

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ И ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 624.21/.8 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_184

*М. В. Окост, А. В. Морозов***ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОСТОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОИЗОШЕДШИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ**

Аннотация. Работа посвящена исследованию способов повышения оперативности восстановления мостов в результате произошедших конструктивных деформаций. Исследование выполнено на основе анализа применяемых методических и технических документов, регламентирующих вопросы оперативного восстановления объектов железнодорожного транспорта, а также современных достижений отечественной и зарубежной науки, техники и технологий, связанных со способами оперативного восстановления искусственных сооружений железнодорожного транспорта. С учетом результатов проведенных исследований предложены способы повышения оперативности аварийно-восстановительных работ, учитывающие вопросы организационного характера и конструктивно-технологические особенности современного уровня развития техники, технологий и материалов и сформулированы предложения по совершенствованию существующей практики ведения аварийно-восстановительных работ.

Ключевые слова: искусственные сооружения, конструктивные деформации, воздействия, восстановление, способы, материалы, организация работ, способы повышения оперативности.

Для цитирования: Окост, М. В. Исследование способов повышения оперативности восстановления мостов в результате произошедших конструктивных деформаций / М. В. Окост, А. В. Морозов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1. – С. 184–208. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_184.

Введение

Восстановление искусственных сооружений железнодорожного транспорта является видом деятельности, регулирование которого осуществляется адресными нормами нескольких отраслей и институтов права, техническими нормами и методическими документами причастных органов государственной власти, а также локальными актами организаций железнодорожного транспорта.

Существующая документация, регламентирующая вопросы оперативного восстановления разрушенных (деформированных) искусственных сооружений железнодорожного транспорта вследствие наступления чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также разрушений в результате злонамеренных воздействий правонарушителями из хулиганских, экономических или политических целей, целенаправленных диверсий или применения вооруженными силами противостоящего государства боевого оружия нуждается в переработке и совершенствовании с учетом современного уровня развития техники, технологий и материалов. К проблематике рассматриваемой области исследований можно отнести:

- разнообразие внешних воздействий и их последствий на безопасность работы искусственного сооружения;
- высокую трудоемкость и ресурсоемкость работ по оперативному восстановлению движения на участке железнодорожного пути с наличием искусственного сооружения;
- несовершенство административных и технологических связей и цепочек структур на разном уровне, участвующих в оперативном восстановлении искусственных сооружений железнодорожного транспорта;
- необходимость создания и поддержания заранее подготовленной материальной базы и комплекса технических средств, необходимых для оперативного восстановления.

В данной работе выполнен анализ применяемых методических и технических документов, регламентирующих вопросы оперативного восстановления объектов железнодорожного транспорта, ведомственных приказов и документов стандартизации, требований действующих или разрабатываемых

в Российской Федерации технических регламентов, а также действующих в ОАО «РЖД» нормативных документов – инструкций, положений, методических рекомендаций и пр.

Для поиска современных достижений отечественной и зарубежной науки, техники и технологий, связанных со способами оперативного восстановления искусственных сооружений железнодорожного транспорта, выполнен анализ результатов научных исследований отечественных и зарубежных ученых, учитывающих современные теоретические и практические достижения в области оперативного восстановления искусственных сооружений железнодорожного транспорта.

С учетом результатов проведенных исследований предложены способы повышения оперативности аварийно-восстановительных работ, учитывающие вопросы организационного характера, конструктивно-технологические особенности и современный уровень развития техники, технологий и материалов и сформулированы предложения по совершенствованию существующей практики ведения аварийно-восстановительных работ на железных дорогах Российской Федерации.

Правовая и нормативно-техническая документация

Федеральный орган исполнительной власти в области предотвращения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и ликвидации последствий стихийных бедствий, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления в соответствии с законодательством Российской Федерации, регулирующим защиту населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, оказывают владельцам инфраструктур и перевозчикам помощь в ликвидации последствий таких ситуаций. Федеральный орган исполнительной власти в области железнодорожного транспорта, владельцы инфраструктур и перевозчики входят в единую государственную систему предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (РСЧС).

В Федеральном законе от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» описаны функции и структура РСЧС. Такая система объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Система функционирует на федеральном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях, а основными задачами являются обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств, предназначенных и выделяемых для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, и создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций. В военное время необходимо привлечение дополнительных людских ресурсов на восстановление объектов инфраструктуры, в том числе и при соблюдении международных соглашений – дополнительное привлечение войсковых подразделений стран партнеров.

Министерство транспорта Российской Федерации, как и Федеральное агентство железнодорожного транспорта, входит в перечень сил постоянной готовности, что означает необходимость обеспечивать в первоочередном порядке по заявкам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий доставку к зоне чрезвычайной ситуации и возвращение обратно сил, средств и специальных грузов, необходимых для предупреждения и ликвидации чрезвычайной ситуации. Вместе с этим в РСЧС за ведомством закреплён функционал по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте. Координация деятельности осуществляется на всех уровнях: федеральном, межрегиональном, региональном и муниципальном.

Федеральное агентство железнодорожного транспорта является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по обеспечению транспортной безопасности: реализация комплекса мер, направленных на обеспечение защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства. Агентство выполняет в том числе категорирование объектов транспортной инфраструктуры (ОТИ) и ведет реестр данных объектов, а также утверждает результаты оценки их уязвимости и планы обеспечения транспортной безопасности.

В перечень мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций входит восстановление по временной схеме объектов коммунальной и инженерной инфраструктуры (при условии, что проводятся минимально необходимые работы, в результате которых объекты восстанавливают утраченную

способность к функционированию, что указанные работы осуществляются до отмены режима чрезвычайной ситуации и не потребуются изменения технических характеристик конструктивных элементов объектов после отмены режима чрезвычайной ситуации).

Владелец железнодорожной инфраструктуры и перевозчик принимают незамедлительные меры по ликвидации последствий транспортных происшествий, стихийных бедствий (заносов, наводнений, пожаров и других), вызывающих нарушение работы железнодорожного транспорта, а также должны содержать специализированные подразделения по ликвидации чрезвычайных ситуаций, иметь запас материальных и технических средств. Аварийно-восстановительные пункты, установленные владельцем инфраструктуры, должны быть в постоянной готовности.

Документы стандартизации и ведомственные распоряжения

Анализ источников показал, что достаточно широко представлены документы, регламентирующие вопросы проектирования, строительства и технического обслуживания искусственных сооружений. Например, СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» (Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*) содержит нормы по проектированию новых, реконструируемых и подвергаемых капитальному ремонту мостовых сооружений и труб под насыпями. СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы» (актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91) содержит правила, которые необходимо соблюдать при выполнении и приемке работ при сооружении новых, реконструкции и капитальном ремонте существующих постоянных мостов (в том числе путепроводов, виадуков, транспортных эстакад, пешеходных мостов) и труб под насыпями железных дорог, линиями метрополитена и трамвая, автомобильными дорогами (включая внутрихозяйственные дороги сельскохозяйственных предприятий и организаций и дороги промышленных предприятий), на улицах и дорогах городов, поселков и сельских населенных пунктов, если иные не предусмотрены проектом. СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные» (актуализированная редакция СНиП 32-04-97) содержит правила принятия инженерных решений при проектировании новых и реконструируемых автодорожных и железнодорожных тоннелей, в том числе устройств и систем, обеспечивающих их эксплуатацию, строительство и ввод в эксплуатацию. Требования обеспечения комплексной безопасности базируются на рассмотрении тоннельных переходов как транспортных природно-технических систем.

Также широко рассмотрены вопросы обследования железнодорожных мостов и тоннелей. СП 79.13330.2012 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» и ГОСТ Р 57208-2016 «Тоннели и метрополитены. Правила обследования и устранения дефектов и повреждений при эксплуатации» содержат, помимо требований к работам по оценке технического состояния сооружений, описание способов восстановления эксплуатационных характеристик тоннельных сооружений.

Анализ источников зарубежной нормативно-технической документации показал, что зарубежная нормативная документация в полной мере регламентирует вопросы проектирования, строительства и технического обслуживания объектов транспортной инфраструктуры. Так, для проектирования зданий и строительных изделий Европейским комитетом по стандартизации (CEN) разработаны Еврокоды – набор европейских норм (EN). Еврокоды используются такими членами CEN, как Австрия, Бельгия, Кипр, Чешская Республика, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Нидерланды, Норвегия, Польша, Португалия, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Швейцария и Великобритания.

Необходимо отметить, что зарубежная нормативная документация регламентирует не только общие правила проектирования конструкций и их строительства, но и порядок выполнения этих работ. Кроме того, объекты строительства разделяются на капитальные (постоянные) и временные, для которых в равной мере предъявляются принципы и требования к структурной безопасности, работоспособности и долговечности. Для временных конструкций разработаны дополнительные рекомендации к основным Еврокодам. В целом они содержат упрощенные подходы к проектированию, конструкциям, строительству и эксплуатации.

При рассмотрении зарубежной нормативной документации отсутствовали требования к временным показателям и темпам строительства инженерных сооружений. Несколько детальнее описаны методики оперативного восстановления инженерных сооружений и строительства новых для организации и обеспечения транспортного потока в военных стандартах. Так, стандарт FM 3-34.343 (FM5-446) Military Nonstandard Fixed Bridging (Военные нестандартные постоянные мосты) содержит конкретные руководящие инструкции, содержащие техническую информацию о нестандартных стацио-

нарных мостах для инженерно-технических работников и офицеров штаба. В документе приведена система классификации мостов и транспортных средств, подробные технические данные по классификации и проектированию мостов. Вместе с этим содержатся методики оперативного восстановления инженерных сооружений с расчетом нагрузок и воздействий исходя из степени повреждения. Положения данного документа учитывают международные соглашения по стандартизации (STANAGs) и четырехстороннего STANAG (QSTAG), тактические доктрины и оперативные процедуры сухопутных войск. Общим документом по основным инженерным вопросам (FM 3-34), методам, материалам, технике и организации инженерных работ является FM 3-34.400 GENERAL ENGINEERING. В данных документах особое внимание обращается на высокую скорость появления и внедрения новых материалов и технологий, что требует постоянной актуализации соответствующих доктрин.

Внутренние распоряжения ОАО «РЖД» охватывают ряд вопросов, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом мостов, тоннелей и других искусственных сооружений. Так, распоряжение ОАО «РЖД» от 02.10.2020 № 2193/р «Об утверждении Инструкции по содержанию искусственных сооружений» включает разделы, связанные с текущим содержанием и капитальными видами ремонта; порядок контроля технического состояния искусственных сооружений; организацию текущего содержания искусственных сооружений; капитальные виды ремонта искусственных сооружений; конструктивные элементы искусственных сооружений и порядок их содержания. В распоряжении ОАО «РЖД» от 30.12.2010 № 2795р «О введении в действие Указаний о классификации работ по восстановлению инженерных сооружений ОАО «РЖД» определены понятия текущего содержания и текущего ремонта инженерных сооружений, капитального ремонта инженерных сооружений и реконструкции инженерных сооружений. Установлены основные технические и эксплуатационные характеристики инженерных сооружений, подлежащие анализу для классификации работ по восстановлению инженерных сооружений, а также приведена классификация основных видов работ по капитальному ремонту и реконструкции искусственных сооружений.

Распоряжение ОАО «РЖД» от 13 апреля 2016 г. № 649р об утверждении Технологических правил ремонта каменных, бетонных и железобетонных конструкций железнодорожных мостов включает разделы по материалам для ремонта искусственных сооружений; содержит требования по ремонту защитных слоев, ремонту и защите конструкций с трещинами, а также ремонту массивных опор. Также в документе приведены требования по ремонту водопропускных труб. Правила включают раздел по приспособлениям и устройствам для безопасного ведения работ.

Вопросы организации аварийно-восстановительных работ на железных дорогах ОАО «Российские железные дороги» приведены в инструктивных указаниях по организации аварийно-восстановительных работ на железных дорогах ОАО «Российские железные дороги», утвержденных и введенных в действие распоряжением ОАО «РЖД» от 26.12.2011 № 2792р. В документе установлены единые требования по оповещению причастных лиц, вызову, отправлению и продвижению восстановительных поездов к месту железнодорожного транспортного происшествия, порядку ведения работ по ликвидации его последствий, в том числе при аварийных ситуациях с опасными грузами в части схода подвижного состава с рельсов, разрушения элементов инфраструктуры, нарушения габарита. Однако следует отметить, что поименованные инструктивные указания описывают организацию аварийно-восстановительных работ в случае схода подвижного состава с рельсов, но не разрушения мостовых переходов и тоннелей.

Вопросы, связанные с работой железнодорожной отрасли в РСЧС, освещены в Положении о порядке функционирования органов управления, сил и средств ОАО «РЖД» в Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 08.06.2018 № 1217р с целью предупреждения возникновения и развития чрезвычайных ситуаций; снижения размеров ущерба и потерь от чрезвычайных ситуаций; ликвидации чрезвычайных ситуаций; разграничения полномочий в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций между Центральной комиссией ОАО «РЖД» по предупреждению транспортных происшествий и чрезвычайных ситуаций, региональными, территориальными и объектовыми комиссиями по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций; организации эффективного взаимодействия органов управления и сил ОАО «РЖД» с органами управления и силами Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Определен порядок функционирования органов управления, сил и средств ОАО «РЖД» в Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, описаны координационные органы управления на различных уровнях. Определены задачи и функции комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также обозначены мероприятия, проводимые органами управления, силами и средствами ОАО

«РЖД» в режиме повседневной деятельности, в режиме повышенной готовности и в режиме чрезвычайной ситуации.

Регламент процесса действий работников ОАО «РЖД» при прогнозировании опасных гидрометеорологических явлений, а также при землетрясении, утвержденный Распоряжением ОАО «РЖД» от 09.08.2022 г. №2046р определяет порядок разработки и распространения штормовых предупреждений об опасных гидрометеорологических явлениях, информирования о землетрясениях, влияющих на функционирование инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования и перевозочный процесс, а также порядок действий причастных работников подразделений и филиалов ОАО «РЖД» при их получении и подтверждении. Регламент предназначен для оперативного реагирования на опасные гидрометеорологические явления и принятия решений руководителями причастных департаментов и филиалов ОАО «РЖД», направленных на предупреждение их последствий. В регламенте, в т.ч. определены виды опасных гидрометеорологических явлений, угрожающих безопасности движения поездов, и описаны мероприятия и их исполнители согласно видам работ по причастным хозяйствам функциональных филиалов. Например, при штормовом предупреждении «Продолжительные умеренные дожди» Дирекция инфраструктуры и Дирекция по энергообеспечению в лице ДИЗТЕР-ДИТЕР, ШЧ, ПЧ, ПЧИССО, ВЧДЭ, ИЧ, НТЭ, ЭЧ необходимо проверить готовность противоразмывных поездов, организовать обходы и объезды в локомотивах поездов, внеплановые осмотры водоотводных и водопропускных сооружений, особо опасных мест к пропуску ледохода и паводка для выявления возможных разрушений инженерных сооружений железнодорожного пути, выплесков на путях и оползней, предотвращение возможных размывов пути, перенасыщения водой земляного полотна, осмотры возможных мест затопления напольного оборудования устройств сигнализации, централизации и блокировки. При необходимости установить круглосуточные посты наблюдения в местах земляного полотна, состоящих на учете в ПУ-9.

С целью актуализации нормативных документов, исполнения постановлений Правительства Российской Федерации, а также распоряжений ОАО «РЖД», в границах территориальных филиалов – железных дорог ОАО «РЖД» выпускаются распоряжения и приказы, учитывающие специфику применительно к работе железной дороги и ее структурных подразделений, дирекций и их филиалов.

Приказом начальника железной дороги устанавливается Порядок оповещения при возникновении аварийных и чрезвычайных ситуаций, транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, разрабатываемый с целью принятия оперативных мер по ликвидации последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций, вызванных стихийными бедствиями, террористическими актами и другими противоправными действиями неустановленных лиц, транспортными происшествиями и иными, связанными с нарушением правил безопасности и эксплуатации железнодорожного транспорта событиями, служебного расследования их причин и обстоятельств, в том числе порядок оповещения руководителей железной дороги, а также органов государственной власти и владельцев подвижного состава (в строгом соответствии с приказом Минтранса России от 18 декабря 2014 г. №344 «Об утверждении Положения о классификации, порядке расследования и учета транспортных происшествий и иных событий, связанных с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта» с изменениями и дополнениями от 29 июля 2016 г., от 01 июня 2018 г. и от 19 июля 2022 г.

Кроме того, помимо распоряжений и приказов, подготавливаемых территориальными филиалами – железными дорогами, региональные дирекции также актуализируют нормативно-техническую документацию в соответствии со спецификой работы самого структурного подразделения.

В открытом доступе на сайте Российской государственной библиотеки (<https://www.rsl.ru/>) имеется ряд книг и инструкций, затрагивающих вопросы проектирования и строительства капитальных и временных мостов и труб. Например, Справочник офицера-мостовика железнодорожных войск (Ленинград: 1963) содержит указания по статическому и гидравлическому расчету железнодорожных мостов, труб и их конструированию, данные о конструкциях капитальных и временных железнодорожных мостов, и труб, организацию и способы производства работ по постройке искусственных сооружений, информацию о машинах, оборудовании и транспортных средствах для постройки искусственных сооружений, а также данные по строительным материалам. ПВКМ-79 «Инструкция по проектированию железнодорожных временных и краткосрочных мостов и труб» (Москва: Всесоюз. научно-исследовательский ин-т транспортного строительства, 1982) содержит правила проектирования временных и краткосрочных мостов на тыловых и фронтовых дорогах, включая требования к конструкции, габарит, указания по расчету, требования к материалам изготовления несущих конструкций и обустройств, а также требования к основаниям и фундаментам.

В книге «Руководство для старших рабочих по ремонту и содержанию железнодорожного пути» (А.В. Малютин, Москва: Государственное транспортное железнодорожное издательство, 2-е переработанное и дополненное издание, 1943) даются сведения не только по ремонту и содержанию в исправном состоянии железнодорожного пути, но и рассмотрены вопросы восстановления железнодорожной инфраструктуры. В зависимости от характера разрушений и необходимого срока восстановления движения рассматриваются краткосрочный, временный и капитальный вариант восстановления с последующим доведением пути до нормального состояния. Руководство по военным низководным мостам (Москва: Военное издательство Минобороны СССР, 1965) содержит указания по строительству низководных и подводных мостов и путепроводов на жестких опорах, возводимых из местных материалов. Кроме того, рассмотрены вопросы рекогносцировки, проектирования, изготовления и транспортировки конструкций, строительства.

Монография А. А. Сергеева «Методика определения численности и технического оснащения воинских формирований Железнодорожных войск при возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта» (2018 год) относится к работам прикладного характера. Данная монография содержит предложения по методике расчета потребности в ресурсах (численности, техническом оснащении) формирований Железнодорожных войск, необходимых для ликвидации последствий разрушений, а также организации выполнения восстановительных работ на объектах железнодорожной инфраструктуры в условиях ЧС. Предлагаемая методика разработана с учетом современных представлений о природе и анализа статистики возникновения ЧС, а также практики ликвидации последствий. Вместе с этим в работе проведены оригинальные теоретические подходы к моделированию частоты ЧС и масштабов возникающих при этом разрушений. Представленные предложения могут найти практическую реализацию в органах управления МТО МО РФ, в частности при разработке регламента привлечения соединений (частей) Железнодорожных войск в рамках функциональной подсистемы предупреждения и ликвидации ЧС Вооруженных сил РФ «Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС» для восстановления железных дорог, разрушенных в результате стихийных бедствий и иных ЧС природного и техногенного характера.

Вопросам восстановления железнодорожных мостов по временной схеме посвящена следующая литература: Восстановление искусственных сооружений. М.: МИИТ, 1965. 288 с.; Руководство для железнодорожных войск. Восстановление железнодорожных мостов и труб. (ВМ 67). М.: Воениздат, 1969. 560 с.; Лопай С. Д. Восстановление железнодорожного пути и сооружений М., 1973. 328 с.; Восстановление мостов. Л.: ЛВКУ ЖДВ и ВОСО, 1976. 218 с.; Восстановление ИССО на железных дорогах. Машины и механизмы дня восстановления мостов. М.: Воениздат, 1977. 296 с.

Следует отметить, что большинство указанных документов были изданы сорок и более лет назад и не могут отражать вопросы современного уровня развития техники, материалов и технологий. Кроме того, эти документы не содержат информации о взаимодействии структур железнодорожной отрасли в Единой системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий выпустило ряд документов, касающихся вопросов ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Так, «Методические рекомендации по разработке положения об организации и ведении гражданской обороны в Федеральных органах исполнительной власти», утвержденные МЧС России 19.03.2021 г. № 2-4-71-5-11, содержат информацию об организации и ведении гражданской обороны для использования должностными лицами федеральных органов исполнительной власти. Или, например, «Методические рекомендации по созданию, хранению, использованию и восполнению резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», утвержденные МЧС России 19.03.2021 г. № 2-4-71-2-11, содержат научно обоснованные принципы создания, хранения, использования и восполнения резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также порядок отчетности об их состоянии. Согласно данным методическим рекомендациям, резервы материальных ресурсов создаются организациями для ликвидации чрезвычайных ситуаций локального характера. Порядок создания резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций определяется приказом руководителя организации.

При анализе ведомственных приказов и прочих технических и технологических регламентов установлен ряд документов, выпущенных органами государственной власти и касающихся вопросов восстановления инженерных сооружений не в области железнодорожного транспорта. Вместе с этим такие документы могут быть полезны при разработке строительных правил или ведомственных нормативных документов по оперативному восстановлению деформаций и повреждений искусственных



Рис. 2. Схема оповещения причастных при получении сигнала о возникновении ЧС на уровне регионального Центра управления содержанием инфраструктуры



Рис. 3. Схема оповещения причастных при получении сигнала о возникновении ЧС на уровне линейного предприятия (дистанция инженерных сооружений)

На основании анализа объемов восстановительных работ, а также с учетом оперативной обстановки (наличие и объемы аварийно-восстановительного запаса, пути подвоза материалов и техники, погодноклиматические факторы и пр.) принимается решение о конструктивных особенностях и технологии ведения работ по оперативному восстановлению разрушенного сооружения. Как правило, открытие движения в кратчайшие сроки организуется по временной схеме. При этом, ограничивается скорость движения, снижается пропускная способность объекта и допускаемая поездная нагрузка.

Работы по капитальному восстановлению объекта (строительству нового сооружения) организуются на последующих этапах в плановом порядке.

Следует отметить, что план аварийно-восстановительных работ будет подготовлен на основе нескольких критериев, к которым можно отнести:

- срок восстановления (открытие движения по временной схеме и далее с учетом приведения сооружения в проектное положение по расчетной нагрузке и провозной способности);
- расчетная нагрузка на сооружение;
- затраты.

Открытие движения в кратчайшие сроки будет проведено по временной схеме, организация которой будет сопровождаться строительством краткосрочных сооружений, ограничивающих как нагрузку, так и скорость движения. Приведение сооружения в проектное положение по расчетной нагрузке и провозной способности будет проведено вне рамок работы временной схемы по отдельно разработанным проектам. При этом срок его реализации будет зависеть от имеющихся возможностей: изученность территории, материально-техническое обеспечение, логистика транспорта техники и материалов и ряд других факторов.

В качестве расчетной принимается временная нагрузка «В» при строительстве краткосрочных сооружений со скоростью движения не более 15 км/ч и для временных сооружений со скоростью движения до 80 км/ч, что будет определять план аварийно-восстановительных работ. Однако в некоторых случаях для открытия движения по временной схеме, например, через «сухие» водотоки либо при незначительном напоре воды, вообще отсутствует необходимость строительства мостовых переходов, а реализация мероприятий ограничивается укладкой и обсыпкой водопропускных труб расчетного диаметра. Поэтому такие условия производства работ будут учитывать сразу два критерия: и быстрый срок реализации и расчетную нагрузку.

Исходя из вышеуказанного, оценка эффективности плана организационных и технических решений по восстановлению ИССО в первую очередь будет зависеть от срока восстановления движения.

Анализ опубликованных отечественных и зарубежных результатов исследований

Выполненный анализ отечественного и зарубежного опыта восстановления искусственных сооружений позволил сформулировать следующие выводы относительно способов повышения оперативности восстановления разрушенных искусственных сооружений. Основная часть работ, приведенная в библиографическом списке, посвящена восстановлению мостовых сооружений. Вопросы оперативного восстановления тоннелей практически не рассматриваются. К таким выводам можно отнести следующее:

Автоматизация

- повышение автоматизации процессов проектирования восстановительных и ремонтных работ позволяет повысить оперативность восстановительных мероприятий;
- автоматизация отдельных расчетов элементов инфраструктуры или процесса проектирования в целом позволяет значительно сократить сроки восстановления при разрушении объектов инфраструктуры железных дорог;
- автоматизация ведения документооборота позволяет повысить оперативность восстановительных мероприятий;
- разработки и применение автоматизированных систем проектирования и систем помощи принятия решений – еще один из способов сокращения сроков открытия движения после восстановления.

Организация работ

- заблаговременная подготовка путей подхода к искусственным сооружениям для доставки материалов и проезда строительной техники;
- заблаговременное создание площадок и баз хранения строительных материалов, конструкций и специальной строительной техники. Правильная организация строительства подъездов, монтажных площадок и мест хранения материальных ресурсов и техники позволит сократить время на восстановление искусственных сооружений;
- заблаговременная оценка объемов необходимых ресурсов, численности и технического оснащения при восстановлении разрушенных сооружений для различных регионов страны;
- заблаговременная разработка вариантов проектных решений по восстановлению разрушенных сооружений;
- заблаговременная подготовка проектных решений под различные варианты разрушений. Первоочередность проработки таких решений определяется вероятностной оценкой по вариантам разрушений и видам объектов;
- проработка вопросов, связанных с заблаговременной подготовкой к восстановлению искусственных сооружений, имеет высокую актуальность и при правильном подходе позволяет значительно сократить срок восстановления разрушенных сооружений;
- повышение оперативности восстановления за счет использования более эффективных и производительных геофизических методов и заблаговременного получения информации о геологическом строении и свойствах подстилающих грунтов. Получение информации из архивных данных, сформированных при проектировании разрушенного сооружения и ее актуализация при отсутствии

архивов. Выполнение инженерно-геологических изысканий до разрушения моста, когда нет необходимости проведения оперативных мероприятий. Формирование базы данных изыскательской информации по важным объектам;

- развитие ресурсных материально-технических баз совместными усилиями владельцев инфраструктуры железнодорожного транспорта и соответствующими организациями Министерства обороны, а также рациональное планирование номенклатуры и мест размещения складов аварийно-восстановительного запаса;

- разделение специализированных бригад (рот) по специализации выполняемых работ;

- поддержание высокого уровня компетенций изыскателей и проектировщиков, используемых высокопроизводительных инструментов и средств автоматической обработки позволит повысить оперативность подготовки проекта восстановления и, следовательно, проведения аварийно-восстановительных работ. Следует рассмотреть целесообразность заблаговременной подготовки нескольких вариантов проектов для особо важных объектов (по существующей оси, на обходе), которые можно использовать в готовом виде или при незначительных изменениях.

Конструкции

- использование наплавных железнодорожных мостов сокращает время восстановления движения, но может рассматриваться как временная мера. Подобные способы временного и краткосрочного оперативного восстановления решают проблему начала пропуска поездов после разрушения, однако ввиду малого срока службы конструкций потребуют в дальнейшем выполнения капитального восстановления сооружения и, как следствие, дополнительных материальных затрат;

- применение деревянных облегченных конструкций позволит сократить время на восстановление разрушенного моста за счет уменьшения трудоемкости транспортировки и монтажа, однако такие конструкции следует рассматривать как решение для краткосрочного и временного восстановления малых железнодорожных мостов. Использование заранее заготовленных облегченных конструкций фундаментов поверхностного опирания (ФПО) из деревобетона позволит повысить оперативность восстановления временных и краткосрочных мостов;

- применение композитных материалов в конструкциях мостов, используемых в большей степени при изготовлении пролетных строений. По сравнению с металлическими конструкциями они имеют значительно меньшую массу, что, во-первых, облегчает транспортировку и монтаж, а во-вторых, снижает нагрузку на фундамент и основание. При этом современные композиты имеют прочность, сопоставимую с некоторыми марками стали и могут обеспечить пропуск поездов с заданными нагрузками;

- применение в качестве материала изготовления пролетных строений алюминиевых сплавов.

Технологии

- при массовом характере разрушений мостов целесообразно при расчистке завалов сохранять уцелевшие элементы конструкций для их повторного использования;

- развитие теории, позволяющей укрупненно оценить объемы работ и их трудоемкость не только в военное, но и в мирное время, является актуальным направлением и требует особого внимания, поскольку позволяет более качественно планировать работы по оперативному восстановлению, особенно в условиях масштабных разрушений;

- предварительное получение информации о разрушении объектов железнодорожной инфраструктуры с использованием БПЛА. Такой подход позволит оценить предварительный объем разрушений, в том числе труднодоступных элементов, например, промежуточных опор мостов через водные преграды, наметить проведение необходимых изыскательских мероприятий и обследований, оценить возможные подходы к объекту и спланировать оптимальный маршрут перемещения техники и материалов. Применение БПЛА с учетом современного развития технических и программных средств позволит с достаточно высокой точностью выполнять некоторые виды обследований объекта дистанционно, когда доступ к объекту ограничен или несет опасность для персонала. Так, применение БПЛА позволит при использовании метода фотограмметрии с высокой точностью оценить объемы земляных работ и необходимость в других материалах;

- использование путеукладчика УК-25/9-18 для монтажа некоторых конструкций малых и средних мостов;

- необходим пересмотр документов или разработка новых, учитывающих современные требования к провозной способности железных дорог. При этом документы должны регламентировать

восстановление мостов не только в военное, но и в мирное время на длительный срок эксплуатации после их оперативного восстановления;

- большая часть работ зарубежных авторов посвящена исследованию воздействий на важные объекты инфраструктуры и оценки рисков их повреждения;
- при оценке рисков необходим комплексный подход, сочетающий взаимный анализ различного рода воздействий на сооружения.

Анализ и обобщение информации, полученной в процессе проведения патентных исследований в соответствии с поставленными в работе задачами, показывают, что технологии и способы оперативного строительства и восстановления объектов транспортной инфраструктуры направлены прежде всего:

- на разработку «эффективных» конструкций инженерных объектов, обладающих повышенными прочностными и иными характеристиками за счет применения новых материалов и элементов;
- внедрение специальных элементов в основание, опоры и пролеты для предотвращения неравномерности осадки, повышения устойчивости и грузоподъемности;
- разработку конструкций, направленных на повышение эксплуатационной надежности, долговечности и расширение функциональных возможностей объектов инженерной инфраструктуры за счет обеспечения защиты от размыва, предотвращения деформаций, повышения прочности отдельных элементов креплений и других ключевых элементов конструкции инженерного объекта;
- сокращение времени развертывания мостовых конструкций при возникновении чрезвычайных ситуаций;
- оперативное восстановление движения;
- минимизацию материально-технических ресурсов без ухудшения эксплуатационных характеристик восстанавливаемых инженерных объектов;
- автоматизацию и оптимизацию процессов оперативного восстановления инженерных объектов.

В ходе анализа патентной информации по временным конструкциям инженерных сооружений установлено большое разнообразие конструктивных решений, которые позволяют решать широкий спектр оперативно-восстановительных задач. Вместе с этим часть конструктивных решений подходит только для временного размещения, а часть и для долгосрочной эксплуатации после восстановления и снятия режима ЧС. Последнее достигается за счет применения заранее заготовленных конструкций, облегченных конструкций из композитных материалов без потери прочности, простых контейнерных конструкций, пролетных строений из комбинированных сплавов.

Существующие технологии и способы оперативного восстановления инженерных сооружений готовы к практическому использованию, что подтверждается значительной изобретательской активностью по направлениям как разработки различных «эффективных» конструкций и механизмов, так и в развитии направлений по совершенствованию технологий и способов, сокращающих время возведения инженерных сооружений.

Факторы, влияющие на оперативность аварийно-восстановительных работ

Анализ внешней среды и внутренних преобразование и изменений служит инструментом, при помощи которого можно прогнозировать потенциальные угрозы и вновь открывающиеся возможности. Такой анализ позволяет своевременно спрогнозировать проявление угроз и возможностей, разработать ситуационные планы на случай возникновения непредвиденных обстоятельств, спланировать действия, которые позволят причастным организациям достигнуть целей повышения оперативности восстановления искусственных сооружений.

В табл. 1 приведены основные возможности и их значимость в рассматриваемой области. Внешняя и внутренняя среда в виде отдельных факторов или их совокупности может в значительной степени повлиять на повышение оперативности восстановления искусственных сооружений. Рассмотренные факторы объединены по следующим основным группам: нормативные, организационные, научно-технические, технологические и др.

Для разработки матрицы угроз (табл. 2) определены основные факторы, вероятность их появления и степень влияния на повышение оперативности восстановления искусственных сооружений.

Таблица 1

«Матрица возможностей» повышения оперативности восстановления искусственных сооружений

Матрица возможностей	Сильное влияние	Умеренное влияние	Малое влияние
Высокая вероятность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Совершенствование государственной научно-технологической политики. 2. Развитие передовых технологий. 3. Использование высокопроизводительной техники. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Повышение автоматизации процессов отдельных расчетов элементов инфраструктуры или процесса проектирования в целом, восстановительных и ремонтных работ. 2. Развитие информационных технологий в сфере обучения, освоения компетенции, получения навыков и умений. 3. Применение современных методов и средств для проведения инженерных изысканий. 4. Применение БИЛА для повышения оперативности –оценки объемов и характера разрушений, в том числе и в труднодоступных местах. 5. Оборудование ИССО системами мониторинга и прогнозирования воздействий природного и техногенного характера (для повышения оперативности реагирования на ЧС). 	
Средняя вероятность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поддержка стратегических исследований и разработок российских компаний. 2. Заблаговременная подготовка путей подхода к искусственным сооружениям. 3. Заблаговременная подготовка площадок и баз хранения строительных материалов. 4. Заблаговременная подготовка конструкций и специальной строительной техники. 5. Развитие ресурсных материально-технических баз совместными усилиями владельцев инфраструктуры железнодорожного транспорта и соответствующими организациями Министерства обороны. 6. Рациональное планирование номенклатуры и мест размещения складов аварийно-восстановительного запаса. 7. Использование быстровозводимых конструкций. 8. Переустройство мостов на трубы или фильтрующие насыпи. 9. Использование современных быстротвердеющих и высокопрочных составов. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заблаговременная оценка объемов необходимых ресурсов, численности и технического оснащения. 2. Поддержание высокого уровня компетенций изыскателей и проектировщиков, используемых высокопроизводительный инструментов и средств автоматизации. 3. Использование облегченных конструкций пролетных строений (деревянные, композитные алюминиевые конструкции). 4. Использование путеукладчика УК-25/9–18 для монтажа некоторых конструкций малых и средних мостов. 5. Комбинированная схема восстановления (временное + капитальное восстановление). 6. Унификация конструкций и элементов сооружений. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Автоматизация ведения документооборота и систем помощи принятия решений.
Низкая вероятность	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заблаговременная разработка вариантов проектных решений по восстановлению разрушенных сооружений. 2. Разработка типовых проектов восстановления отдельных элементов конструкций. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заблаговременное получение информации о геологическом строении и свойствах подстилающих грунтов. 	

Таблица 2

«Матрица угроз» повышения оперативности восстановления искусственных сооружений

Матрица угроз	Разрушение	Критическое состояние	Тяжелое состояние	Незначительное влияние
Высокая вероятность	<p>1. Отсутствие технических документов с учетом современных условий.</p> <p>2. Разрушение ИССО в узких местах, где сочетаются сложные конструкции сооружений, их труднодоступность и отсутствие альтернативных путей обхода и подходов к ИССО.</p>	<p>1. Снижение численности квалифицированных кадров.</p> <p>2. Отставание развития нормативно-правовой базы с учетом преобразований на железнодорожном транспорте.</p> <p>3. Изменение климата.</p> <p>4. Опасные природные явления.</p> <p>5. Ограничения возможности использования материалов и конструкций, применяемых при восстановлении больших и внеклассных мостов.</p> <p>6. Ограничения возможности использования специальной техники большой грузоподъемности.</p>	<p>1. Влияние международных санкций на экономику страны и деятельность холдинга «РЖД».</p> <p>2. Ухудшение межгосударственных отношений.</p> <p>3. Отсутствие материальной базы в непосредственной близости восстанавливаемого сооружения.</p> <p>4. Изменение климата повышает количество стихийных бедствий природного характера.</p> <p>5. Повышение нагрузок и скорости движения.</p> <p>6. Большое количество искусственных сооружений с конструктивными дефектами и длительным сроком эксплуатации без капитальных ремонтов</p>	
Средняя вероятность	<p>1. Развитие экономического кризиса.</p> <p>2. Снижение объема государственного финансирования.</p> <p>3. Пожары, стихийные бедствия в районах деятельности холдинга «РЖД».</p> <p>4. Массовый характер разрушений искусственных сооружений.</p> <p>5. Сочетанные (комплексные) разрушения.</p> <p>6. Труднодоступность разрушенных сооружений.</p>	<p>1. Спад уровня образования и подготовки специалистов.</p> <p>2. Дефицит производственных мощностей.</p> <p>3. Существенное изменение структуры грузооборота по типам грузов и направлениям относительно прогнозируемых значений.</p> <p>4. Ухудшение качества трудовых ресурсов.</p> <p>5. Недостаточный уровень внедрения и использования современных научно-технических разработок.</p> <p>6. Отсутствие организационного нормативного документа с учетом современных условий</p>	<p>1. Рост уровня цен на материалы.</p> <p>2. Сокращение притока новых кадров начиная с 2007 года вследствие демографического кризиса начала 90-х годов.</p> <p>3. Полное или частичное отсутствие информации о реконструируемом объекте (изученность района строительства, проекты сооружения).</p> <p>4. Длительность внешних воздействий (природные, техногенные, военные действия).</p> <p>5. Погодно-климатические факторы (температура, ветер, осадки и др.).</p>	<p>1. Снижение инвестиционной активности.</p>
Низкая вероятность	<p>1. Локальные военные действия.</p> <p>2. Сопровождающие негативные факторы (химическое или биологическое загрязнение).</p>	<p>1. Риск нерегулируемого роста цен.</p>	<p>1. Аварии на промышленных объектах, связанных с обеспечением работы холдинга «РЖД».</p>	

Условно приведенные факторы можно объединить по признаку оказываемого воздействия. Например, изменение климата и более частое проявление опасных природных явлений, техногенных катастроф и стихийных бедствий в районах деятельности холдинга «РЖД» потребуют дополнительных мероприятий по адаптации нормативной базы, инструментов и технологий в области оперативного восстановления искусственных сооружений. Незапланированные колебания объемов перевозок, превышающих пропускную способность отдельных участков железных дорог, существенное изменение структуры грузооборота по типам грузов и направлениям относительно прогнозируемых значений приведет к дополнительным нагрузкам на мосты, что может способствовать их более частому выходу из строя. Дефицит производственных мощностей поставщиков продукции для нужд оперативного восстановления, недостаточный уровень развития и использования инноваций в сфере строительных технологий и материалов, недостаточный уровень внедрения и использования современных научно-технических разработок, отсутствие общего развития IT (ноу-хау, сервис, проекты автоматизации) могут привести к перебоям в поставках и разработке передовых технологий. Указанные факторы, вероятность и степень их влияния сведены в матрицу угроз (табл. 2).

Сформированные матрицы позволяют выделить те возможности и риски, которые оказывают влияние на оперативность восстановления искусственных сооружений, а также оценить степень такого влияния.

В данной работе для формирования рекомендаций по совершенствованию методов повышения оперативности восстановления деформированных искусственных сооружений железнодорожного транспорта с учетом современного уровня развития техники и строительных технологий применен SWOT-анализ. Несмотря на то что SWOT-анализ – это метод стратегического планирования развития компании или бизнеса, в данной работе он применен к существующей методологии восстановления объектов инфраструктуры для того, чтобы оценить ее сильные и слабые стороны, определить возможные перспективы развития, а также угрозы, влияющие на рассматриваемую область извне. Результаты проведенного SWOT-анализа существующих процессов, влияющих на оперативность восстановления искусственных сооружений, представлены на рис. 4.



Рис. 4. SWOT-анализ существующей методологии оперативного восстановления деформированных искусственных сооружений

В результате анализа матрицы возможностей в SWOT-анализ существующей методологии оперативного восстановления деформированных искусственных сооружений включены следующие возможности:

- повышение автоматизации процессов отдельных расчетов элементов инфраструктуры или процесса проектирования в целом, восстановительных и ремонтных работ;
- автоматизация ведения документооборота и систем помощи принятия решений;
- заблаговременная подготовка путей подхода к искусственным сооружениям, площадок и баз хранения строительных материалов, конструкций и специальной строительной техники;
- заблаговременная оценка объемов необходимых ресурсов, численности и технического оснащения;
- заблаговременная разработка вариантов проектных решений по восстановлению разрушенных сооружений;
- заблаговременное получение информации о геологическом строении и свойствах подстилающих грунтов;
- поддержание высокого уровня компетенций изыскателей и проектировщиков, использование высокопроизводительного инструмента и средств автоматизации;
- развитие ресурсных материально-технических баз совместными усилиями владельцев инфраструктуры железнодорожного транспорта и соответствующими организациями Министерства обороны и рациональное планирование номенклатуры и мест размещения складов аварийно-восстановительного запаса;
- использование облегченных конструкций пролетных строений (деревянные, композитные алюминиевые конструкции);
- предварительное получение информации о разрушении объектов железнодорожной инфраструктуры с использованием БПЛА;
- использование путеукладчика УК-25/9–18 для монтажа некоторых конструкций малых и средних мостов.

Матрица внешних угроз (табл. 2) разделяет прогнозируемые угрозы на несколько категорий по вероятности проявления (высокая, средняя и низкая) и степени воздействия (разрушение, критическое состояние, тяжелое состояние и незначительное влияние). Анализ матрицы позволяет оценить опасность каждого фактора и определить наиболее значимые для рассматриваемой области. Наиболее значимыми можно считать отсутствие технических нормативных документов с учетом современных условий и разрушение ИССО в узких местах, где сочетаются сложные конструкции сооружений, их труднодоступность и отсутствие альтернативных путей обхода и подходов к ИССО. Те факторы, которые определяются как значимые, должны постоянно отслеживаться и контролироваться.

Представленные результаты в виде SWOT-матрицы получены из анализа современной научно-технической литературы, опубликованных экспертных мнений по тематике исследований, интервьюирования работников путевого хозяйства, а также результатов интеллектуальной деятельности. Кроме того, из матрицы видно, что методология оперативного восстановления объектов транспортной инфраструктуры требует значительной модернизации и стандартизации с учетом современных вызовов, и внешних угроз.

Выводы

По результатам анализа ГОСТ, ГОСТ Р, ПНСТ, требований, действующих или разрабатываемых в Российской Федерации технических регламентов, ведомственных распоряжений нормативные документы содержат в основном вопросы проектирования, строительства и технического обслуживания искусственных сооружений. Нормативные документы (ГОСТ, ГОСТ Р, ПНСТ), регламентирующие именно вопросы организации оперативного восстановления мостов, тоннелей и эстакад, отсутствуют или требуют переработки (переиздания). Вместе с тем необходимо разработать новый документ, включающий вопросы повышения оперативности восстановления разрушенных искусственных сооружений с учетом современного развития техники, технологий и строительных материалов, а также опыта проведения аварийно-восстановительных работ как на железнодорожном транспорте, так и в смежных отраслях. Например, методические рекомендации «Оперативное восстановление искусственных сооружений на железных дорогах Российской Федерации». Вопросы взаимодействия причастных структур ОАО «РЖД» и федеральных органов исполнительной власти при наступлении деформаций и повреждений искусственных сооружений, возникших при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, а также вследствие военных конфликтов могут войти в разрабатываемый нормативно-технический документ или же могут быть актуализированы в отдельном документе, например,

«Регламент взаимодействия ОАО «РЖД», дочерних и зависимых обществ при наступлении чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, повлекших разрушение искусственного сооружения».

Необходимо также отметить, что требования к заблаговременной подготовке объектов к проведению аварийно-восстановительных работ, в том числе заблаговременное выполнение предпроектных изысканий и проектных работ, являются важной составляющей в вопросах повышения оперативности проведения аварийно-восстановительных работ. Поэтому необходима разработка отдельного нормативного документа или разделов в разрабатываемый (перерабатываемый) документ, регламентирующих требования к заблаговременной подготовке транспортных объектов к проведению аварийно-восстановительных работ.

Из анализа отечественных и зарубежных результатов исследований можно выделить несколько основных направлений повышения оперативности восстановления искусственных сооружений. Первое направление связано с автоматизацией различных процессов. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, автоматизация трудоемких процессов позволяет в значительной степени сократить затраты времени, например, на ведение документооборота, расчет конструкций и проектирование. Учитывая, что в некоторых случаях время на проектирование может занимать в 2–3 раза больше времени, чем сам процесс строительства, то автоматизация основных процессов позволяет сократить общее время на восстановление или строительство искусственных сооружений.

Второе направление связано с оптимизацией организационных мероприятий. Одной из важнейших составляющих повышения оперативности строительства и восстановления искусственных сооружений является наличие материальных и технических ресурсов, расположенных в непосредственной близости к объекту строительства, а также имеющиеся всевозможные пути следования от материальных баз, мест складирования, заводов по изготовлению конструкций и материалов, сборочных баз и др. к месту проведения работ. В этом отношении заблаговременная подготовка путей подхода к искусственным сооружениям, площадок и баз хранения строительных материалов, конструкций и специальной строительной техники значительно сократит затраты времени на подготовительные работы. Для снижения времени на проектно-изыскательские работы на объектах, где такая информация отсутствует, можно заблаговременно формировать базы геодезических, геологических и гидрометеорологических данных. Поскольку такие работы занимают достаточно много времени, заблаговременное их выполнение целесообразно на крупных высокоответственных сооружениях. Также одним из способов повышения оперативности будет формирование баз данных, содержащих варианты проектных решений по восстановлению частично или полностью разрушенных искусственных сооружений. Высокие темпы восстановления могут быть достигнуты только при непрерывном обеспечении материально-техническими ресурсами на всем протяжении строительных работ. Развитие ресурсных материально-технических баз может осуществляться, например, совместными усилиями владельцев инфраструктуры железнодорожного транспорта и соответствующими организациями Министерства обороны. При этом следует отметить необходимость рационального планирования номенклатуры и мест размещения складов аварийно-восстановительного запаса.

Третье направление предполагает использование различных конструкций и материалов, применение которых может повысить оперативность восстановления. Военный опыт по возведению переправ через водные преграды показывает достаточно высокие темпы и позволяет возобновить движение в зависимости от условий и имеющихся ресурсов в срок от 1 до 5 дней. Для этого используются различные конструкции инвентарных наплавных или эстакадных мостов. Данный вариант восстановления, несмотря на высокие темпы, обладает рядом недостатков, поскольку подобные сооружения являются временными и имеют ограничения по провозной способности. Однако такое восстановление можно рассматривать в виде комбинированной схемы, когда на время работ по капитальному восстановлению движение будет организовано по временному мосту. Такая схема будет более затратна, но позволит открыть движение в кратчайшие сроки, хотя и с ограничениями.

Другой подход связан с использованием облегченных материалов в конструкциях мостов. Это могут быть, например, современные многослойные деревянные конструкции, композитные материалы или конструкции из алюминиевых сплавов. Использование облегченных конструкций позволит сократить время на монтаж и транспортировку, а также снизить требования по грузоподъемности используемых строительных машин. Это направление имеет хорошие перспективы, но должны быть выработаны жесткие требования по прочности и надежности таких конструкций, которые должны обеспечить пропуск поездов с заданными скоростями и нагрузками. Также оперативность восстановления могут повысить унификация сборных конструкций опор и пролетов мостовых сооружений.

Четвертое направление связано с технологиями, применяемыми при восстановлении искусственных сооружений. Так, для экономии ресурсов, особенно если они имеют массовый характер, целесообразно при расчистке завалов сохранять уцелевшие элементы конструкций для их повторного использования. Использование БПЛА для предварительного получения информации о разрушении объектов железнодорожной инфраструктуры позволит оценить характер разрушений и предварительно оценить объем необходимых ресурсов для восстановительных мероприятий. В исследовании приведена работа, в которой для оптимизации восстановительных работ предлагается применение путеукладчика УК-25/9–18 для монтажа некоторых конструкций малых и средних мостов, что также может позволить в некоторых случаях повысить оперативность проведения восстановительных работ.

Проведенные исследования и сформулированные выводы позволяют определить направления для формирования предложений по способам повышения оперативности восстановления искусственных сооружений.

Предложения по совершенствованию существующей практики ведения аварийно-восстановительных работ

Возникновение деформаций (разрушение) объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта является чрезвычайной ситуацией, последствия которой необходимо ликвидировать в кратчайшие сроки и обеспечить движение на участке. При таком рассмотрении существующие технические документы и нормативно-правовые акты, регламентирующие вопросы оперативного реагирования, взаимодействия, планирования и организации работ при возникновении ЧС, достаточно конкретны и структурированы. Вместе с этим необходимо отметить, что значительная ответственность в принятии решений ложится на сформированный оперативный штаб. Соответственно, скорость ликвидации последствий ЧС, а также правильность принятых решений по восстановлению объекта в значительной степени зависит от человеческого фактора, имеющихся компетенций и опыта выполненных ранее работ. Учитывая результаты проведенных в данной работе исследований, предлагается разработать нормативно-методический документ, охватывающий основные вопросы ведения аварийно-восстановительных работ при разрушениях искусственных сооружений, например, методические рекомендации «Оперативное восстановление искусственных сооружений на железных дорогах Российской Федерации».

Каждый случай повреждения искусственных сооружений в результате внешних воздействий различного характера является уникальным. Виды повреждений и разрушений будут различны и, следовательно, технические решения также будут различаться. При этом для быстрого восстановления важно оперативно определиться с техническим решением, которое будет использовано наиболее эффективно в конкретных условиях. С учетом изложенного целесообразна разработка и использование альбома типовых решений по оперативному восстановлению отдельных элементов конструкций, например, устоев, промежуточных опор, опорных частей, пролетных строений, подходов и т.д. с учетом современного состояния техники, технологий и материалов.

Проведенные исследования, выполненный SWOT-анализ и разработанные матрицы рисков и возможностей позволили сформулировать основные предложения по повышению оперативности аварийно-восстановительных работ, которые приведены ниже вместе с кратким описанием каждого способа.

Повышение автоматизации процессов отдельных расчетов элементов инфраструктуры или процесса проектирования в целом, восстановительных и ремонтных работ

Процесс автоматизации выполнения трудоемких расчетов или процесса проектирования может в значительной степени сократить время на выполнение таких операций. При этом при увеличении скорости получения конечного результата не уменьшается качество полученных результатов и проектных решений. Еще одним преимуществом использования автоматизированных систем является возможность внесение изменений в исходные данные с оперативным получением пересчитанных результатов, что дает возможность корректировать технологические и конструктивные решения и осуществлять поиск оптимальных вариантов без выполнения трудоемких расчетных операций. Такие системы могут создаваться на базе систем автоматизированного проектирования (САПР), технологических линий проектирования (ТЛП) или специального программного обеспечения для расчетов конструкций и технологических операций. Использование таких систем может снизить общие трудозатраты на 8–12 %, а в некоторых случаях применения BIM сократить срок выполнения проектных работ на 39 % (Smart Market Report McGraw Hill Construction, 2012).

Автоматизация ведения документооборота и систем помощи принятия решений

Неотъемлемой частью изыскательских, проектных и строительных работ является непрерывный процесс ведения различной документации. Перечень таких документов может превышать десятки, а то и сотни наименований. Такие документы должны формироваться в соответствующих подразделениях и храниться продолжительное время. Применение систем электронного документооборота в автоматизированных системах позволяет повысить оперативность и эффективность ведения документооборота и облегчить процедуры взаимодействия между подразделениями. Использование автоматизированных систем управления (АСУ) помимо ведения электронного документооборота представляет возможность автоматизированного анализа информации, содержащейся в электронной базе, и формирования рекомендаций, позволяющих принимать объективные организационные и управленческие решения в кратчайшие сроки.

Заблаговременная подготовка подходов к искусственным сооружениям, площадок и баз хранения строительных материалов, конструкций и специальной строительной техники

Одной из важнейших составляющих повышения оперативности строительства и восстановления искусственных сооружений является наличие материальных и технических ресурсов, расположенных в непосредственной близости к объекту строительства, а также имеющиеся все возможные пути следования от материальных баз, мест складирования, заводов по изготовлению конструкций и материалов, сборочных баз и др. к месту проведения работ. От качества дорог будет зависеть масса и грузоподъемность применяемого транспорта и машин, что будет влиять на скорость подхода техники и подвоза материалов. Приближенность баз хранения строительных материалов, конструкций и специальной строительной техники также снизит время на доставку необходимых ресурсов для восстановления искусственных сооружений. Также целесообразно вместе с подготовкой путей подхода осуществлять подготовку площадок для строительной техники непосредственно на объекте строительства (например, для кранов). Такие виды работ, относящиеся к подготовительным, приведут к сокращению общих сроков восстановления. Так, например, в среднем продолжительность подготовительных работ составляет порядка 17 % от общей продолжительности строительства. Таким образом, заблаговременное выполнение некоторых работ может повысить оперативность восстановительных работ на 5–10 %.

Заблаговременная оценка объемов необходимых ресурсов, численности работников и технического оснащения

Выбор оптимального количества необходимых ресурсов для быстрого и качественного восстановления искусственных сооружений является достаточно сложной задачей, поскольку до момента повреждения или разрушения конструкции сложно оценить масштаб необходимых восстановительных работ. Отсутствие необходимой информации может привести либо к недостатку ресурсов, что потребует дополнительного времени на их пополнение, или, наоборот, сосредоточение лишних ресурсов будет мешать правильной организации технологических операций по восстановлению и также может негативно сказаться на сроках восстановления. В такой ситуации целесообразно определить необходимые ресурсы под различные сценарии разрушения, а после натурного осмотра при необходимости выполнить корректировку укрупненных расчетов или перераспределение ресурсов. Такой подход позволит начать переброску необходимых ресурсов до проведения детального обследования разрушенного объекта.

Заблаговременная разработка вариантов проектных решений по восстановлению разрушенных сооружений

В настоящее время промежуток времени между моментом выдачи задания на проектирование строительства или ремонта объекта железнодорожной инфраструктуры и моментом начала реализации проекта, как правило, измеряется месяцами (до 6 месяцев). Также не является секретом то, что после разработки проекта тратится достаточно много времени на прохождение экспертизы, согласование и утверждение проектных решений.

Очевидно, что в момент наступления ЧС такой порядок проектирования не сможет обеспечить восстановление разрушенных объектов железнодорожной инфраструктуры в кратчайшие сроки. По этой причине заблаговременная разработка проектной документации по возможным вариантам восстановления наиболее важных объектов железнодорожной инфраструктуры является стратегически важной задачей, решение которой позволит значительно повысить оперативность восстановительных работ. Заблаговременное проектирование имеет ряд недостатков: аварийные воздействия носят вероятностный характер, поэтому вариаций (сценариев) разрушений ИССО достаточно большое количество,

что при данном подходе равно количеству проектов производства работ; заблаговременный проект не может учитывать оперативную обстановку и фактическое состояние объекта, которое может меняться с течением времени. Данные недостатки могут быть минимизированы и нивелированы, если заблаговременное проектирование будет выполняться:

- для важнейших и наиболее уязвимых объектов железнодорожной инфраструктуры;
- с учетом наиболее вероятностных сценариев разрушений;
- на основе целостной и полной информации об объекте и его окружении (планы, аэрофотоснимки, крупномасштабные карты прилегающей к объекту местности, отметки и координаты реперов и опорных пунктов триангуляционной или полигонометрической сети, инженерно-геологические и гидрологические данные, метеорологические и климатические условия);
- с учетом наличия местных строительных материалов и конструкций;
- с учетом современных конструктивных решений и строительных материалов.

Немаловажным этапом заблаговременного проектирования является имитационное моделирование, которое может позволить заблаговременно оценить масштабы возможных разрушений при наступлении ЧС, а также выполнить расчет необходимых для восстановления ресурсов.

Заблаговременное получение информации о геологическом строении и свойствах подстилающих грунтов

Заблаговременное получение информации о геологическом строении и свойствах подстилающих грунтов в зоне размещения объекта инфраструктуры позволит значительно сократить время на проведение изысканий при наступлении ЧС. Источниками геологической информации могут являться:

- изыскания прошлых лет (карточки ИССО);
- изыскания, выполненные для вновь построенных объектов;
- стационарные системы мониторинга, размещенные на локальных участках;
- геофизическая информация, полученная диагностическими комплексами (георадиолокационные данные);
- результаты исследований и испытаний грунтов, выполненные силами и средствами инженерно-геологических баз и обследовательских станций.

От полноты заблаговременно полученной геологической информации и физико-механических свойств грунтов зависит скорость проектирования и восстановления искусственных сооружений и подходов к ним.

Поддержание высокого уровня компетенций изыскателей и проектировщиков, использование высокопроизводительного инструмента и средств автоматизации

Обеспечить высокий уровень компетенций изыскателей и проектировщиков можно путем внедрения в учебный процесс дополнительных программ, позволяющих развить цифровые компетенции. Неотъемлемой частью проектирования в текущих условиях является теория управления рисками, что предполагает наличие соответствующего понятийного аппарата у специалистов. Безусловно изыскатели и проектировщики должны регулярно проходить повышение квалификации и практику на передовых предприятиях и инновационных площадках. С целью сокращения времени проведения изыскательских работ необходимо использовать наукоемкие, автоматизированные, цифровые измерительные средства и комплексы: неинвазивные геофизические методы, спутниковые геодезические комплексы, системы лазерного сканирования, пенетрацию, полевые испытательные грунтовые комплексы и т.п. Вместе с этим, необходимо на постоянной основе обеспечить процесс регулярного обновления нормативно-технической документации с учетом существующих перспективных и высокопроизводительных образцов измерительного оборудования и средств автоматизации.

Развитие ресурсных материально-технических баз совместными усилиями владельцев инфраструктуры железнодорожного транспорта и соответствующими организациями Министерства обороны

Рассматриваемое предложение предусматривает создание коллективных материально-технических баз (центров), расположенных с учетом логистики транспорта техники и материалов к критически важным объектам железнодорожной инфраструктуры. При этом следует вести рациональное планирование номенклатуры и мест размещения складов аварийно-восстановительного запаса. Подобные центры позволят аккумулировать наиболее «ресурсоемкие» конструктивные элементы объектов инфраструктуры: временные опоры, сборные элементы, пролетные строения и т.п. Вместе с этим произойдет

интеграция гражданских и военных разработок (конструктивные решения, материальная база, техника, методы), которая будет способствовать развитию методологии оперативного восстановления с учетом многовариантности событий и разрушений. Кроме того, исходя из оперативной обстановки, характера и места ЧС, может использоваться ближайший центр материально-технических ресурсов, что значительно может сократить время за счет сокращения времени доставки элементов и материалов. Однако главным преимуществом данных центров может оказаться готовность конструктивных элементов объектов инфраструктуры к установке, т.е. время на изготовления элемента не затрачивается. Последнее наиболее важно, особенно при изготовлении железобетонных конструкций и элементов, а также с учетом существующих санкций и ограничений.

Использование облегченных конструкций пролетных строений

Такие конструкции обладают высокой коррозионной и химической стойкостью, менее подвержены воздействию влаги и перепадам температур, имеют повышенный срок службы при эксплуатации и хранении. Существует опыт применения композитных и алюминиевых мостов в автодорожной отрасли. Однако, учитывая величину осевой нагрузки и динамическое поездное воздействие, применение композитных и алюминиевых пролетных строений на железнодорожном транспорте ограничено. Вместе с тем возможно применение отдельных элементов, не подверженных расчетным нагрузкам и выполненных из высокопрочных и легких композитных материалов и сплавов алюминия (настилы, тротуары, ограждающие конструкции, перила, лестничные сходы и пр.). Высокая прочность конструкций из композитных материалов при их малом весе облегчит транспортировку и монтаж, а также снизит нагрузку на фундамент и основание. Применение конструкций из композитов и алюминия позволит снизить трудоемкость работ и применять крановую технику с меньшей грузоподъемностью.

Однако применение новых композитных материалов и алюминиевых сплавов требует установления коэффициентов надежности по предельным состояниям расчетных характеристик с учетом расчетной нагрузки и срока полезного использования в условиях агрессивного воздействия окружающей среды.

Предварительное получение информации о разрушении объектов железнодорожной инфраструктуры с использованием БПЛА

Использование беспилотных летательных аппаратов (коптеров) в современном мире показывает их эффективность во многих отраслях. Их применение позволяет оперативно получать ситуационную информацию, позволяющую анализировать, принимать эффективные решения, управлять. В области повышения оперативности проведения аварийно-восстановительных работ на искусственных сооружениях применение БПЛА позволит решать ряд задач, например, таких как: получение уточняющей оперативной информации для оценки характера и степени разрушения объекта; получение уточняющей оперативной информации для организации и оперативного управления восстановительными работами (проезды для техники, развертывание вахты, места складирования материалов и пр.); изучение целостности конструкций (дефекты, сколы, трещины, арматура) и объема восстановительных работ в труднодоступных местах; построение расчетных моделей (метод фотограмметрии) для автоматизации проектных работ.

Использование путеукладчика УК-25/9–18 и/или УК 25 СП (для стрелочных переводов) для монтажа некоторых конструкций малых и средних мостов

Определенные виды технологических операций, предусмотренные проектами производства работ или технологическими картами, выполняются с использованием различной крановой техники, задействованной в одном технологическом процессе. Применение одного крана (например, УК-25/9–18 и/или УК 25 СП) в составе восстановительного поезда, используемого как для установки пролетных строений, так и для монтажа сборных бетонных блоков для опор (при использовании специальных стропильных систем), а также укладки мостового полотна, рельсов и рельсошпальной решетки на разрушенных подходах позволит сократить время, затрачиваемое на пробег техники к месту производства работ, перегруппировку восстановительных поездов, формирование нескольких строительных бригад, а также сократить потребность в крановой технике.

Унификация конструкций и элементов сооружений

Устранение излишнего многообразия элементов (унификация) мостовых переходов позволит сократить время на оперативное восстановление сооружения за счет применения разработанных технологических карт для одинаковых конструктивных элементов, наработки опыта монтажа одинаковых конструктивных элементов, применения однотипной техники и механизмов, применения заранее подготовленных заводских конструктивных элементов. Кроме того, в случае острой необходимости и при отсутствии конструктивных элементов на складах, последние могут быть демонтированы с малозатратных участков и доставлены на объекты оперативного восстановления. Также возможно провести унификацию конструктивных элементов, например, с автодорожными сооружениями, и в случае необходимости, проводить восстановление из материально-технических запасов автодорожного хозяйства.

Комбинированная схема восстановления (временное + капитальное восстановление)

Использование быстровозводимых временных (краткосрочных) железнодорожных мостов сокращает время восстановления движения, однако рассматривается как временная мера, позволяющая открыть движение, но с ограниченной скоростью и массой. Подобные способы временного и краткосрочного оперативного восстановления могут решить проблему начала пропуска поездов после разрушения моста, однако ввиду малого срока службы конструкции потребуют в дальнейшем выполнения капитального восстановления сооружения и, как следствие, приведут к дополнительным материальным затратам.

Список литературы

- 1 **Августов, Г. И.** Способы расчистки русел рек при восстановлении железнодорожных мостов на современном этапе / Г. И. Августов, А. А. Шейко // Специальная техника и технологии транспорта. – 2020. – № 8 (46). – С. 68–72. – ISSN 2712-9624.
- 2 **Афонаскин, В. Н.** Требования к системе обеспечения строительно-восстановительными материалами и конструкциями / В. Н. Афонаскин // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – 2018. – № 2(14). – С. 18–23. – ISSN 2413-4090.
- 3 Некоторые вопросы организации восстановления объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта / В. А. Бабошин, К. Н. Савинов, А. К. Черных, М. Г. Яшин // Автоматизация процессов управления. – 2020. – № 4. – С. 23–32. – ISSN 1991-2927.
- 4 **Бочище, Д. Н.** Этапы развития средств и способов восстановления мостовых переходов на железных дорогах / Д. Н. Бочище // Специальная техника и технологии транспорта. – 2019. – № 1(39). – С. 21–26. – ISSN 2712-9624.
- 5 **Валеев, А. В.** Анализ кранов применяемых для установки пролетных строений при строительстве (восстановлении) искусственных сооружений / А. В. Валеев // Специальная техника и технологии транспорта. – 2019. – № 1(39). – С. 128–133. – ISSN 2712-9624.
- 6 **Вороной, В. А.** Обоснование конкурентоспособности способов краткосрочного восстановления железнодорожного моста / В. А. Вороной

References

- 1 **Augustov, G. I.** Methods of clearing riverbeds during restoration of railway bridges at the present stage / G. I. Augustov, A. A. Sheiko // Special machinery and technologies of transport. – 2020. – No. 8 (46). – P. 68–72. – ISSN 2712-9624.
- 2 **Afonaskin, V. N.** Requirements for the system of providing construction and repair materials and structures / V.N. Afonaskin // Bulletin of the Military Academy of material and technical support named after Army General A. V. Khrulev. – 2018. – No. 2(14). – P. 18–23. – ISSN 2413-4090.
- 3 Some issues of organization of restoration of railway transport infrastructure facilities / V. A. Baboshin, K. N. Savinov, A. K. Chernykh, M. G. Yashin // Automation of management processes. – 2020. – No. 4. – P. 23–32. – ISSN 1991-2927.
- 4 **Bochische, D. N.** Stages of development of means and methods of reconstruction of bridge crossings on railways / D. N. Bochische // Special machinery and technologies of transport. – 2019. – No. 1(39). – P. 21–26. – ISSN 2712-9624.
- 5 **Valeev, A. V.** Analysis of cranes used for installation of span structures during construction (restoration) of artificial structures / A. V. Valeev // Special machinery and transport technologies. – 2019. – No. 1(39). – P. 128–133. – ISSN 2712-9624.
- 6 **Voronoy, V. A.** Rationale for competitiveness of methods of short-term rehabilitation of a railway bridge / V. A. Voronoy // Wayfinder. – 2022. – No. 51 (77). – P. 42–49. – ISSN 2541-9986.

// Путь навигатор. – 2022. – № 51 (77). – С. 42–49. – ISSN 2541-9986.

7 **Вороной, В. А.** Применение мостовыми частями железнодорожных войск укладочного поезда с использованием крана УК-25/9-18 (УК-25/21) для восстановления мостов на железных дорогах России / В. А. Вороной // Путь навигатор. – 2018. – № 35(61). – С. 20–27. – ISSN 2541-9986.

8 **Глазунов, В. А.** Технология выбора вариантов восстановления железнодорожных мостов через водные преграды на современном этапе / В. А. Глазунов // Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-западного федерального округа России. – 2020. – №. 2. – С. 40–46. – ISSN 2686-8180.

9 **Дрещинский, В. А.** Методические подходы к обоснованию технических требований, предъявляемых к восстановлению железных дорог железнодорожными войсками / В. А. Дрещинский, Н. Д. Закутасова // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2021. – № 3 (21). – С. 51–55. – ISSN 2588-0179.

10 **Жарый, Д. А.** Планирование и организация работ по восстановлению железных дорог / Д. А. Жарый // Специальная техника и технологии транспорта. – 2019. – С. 18–24. – ISSN 2712-9624.

11 **Завальнюк, С. И.** Подготовка проездов и монтажных площадок для обеспечения восстановления железнодорожного моста в кризисных ситуациях / С. И. Завальнюк, В. А. Рыбицкий // Достижения вузовской науки 2018. сборник статей III Международного научно-исследовательского конкурса : в 2 ч. – 2018. – С. 66–75. – ISBN 978-5-907103-25-2.

12 **Завальнюк, С. И.** Автоматизация разработки проектных решений на восстановление железнодорожных мостовых переходов / С. И. Завальнюк // Инновационные научные исследования : теория, методология, практика. Сборник статей XVI Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 52–54. – ISBN 978-5-907160-74-3.

13 **Завальнюк, С. И.** Совершенствование конструкции сборно-разборных пролетных строений для восстановления железнодорожных мостов / С. И. Завальнюк // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования / Под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2018. – С. 173–194. – ISBN 978-5-907068-97-1.

14 **Заец, А. А.** Методика выбора способа восстановления искусственных сооружений на железных дорогах / А. А. Заец // Научные проблемы

7 **Voronoy, V. A.** Application by bridge units of railway troops of stacking train using crane UK-25/9-18 (UK-25/21) for bridge rehabilitation on Russian railways / V. A. Voronoy // Way Navigator. – 2018. – № 35(61). – P. 20–27. – ISSN 2541-9986.

8 **Glazunov, V. A.** Technology of selecting options for rehabilitation of railway bridges over water obstacles at the present stage / V. A. Glazunov // Regional aspects of management, economics and law of the North-West Federal District of Russia. – 2020. – No. 2. – P. 40–46. – ISSN 2686-8180.

9 **Dreshchinskiy, V. A.** Methodical Approaches to Substantiation of Technical Requirements for Railway Rehabilitation by Railway Troops / V. A. Dreshchinskiy, N. D. Zakutasova // Scientific Problems of Logistical Support of the Armed Forces of the Russian Federation. – 2021. – No. 3 (21). – P. 51–55. – ISSN 2588-0179.

10 **Zharyy, D. A.** Planning and organization of work on railway rehabilitation / D. A. Zharyy // Special machinery and technologies of transport. – 2019. – P. 18–24. – ISSN 2712-9624.

11 **Zavalniuk, S. I.** Preparation of passages and installation sites to ensure the restoration of railway bridge in crisis / S. I. Zavalniuk, V. A. Rybitsky // Advances of Higher Education Science 2018. Collection of papers of III International Research Contest : in 2 parts. – 2018. – P. 66–75. – ISBN 978-5-907103-25-2.

12 **Zavalniuk, S. I.** Automation of development of design solutions for the restoration of railway bridge crossings / S. I. Zavalniuk // Innovative scientific research : theory, methodology, practice. Collection of articles of XVI International scientific-practical conference. – 2019. – P. 52–54. – ISBN 978-5-907160-74-3.

13 **Zavalnyuk, S. I.** Improvement of the design of prefabricated collapsible spans for reconstruction of railway bridges / S. I. Zavalnyuk // Fundamental bases of innovative development of science and education / Ed. by G.Yu. Gulyaev. – Penza : ICSU "Science and Education", 2018. – P. 173–194. – ISBN 978-5-907068-97-1.

14 **Zayets, A. A.** Methodology of choosing the method of restoration of artificial constructions on the railways / A. A. Zayets // Scientific problems

материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2022. – № 2 (24). – С. 127–133. – ISSN 2588-0179.

15 **Калугин, Ю. Б.** Формирование структуры и состава восстановительного поезда методом ветвей и границ с учетом предельного насыщения фронта работ / Ю. Б. Калугин, Ю. А. Спилник // Специальная техника и технологии транспорта. – 2022. – № 14. – С. 101–107. – ISSN 2712-9624.

16 **Левин, М. А.** Повышение эффективности восстановления железнодорожных мостов за счет внедрения современных инвентарных конструкций / М. А. Левин // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2020. – № 4(18). – С. 89–95. – ISSN 2588-0179.

17 **Матвеев, А. В.** Военные железнодорожные мосты комбинированных систем / А. В. Матвеев, О. А. Хижавский, А. А. Заец // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – 2015. – № 4. – С. 23–27. – ISSN 2413-4090.

18 **Матвеев, А. В.** Методологический аспект проектирования пролетных строений комбинированного типа / А. В. Матвеев // Специальная техника и технологии транспорта. – 2019. – № 1(39). – С. 12–20. – ISSN 2712-9624.

19 **Орехов, А. В.** Композитные материалы в военном мостостроении / А. В. Орехов // Специальная техника и технологии транспорта. – 2020. – № 7(45). – С. 51–57. – ISSN 2712-9624.

20 **Петров, К. В.** Конструктивно-технологические решения мостовых конструкций из композитных материалов, повышающие темпы восстановления железнодорожных мостов / К. В. Петров // Проблемы обеспечения функционирования и развития наземной инфраструктуры комплексов систем вооружения : Материалы III Всероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 25–26 сентября 2019 года. – Санкт-Петербург : Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, 2019. – С. 129–132.

21 Методика определения численности и технического оснащения воинских формирований Железнодорожных войск при возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах железнодорожного транспорта / А. А. Сергеев, В. А. Рыбицкий, С. И. Завальнюк [и др.]. – Киров : Изд-во МЦИТО, 2018. – 191 с. – ISBN 978-5-907091-12-2.

22 **Тюпин, В. Н.** Определение параметров разрушающего действия точечного взрыва на скальные откосы выемок железнодорожного пути / В. Н. Тюпин // Современные технологии.

of material and technical support of the Armed Forces of the Russian Federation. – 2022. – No. 2 (24). – P. 127–133. – ISSN 2588–0179.

15 **Kalugin, Y. B.** Formation of structure and composition of reconstruction train by method of branches and borders taking into account limit saturation of work front / Y. B. Kalugin, Y. A. Spilnik // Special machinery and technologies of transport. – 2022. – No. 14. – P. 101–107. – ISSN 2712-9624.

16 **Levin, M. A.** Increase of efficiency of railway bridges rehabilitation through the introduction of modern inventory structures / M. A. Levin // Scientific problems of material and technical support of the Armed Forces of the Russian Federation. – 2020. – No. 4(18). – P. 89–95. – ISSN 2588-0179.

17 **Matveev, A. V.** Military railway bridges of combined systems / A. V. Matveev, O. A. Khizhavsky, A. A. Zayets // Bulletin of Military Academy of Material and Technical Support named after Army General A. V. Khrulev. – 2015. – No. 4. – P. 23–27. – ISSN 2413-4090.

18 **Matveev, A. V.** Methodological aspect of designing combined type spans / A. V. Matveev // Special machinery and technologies of transport. – 2019. – No. 1(39). – P. 12–20. – ISSN 2712-9624.

19 **Orekhov, A. V.** Composite materials in military bridge construction / A. V. Orekhov // Special Equipment and Technologies of Transport. – 2020. – No. 7(45). – P. 51–57. – ISSN 2712-9624.

20 **Petrov, K. V.** Structural and technological solutions of bridge structures made of composite materials, increasing the rate of reconstruction of railway bridges / K. V. Petrov // Problems of ensuring the functioning and development of ground infrastructure of weapon systems complexes : Materials of III All-Russian Scientific and Technical Conference, St. Petersburg, 25–26 September 2019. – Saint-Petersburg : Military Space Academy named after A. F. Mozhaysky, 2019. – P. 129–132.

21 Methodology of determining the number and technical equipment of military formations of railway troops in emergencies at railway transport facilities / A. A. Sergeev, V. A. Rybitsky, S. I. Zavalnyuk [et al.]. – Kirov : Izd vo MCITO, 2018. – 191 p. – ISBN 978-5-907091-12-2.

22 **Tyupin, V. N.** Determination of parameters of the destructive effect of a point explosion on the rock slopes of railway tracks excavations / V. N. Tyupin // Modern Technologies. System

Системный анализ. Моделирование. – 2014. – № 3(43). – С. 156–157. – ISSN 1813-9108.

23 **Тюпин, В. Н.** Параметры разрушения железнодорожных тоннелей и мостов при воздействии точечных взрывов / В. Н. Тюпин // Национальная Ассоциация Ученых. – 2015. – № 6(11). – С. 169–171.

24 **Фалеев, М. Д.** О возможности применения деревянных разрезных балочных пролетных строений для восстановления железнодорожных мостов / М. Д. Фалеев, Е. В. Фалеева, Е. Е. Томила // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2017. – № 4 (13). – С. 46–48. – ISSN 2415-8658.

25 **Хижавский, О. А.** О классификации пролетных строений военных железнодорожных мостов / О. А. Хижавский // Специальная техника и технологии транспорта. – 2020. – № 7(45). – С. 64–72. – ISSN 2712–9624.

26 **Шувалов, Д. В.** Заблаговременная подготовка к восстановлению искусственных сооружений путём реализации способа обособленного длительного хранения железобетонных свай / Д. В. Шувалов // Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. – Санкт-Петербург, Петергоф, 2020. – С. 128–132.

27 **Шумилов, М. Н.** Методы обоснования видов и объемов восстановительных работ на участке ОЖДБР / М. Н. Шумилов, Д. И. Попов // Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-Западного Федерального округа России. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 167–171. – ISSN 2686–8180.

28 **Шумилов, М. Н.** О методах прогнозирования и анализа вариантов разрушения железных дорог / М. Н. Шумилов // Региональные аспекты управления, экономики и права Северо-западного федерального округа России : межвузовский сборник научных трудов. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 167–171. – ISSN 2686–8180.

29 **Ярошенко, С. В.** Анализ конструктивных решений и новых материалов при применении фундаментов поверхностного опирания опор военных железнодорожных мостов / С. В. Ярошенко // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. – 2019. – № 2(12). – С. 224–236. – ISSN 2588–0179.

30 **Яшин, М. Г.** Системы поддержки принятия решений при разработке проектных соображений на восстановление железных дорог / М. Г. Яшин, Д. А. Данильченко // Проблемные вопросы и перспективы развития железнодорожных войск и органов военных сообщений,

analysis. Modeling. – 2014. – No. 3(43). – P. 156–157. – ISSN 1813-9108.

23 **Tyupin, V. N.** Parameters of railway tunnels and bridges destruction under the impact of point explosions / V. N. Tyupin // National Association of Scientists. – 2015. – No. 6(11). – P. 169–171.

24 **Faleev, M. D.** On the possibility of using wooden cut girder spans for reconstruction of railway bridges / M. D. Faleev, E. V. Faleeva, E. E. Tomilina // Transport of Asia-Pacific Region. – 2017. – No. 4 (13). – P. 46–48. – ISSN 2415-8658.

25 **Khizhavsky, O. A.** On classification of military railway bridge spans / O. A. Khizhavsky // Special Machinery and Technologies of Transport. – 2020. – No. 7(45). – P. 64–72. – ISSN 2712–9624.

26 **Shuvalov, D. V.** Advance preparation for the restoration of artificial structures by implementing the method of isolated long-term storage of reinforced concrete piles / D. V. Shuvalov // Innovative Railways. The newest and advanced systems of train traffic provision. – St. Petersburg, Peterhof, 2020. – P. 128–132.

27 **Shumilov, M. N.** Methods for substantiating the types and volumes of rehabilitation work on the section of OZhDBR / M. N. Shumilov, D. I. Popov // Regional aspects of management, economics and law of the North-West Federal District of Russia. – Saint Petersburg, 2017. – P. 167–171. – ISSN 2686–8180.

28 **Shumilov, M. N.** About methods of forecasting and analysis of variants of destruction of railways / M. N. Shumilov // Regional aspects of management, economics and law of North-Western Federal District of Russia : interuniversity collection of scientific papers. – St. Petersburg, 2017. – P. 167–171. – ISSN 2686–8180.

29 **Yaroshenko, S. V.** Analysis of design solutions and new materials in application of surface-support foundations of military railway bridge piers / S. V. Yaroshenko // Scientific problems of material and technical support of the Armed Forces of the Russian Federation. – 2019. – No. 2(12). – P. 224–236. – ISSN 2588–0179.

30 **Yashin, M. G.** Decision support systems for the development of design considerations for railway rehabilitation / M. G. Yashin, D. A. Danilchenko // Problematic issues and prospects for the development of railway troops and military communications bodies, materials of the Military Scientific

материалы Военно-научной конференции курсантов. – Санкт-Петербург, Петергоф, 2022. – С. 82–87.

Conference of Cadets. – St. Petersburg, Peterhof, 2022. – P. 82–87.

M. V. Okost, A. V. Morozov

STUDY OF WAYS TO INCREASE RECOVERY EFFICIENCY BRIDGES AS A RESULT OF OCCURRED STRUCTURAL DEFORMATIONS

Abstract. The paper is devoted to the study of methods to improve the operational restoration of bridges as a result of structural deformation. The research is conducted on the basis of the analysis of the applied methodological and technical documents regulating the issues of operational restoration of railway transport facilities, as well as modern achievements of domestic and foreign science, engineering and technology related to the ways of operational restoration of artificial structures of railway transport. Taking into account the results of the conducted research the ways of increasing the efficiency of emergency restoration works considering the issues of organizational character and constructive and technological features of the modern level of development of equipment, technologies and materials have been suggested and suggestions for improving the existing practice of emergency restoration works have been formulated.

Keywords: artificial structures, structural deformations, impacts, restoration, methods, materials, organization of work, ways to improve efficiency.

For citation: Okost, M. V. Study of ways to increase recovery efficiency bridges as a result of occurred structural deformations / M. V. Okost, A. V. Morozov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 1. – P. 184–208. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_184.

Сведения об авторах

Окост Максим Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: cpd@rgups.ru

Морозов Андрей Владимирович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
кандидат технических наук,
e-mail: cpd@rgups.ru

Information about the authors

Okost Maksim Victorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences,
Associated Professor,
e-mail: cpd@rgups.ru

Morozov Andrey Vladimirovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Physics»,
Candidate of Engineering Sciences,
e-mail: cpd@rgups.ru