основных измерений конкуренции, борьбы и конфликтов в современных международных отношениях. Как указывает И. Ф. Кефели, информационно-психологическое измерение «охватывает внутренний мир человека, его чувства, эмоции, мысли, мировоззрение, индивидуальное и общественное сознание». В настоящее время особую актуальность приобретают исследования использования «фейков» для воздействия на индивидуальное сознание и манипулирование общественным мнением противника, а также использования технологий искусственного интеллекта и специальных приложений для создания заведомо ложного визуального изображения и дальнейшего его использования с целью дискредитации противника, а также способов блокирования подобной информации [1].

Ментальная война. Концепцию ментальных войн в последние годы активно разрабатывает российский исследователь и военный эксперт А. М. Ильницкий. Автор отталкивается от признания того, что в настоящее время происходит совмещение инструментов войны и соперничества мирного времени, которое определяет радикальные изменения в системе вызовов и угроз, определяющих характер и формы межгосударственного противоборства [2]. Это приводит к возникновению войны нового типа, главной целью которой выступает уничтожение самосознания, изменение ментальной, цивилизационной основы общества противника. Автор отмечает, что

ментальная война – это скоординированная совокупность разномасштабных действий и операций, направленных на «оккупацию» сознания противника в целях паралича его воли, изменения индивидуального и массового сознания населения для деморализации армии и общества, уничтожения духовно-нравственных ценностей, традиций и культурно-исторических основ государства, «стирания» национальной идентичности народа». Ментальная война ведется без объявления, ползучим образом перестраивая мир.

Когнитивная война – современный тип конфликта, целью которого является подчинение воли противника посредством изменения того, как он думает и как действует. Фокус на познании и человеческом разуме отличает концепцию когнитивной войны от концепций информационной и психологической войны. По сути, когнитивная война стала результатом их эволюции [3]. Концепция когнитивной войны привносит на поле боя современных конфликтов третье измерение: к физическому и информационному измерениям теперь добавляется когнитивное измерение. В мире, пронизанном технологиями, война в когнитивной области мобилизует более широкий спектр боевых возможностей, чем это могут сделать физические и информационные измерения. Основная цель концентрируется на установлении контроля над людьми (гражданскими и военными), организациями, а также над идеями, психологией и поведением людей.

Таким образом, современные концепции информационного противоборства объединяют технические, психологические и политические компоненты. Информационное противоборство стало стратегическим ресурсом, способным влиять на геополитические процессы без прямого применения силы. Поэтому эффективная защита требует сочетания технологий, права и просвещения общества. Комплексный подход и международное взаимодействие – ключ к снижению уязвимости и сохранению ментального суверенитета государства.

Список литературы

1 **Выходец, Р. С.** Сравнительный анализ современных концепций информационного противоборства / Р. С. Выходец, К. А. Панцеров // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. – 2022. – № 16 (4). – С. 139–148.

2 **Ильницкий, А. М.** Ментальная война / А. М. Ильницкий // Военная мысль. – 2021. – № 8. – С. 19–33.

3 **Гончаренко, А. Р.** Концепция когнитивной войны: подготовка НАТО к конфликтам будущего / А. Р. Гончаренко, А. Н. Асафов // Известия ТулГУ. Гуманитарные науки. – 2025. – № 1. – С. 31–45.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИВУЧЕСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ МАССИРОВАННЫХ УДАРОВ С ВОЗДУХА

М. Ю. ЯРМОЛИК

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В современных вооруженных конфликтах объекты железнодорожного транспорта неизменно входят в перечень приоритетных целей для нападающей стороны. Через железные дороги осуществляются крупномасштабные перевозки личного состава, боевой техники, боеприпасов, горюче-смазочных материалов и продовольствия. Любое нарушение их работы немедленно сказывается на обеспечении действующих войск. Наиболее критичными с точки зрения последствий являются узловые станции – места сопряжения нескольких железнодорожных линий, где выполняются прием, отправление, сортировка, расформирование и формирование составов, а также смена локомотивов и бригад. Потеря узловой станции приводит к разрыву связей между целыми направлениями и параличу перевозочного процесса в обширном регионе. По этой причине проблема обеспечения живучести железнодорожных узлов при массированных ударах с воздуха приобретает стратегическое значение.

Под живучестью применительно к железнодорожным станциям следует понимать комплексную характеристику, отражающую способность данного инженерно-технического комплекса противостоять огневому поражению, минимизировать потери в элементах инфраструктуры и восстанавливать пропуск поездов в кратчайшие сроки. Эта характеристика раскладывается на три самостоятельных, но взаимосвязанных компонента. Первый – устойчивость к внешним воздействиям. Второй – восстанавливаемость. Третий – скрытность и рассредоточение.

В системе железнодорожных коммуникаций узел выступает точкой перераспределения вагонопотоков. Через него идут маршруты между многими другими станциями. Типовая узловая станция занимает площадь в несколько квадратных километров и включает в себя десятки стрелочных переводов, сортировочную горку, несколько парков (прибытия, отправления, сортировочный, транзитный), локомотивное и вагонное хозяйства, пост электрической централизации, тяговую подстанцию, разветвленную сеть кабельных трасс и контактной подвески. Поразить одним ударом всю станцию невозможно, но противник и не ставит такой задачи. Достаточно вывести из строя одну-две входные стрелочные горловины, чтобы движение

встало на многие часы. В отличие от полевых средств связи или бронетанковой техники, железнодорожную станцию невозможно переместить или замаскировать настолько, чтобы она стала невидимой для разведки. Противник заблаговременно располагает точными координатами стрелочных горловин, тяговых подстанций и зданий диспетчерских служб. Нарушение любой из этих зависимостей немедленно сказывается на пропускной способности.

Вместе с тем железнодорожные станции обладают одним важным преимуществом, которого лишены многие другие объекты. Речь идет о возможности ручного управления и резервирования функций. Стрелочные переводы в случае отказа электрической централизации могут переводиться вручную специально обученными работниками. Однако реализация этих возможностей требует заранее подготовленного персонала, наличия резервного подвижного состава и, что самое главное, времени на переключение с автоматического режима на ручной.

Опыт недавних вооруженных конфликтов показывает, что противник при нанесении ударов по железнодорожной инфраструктуре перешел от эпизодических бомбардировок к системным комбинированным атакам. Тактика массированного удара строится как последовательная многоэтапная операция. На первом этапе запускаются ложные цели и разведывательные беспилотники, которые провоцируют включение радиолокационных средств и вскрывают позиции противовоздушной обороны. На втором этапе в дело идут дешевые ударные дроны, предназначенные для истощения запасов зенитных ракет. На третьем этапе наносятся ракетные удары по тем элементам, которые были выявлены и не прикрыты средствами ПВО. Для железнодорожной станции особенно опасны удары в моменты максимальной загрузки, когда на путях скопилось большое количество составов, в том числе с горючими и взрывоопасными грузами.

Активная оборона традиционно ассоциируется с зенитно-ракетными комплексами. Однако для защиты железнодорожной станции использование только таких комплексов недостаточно по экономическим причинам. Затраты на одну зенитную ракету в десятки раз превышают стоимость перехватываемого дрона. Альтернативой или дополнением выступают зенитные дроны-перехватчики. Это беспилотные аппараты, развивающие скорость до 350–400 км/ч и оснащенные тепловизионными системами наведения.

Пассивная защита вступает в действие в тех случаях, когда активная оборона по тем или иным причинам не смогла предотвратить поражение элементов станции. Здесь ключевым принципом является не попытка сделать неуязвимым каждый элемент, а создание избыточности и дублирования, а также физическое экранирование наиболее критичных узлов.

Третий слой – система восстановления движения после удара. Даже при самой совершенной активной обороне и пассивной защите полностью ис-

ключить повреждения невозможно. Поэтому главным становится время, за которое станция возвращается к работе. Бригады должны быть расположены непосредственно на станции или в непосредственной близости от нее и находиться в режиме постоянной готовности. Кроме того, требуется регулярная отработка алгоритмов временного восстановления движения в условиях, когда штатные системы не работают.

Обобщая изложенное, можно сформулировать следующий вывод. Железнодорожная узловая станция представляет собой объект повышенной сложности с точки зрения обеспечения живучести в условиях массированных ударов с воздуха. Эта сложность обусловлена ее центральной ролью в транспортной сети, большой площадью и множеством рассредоточенных уязвимых элементов, стационарностью и полной предсказуемостью для противника, жесткой зависимостью от смежных систем, а также жесткими требованиями к непрерывности перевозочного процесса. Надежная защита достигается только путем построения трехуровневой системы, включающей активную противовоздушную оборону с использованием дронов-перехватчиков, пассивную инженерную защиту критических элементов и подготовленную систему аварийно-восстановительных работ. Отсутствие или слабость любого из этих трех компонентов делает систему в целом неустойчивой. Без активной обороны станция будет уничтожена с первого же массированного налета. Без пассивной защиты даже единичный прорвавшийся дрон или осколок может вывести из строя ключевой элемент. Без системы восстановления любое повреждение обернется многодневным простоем. Только комплексное применение всех трех уровней превращает железнодорожную узловую станцию из уязвимой цели в инженерно-технический комплекс, способный выдержать интенсивное воздушное воздействие и продолжить обеспечение перевозок в условиях военного времени.

Список литературы

1 **Громов, А. Н.** Железнодорожные узлы в условиях военных угроз: уязвимость и защита / А. Н. Громов, В. П. Савельев. – М. : Транспортная наука, 2023. – 278 с.

2 Опыт противодействия беспилотным летательным аппаратам на объектах транспортной инфраструктуры // Сборник статей Научно-исследовательского института транспортной безопасности. – 2025.

3 **Белов, И. Е.** Инженерная защита устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: учебное пособие / И. Е. Белов, А. В. Субботин. – Екатеринбург : Урал. ун-т путей сообщения, 2024.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

<i>Богданов Д. Ю., Звонкович И. А.</i> Методика формирования перечня задач и обоснования порядка применения БЛА (БАК) в интересах всестороннего обеспечения войск (сил) и ее программная реализация	4
<i>Быстров К. А., Оландарев И. А.</i> Применение тренажера-симулятора понтона самоходного (толкача) ПСТ-1 для обучения специалистов понтонно-мостовых подразделений	6

СЕКЦИЯ I

СТРОИТЕЛЬСТВО, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИКРЫТИЕ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

<i>Асадчий А. А., Примак И. В.</i> Применение инновационных композитных материалов в мостостроении	13
<i>Бабошин В. А., Бокк И. В., Данильченко Д. Е.</i> Способы восстановления автомастики, телемеханики и связи в подсистемах управления на железнодорожном транспорте	15
<i>Бабошин В. А., Кардасевич В. И., Кировский А. Е.</i> Алгоритм решения задач по восстановлению магистральных линий оперативно-технологических связей на железной дороге	20
<i>Бабошин В. А., Попов А. С., Фокин А. Н.</i> Технологии радиосвязи в восстановлении управления движением поездов	24
<i>Бобрицкий С. М.</i> Обоснование необходимости актуализации методов расчета динамических нагрузок в инструкциях по проектированию временных и краткосрочных мостов	29
<i>Бобрицкий С. М., Кацубо П. А.</i> Проектирование и расчет сборно-разборного металлического мостового пролетного строения малой грузоподъемности	36
<i>Бондаренко С. А., Шенкель А. В., Савкин А. А.</i> Некоторые предложения по организации восстановления системы управления движением поездов на основе технологии сенсорных сетей	43
<i>Виноградов Н. С., Синицкий В. А.</i> Роль ствольной и реактивной артиллерии в системе технического прикрытия искусственных сооружений при их восстановлении	50
<i>Гилевский Е. Л., Лупеев В. В.</i> Основные методики расчета несущих конструкций автодорожных мостов	52
<i>Гладкий Д. В., Абыев Р. Р., Горохов А. Ю.</i> Приобретение практических навыков по строительству мостов	54
<i>Гладкий Д. В., Шугаев Е. М.</i> Табельные сборно-разборные мосты. Современное состояние и перспективы развития	56
<i>Закоркин Е. В.</i> Современные тенденции в строительстве искусственных сооружений	58

<i>Зинченко Я. А., Кузнецов И. К.</i> Инновационные подходы к строительству, восстановлению и техническому прикрытию искусственных сооружений.....	60
<i>Казаков И. Н., Хуторцов Е. С.</i> Строительство, восстановление и эксплуатация искусственных сооружений.....	62
<i>Кацубо П. А., Гладкий Д. В., Гапеев Н. С., Павлючек Д. О.</i> Перспективы внедрения СВЧ-технологий в дорожные покрытия.....	64
<i>Коба Я. В., Гаев Д. А.</i> Цифровая трансформация мостостроения: BIM и цифровые двойники железнодорожной инфраструктуры	66
<i>Крук М. В.</i> Общие сведения об основаниях фундамента искусственных сооружений.	68
<i>Лимонт А. Л.</i> Технология восстановления объектов аэродрома, разрушенных воздушным ядерным взрывом.....	70
<i>Ляпоров Д. В.</i> Цифровые двойники при строительстве железных дорог.....	73
<i>Лях А. С., Асадчий А. А.</i> Методики анализа и расчета основных несущих конструкций балочных железнодорожных мостов.....	75
<i>Мягков Д. Ю., Могилянец Р. И.</i> Технология восстановления разрушенного искусственного покрытия аэродрома.....	77
<i>Печенев Е. В., Кацубо П. А.</i> Использование цифровых моделей быстровозводимых сборно-разборных мостов для создания системы контроля технического состояния	81
<i>Прудченко В. В.</i> Методы осмотра и анализа искусственных сооружений.....	83
<i>Глеубеков И. С.</i> Скоростное восстановление аэродрома после ударов противника обычными средствами поражения.....	84
<i>Якимович В. В.</i> Производство работ по скоростному восстановлению разрушенного аэродрома	87

СЕКЦИЯ II

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

<i>Абибак Н. В., Суханов З. В.</i> Организация ремонта и эвакуации строительной техники в полевых условиях при выполнении задач по восстановлению искусственных сооружений.....	91
<i>Андронов Е. П.</i> Актуальные вопросы восстановления и технического прикрытия искусственных сооружений.....	92
<i>Барцевич А. А., Смеян Н. В., Сарнацкий И. С.</i> Перспективы применения навесов из солнечных панелей для зарядки электромобилей.....	95
<i>Демидович И. С., Калачев А. А., Галушко В. Н., Поддубный А. А.</i> Частотный анализ обмоток BLDC-двигателей для диагностики коротких замыканий.....	97
<i>Кацубо П. А., Гладкий Д. В., Павлючек Д. О.</i> Современное состояние сваепогружающих средств, перспективы развития.....	100
<i>Кацубо П. А., Масько Д. С.</i> Замена средств подвижности сваепогружающих машин на образцы отечественного производства	103
<i>Куранда Д. В., Цейко М. В., Смалюга А. С.</i> Разработка концепции роботизированного комплекса фракционной сепарации и рециклинга строительного лома в полевых условиях	105
<i>Лопухов И. А., Базылев Г. А.</i> Характеристика верхнего строения пути железной дороги Польши	107

<i>Матвеев С. Н., Эверс А. А., Смян Н. В.</i> Совершенствование процесса учета и выдачи автомобильного имущества в воинской части	110
<i>Махаев А. С.</i> Применение методов неразрушающего контроля, лазерного сканирования и фотограмметрии для диагностики технического состояния строительных конструкций	111
<i>Михайлов А. О., Грищенков Я. М.</i> Разработка интеллектуальной системы прогнозирования долговечности автомобильных мостов на основе анализа эксплуатационных факторов	113
<i>Петрусевич В. В., Томашов В. В., Михальков А. О., Грищенков Я. М.</i> Возможные направления оптимизации технологического процесса нанесения жидких дорожно-строительных материалов на поверхность асфальтобетонного покрытия	116
<i>Станкевич А. И., Дашкун В. В.</i> Современные материалы для изготовления шпал...118	
<i>Степанов И. В., Потапченко В. А.</i> Характеристики верхнего строения пути во Франции: развитие рельсов и шпал, материалы и технологии производства	122
<i>Томашов В. В., Петрусевич В. В., Деревяшкин С. М.</i> Ямочный ремонт автомобильных дорог с использованием дорожных ремонтных струйно-инжекционного типа.....	126
<i>Хориунов Н. С., Чирва А. Ю.</i> Внедрение солнечных панелей в автомобильные мастерские: экономия и экология	129

СЕКЦИЯ III

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

<i>Албул В. А.</i> Перспективные технологии в образовательном процессе	131
<i>Будько М. В., Шкабара Н. Н., Александров Д. Ю.</i> Восстановление работоспособности изношенных жестких и нежестких дорожных одежд местных автомобильных дорог	134
<i>Буяновский В. Л., Якунин А. В.</i> Способы внедрения научной составляющей в электронный учебно-методический комплекс по опыту факультета Генерального штаба Вооруженных Сил.....	136
<i>Гладкий Д. В., Абыев Р. Р., Горохов А. Ю.</i> Приобретение практических навыков по строительству мостов.....	139
<i>Доломанюк Р. Ю.</i> Дистанционное обучение как составляющая для повышения подготовки инженерных кадров	141
<i>Домашкевич М. В., Бондарик В. А.</i> Обучение специалистов по управлению дорожно-строительными машинами с помощью специализированных программ	143
<i>Капцевич Е. И., Мяжков Д. Ю.</i> Роль игровых видов учебных занятий в формировании военно-профессиональных компетенций курсантов.....	146
<i>Михайловский А. Л., Сацук Ф. И.</i> Применение беспилотных аппаратов в условиях вооруженного конфликта как средства доставки медикаментов для подразделений тактического уровня	149
<i>Моракинио О. А., Андрианчикова В. М.</i> Цифровизация и институциональные реформы в системе подготовки инженерных кадров как фактор развития рынка образовательных услуг в Нигерии.....	151

<i>Павлова Ю. В., Мягков Д. Ю.</i> Методы противодействия информационно-психологическому воздействию на личный состав тыловых подразделений в современных конфликтах.....	153
<i>Цыбулько В. В.</i> Модульное обучение – возможности в военном образовании.....	157
<i>Шутов Я. В., Масько Д. С.</i> Виды информационного воздействия на личный состав противника при проведении военных операций.....	160
<i>Янучок А. А., Хачатурян В. В., Александров Д. Ю.</i> Снижение энергоемкости технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей.....	163

СЕКЦИЯ IV

ВОЕННАЯ ЛОГИСТИКА.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОТИВОБОРСТВО В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

<i>Акавицкас Д. С., Артеменко Е. В.</i> Опыт современных военных конфликтов: анализ логистических ошибок и успешных решений.....	166
<i>Асютин С. С.</i> Методика ранжирования участков транспортной сети (сети ВАД) в целях рационального порядка применения сил и средств дорожно-комендантского обеспечения, выполняющих задачи по техническому прикрытию участков транспортной сети (сети ВАД).....	169
<i>Бреус Р. А.</i> Метод оценки влияния мероприятий по организации движения на пропускную способность военно-автомобильных дорог.....	171
<i>Генчиков Н. Г., Кирик С. В.</i> Многооборотные средства крепления вооружения, военной и специальной техники при перевозке железнодорожным транспортом.....	175
<i>Козубовский В. Е.</i> Специальная обработка дорожных и аэродромных покрытий	178
<i>Махаев А. С.</i> Факторы формирования различий в железнодорожных системах СНГ и Европы.....	181
<i>Никитенко М. Ю.</i> Особенности проектирования и строительства мостов высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Минск.....	183
<i>Павлова Ю. В., Мягков Д. Ю.</i> Оптимизация логистики «последней мили» с применением автономных систем в зонах ограничения доступа (A2/AD).....	185
<i>Писаренко М. И.</i> Современные подходы к организации воинских перевозок на станциях.....	190
<i>Рабус О. В., Кравцов И. Д.</i> Военная логистика: особенности и отличия от гражданских перевозок.....	193
<i>Степук В. П.</i> Адаптивный алгоритм оценки и оптимизации системы подвоза материальных средств войскам оперативного объединения.....	195
<i>Тимашиков С. Н.</i> Особенности организации погрузки воинских грузов на местах общего и необщего пользования.....	199
<i>Трубкин А. Д.</i> Совершенствование условий несения службы караулов по сопровождению воинских грузов при перевозке железнодорожным транспортом.....	203
<i>Черкашин В. В., Сильванович Д. С.</i> Информационное противоборство в военных конфликтах.....	204
<i>Шитилев А. С.</i> Основные современные концепции информационного противоборства.....	206
<i>Ярмолик М. Ю.</i> Обеспечение живучести железнодорожных узловых станций в условиях массированных ударов с воздуха.....	209

Научно-практическое издание

**СТРОИТЕЛЬСТВО И ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Материалы X Международной научно-практической конференции

Издается в авторской редакции

Технический редактор В. Н. Кучерова
Корректор Т. Л. Федькова

Подписано в печать 13.10.2026 г. Формат бумаги 60х84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 12,56. Уч.-изд. л. 13,69. Тираж 20 экз.
Зак. № 1592. Изд. № 38.

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.