

# **СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ**

УДК 624.21

**В. В. Пархоменко, Л. Н. Морозова, канд. техн. наук, В. М. Бушева**

**Автомобильно-дорожный институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»,  
в г. Горловка**

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ДОНБАССА**

*Предложены рекомендации по внедрению новых современных технологий восстановления железобетонных конструкций мостов Донбасса реализованные на основании существующих методов диагностики и способов регенерации поврежденных железобетонных конструкций мостов.*

***Ключевые слова:** мост автодорожный; диагностика, регенерация, неразрушающий контроль, восстановление, испытания*

### ***Постановка проблемы***

Постановка проблемы обусловлена выполнением Указа № 14 Главы ДНР от 16.01.2018 г. [1], затрагивающего социальные, экономические, профессиональные и экологические проблемы Республики. В 2019 году принята и реализуется комплексная программа Министерства транспорта ДНР по восстановлению мостов и путепроводов на дорогах общего пользования Республики [2].

### ***Анализ исследований и публикаций***

Вопрос о состоянии искусственных сооружений в Донецкой Народной Республике был поднят на Международных научно-практических конференциях «Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса» в рамках Международного научного форума Донецкой Народной Республики (26 мая 2016 г. и 25 мая 2017 г., г. Горловка) [3, 4]. Представляет интерес исследовать состояние поврежденных сооружений для решения вопросов, связанных с их последующим восстановлением и использованием отдельных несущих конструкций после демонтажа, ремонта и испытания.

### ***Цель исследования***

Целью статьи является обоснование преимуществ внедрения современных методов диагностики и способов регенерации элементов железобетонных конструкций мостов, поврежденных во время боевых действий для обеспечения требований их эксплуатационной надежности и долговечности [5, 6, 7].

### ***Изложение основного материала***

Восстановление дорог и сооружений в зонах, где прошли боевые действия, связаны с вопросами диагностики и последующего усиления конструкций, которые, по экспертным оценкам, еще возможно использовать.

При диагностике железобетонных конструкций мостов и путепроводов в настоящее время применяются следующие методы:

- визуальный осмотр;
- неразрушающий контроль прочности бетона;
- инструментальный контроль размеров и положения конструкций;
- статические и динамические испытания.

Визуальным осмотром устанавливается наличие дефектов и разрушений эксплуатационного характера или повреждений от взрывных воздействий. Первые имеют общий характер в виде трещин, сколов защитного слоя бетона вокруг арматуры, фильтрации воды, снижения прочности бетона, размораживание бетона и прочее (рисунок 1).



Рисунок 1 – Повреждения конструкций эксплуатационного характера

Вторые имеют локальный характер повреждений в виде сквозных пробоин конструкций с обрывом рабочей арматуры, с последующим распространением силовых трещин, нарушением целостности элементов и потерей строительного подъема, изменением линейных размеров, нарушающих расчетную схему (рисунок 2) и т. д.



Рисунок 2 – Повреждения мостовых конструкций при взрыве

Все обнаруженные дефекты фиксируются и измеряются поверенными измерительными средствами, а величина раскрытия трещин определяется микроскопом МБП-2.

Для определения прочности бетона предпочтительно применять неразрушающие способы, например прибор ОНИКС-2.51. Для локации положения и определения диаметра рабочей арматуры, а также толщины защитного слоя бетона представляет интерес прибор ПОИСК-2.6. Приборы компактные, позволяют выполнять измерения в сложно доступных местах, обладают высокой точностью измерений и возможностью обработки информации на ПК. Производитель оборудования – Россия.

При инструментальном контроле измеряются геометрические характеристики сооружения, строительный подъем балок и плит пролетных строений, положение опор и опорных частей относительно пространственных координат и относительно пролетных строений. Производится нивелировка проезжей части для оценки условий водоотведения осадочных вод. Для выполнения этих работ удобно использовать цифровой нивелир Sokkia SDL50, а для измерения линейных размеров – лазерный дальномер (BOSCH Professional GLM 100 C или аналог).

Статические и динамические испытания проводятся с целью определения прогибов, удлинений, напряжений в элементах конструкций, которые при анализе должны сравниваться с расчетными значениями. В этом случае большую роль играет точность выполненных измерений и качество установки приборов, считывание и обработка экспериментальных данных.

При статических испытаниях используются механические приборы: прогибомеры Максимова, механические и электромеханические прогибомеры Аистова, тензометры Гугенбергера, компараторы на базе индикаторов часового типа с ценой деления 0,001 мм. Представляется перспективным использование электронного компаратора ЭКИС.

Электронный компаратор ЭКИС, разработанный совместно с ЗАО Промтрансавтоматика, предназначен для экспресс-контроля деформаций (линейных перемещений, механических напряжений) элементов конструкций от кратковременных нагрузок и от длительного воздействия статических и динамических нагрузок непосредственно на объектах (зданиях, мостах и других инженерных сооружениях) с одновременной регистрацией результатов измерений в энергонезависимой памяти (архиве) и последующей передачей данных архива на персональный компьютер для мониторинга деформаций объекта в лабораторных условиях.

Опыт многолетних обследований искусственных сооружений на автомобильных дорогах, которые проводились авторами статьи с применением часто созданных кустарным способом приборов и оборудования в 50–80 гг. прошлого века, в современных условиях требует пересмотра по следующим причинам:

1. При визуальном осмотре конструкций необходим доступ к дефектной конструкции, которая предварительно определена осмотром с большого расстояния при помощи бинокля. Для осмотра необходимо наличие автоподъемников или сооружение строительных лесов. Во многих условиях это невозможно.

Приоритетным является наличие специальных средств, позволяющих получить возможность доступа к любым местам для осмотра сооружения.

2. Инструментальный контроль осуществляется, главным образом, линейками, рулетками, штангенциркулем, геодезическими транспортирами и т. д. Современные нормы требуют выполнять измерения с помощью лазерных рулеток, лазерных дальномеров с высокой точностью и возможностью проведения работ в сложных условиях и минимальной доступности к месту измерений.

К трудностям проведения статических и динамических испытаний относятся отсутствие доступности к месту установки приборов, снятие отсчетов визуальным способом, привязанность оборудования к источникам питания, затраты средств и времени по созданию испытательной нагрузки.

При статических испытаниях важнейшим условием является качественная и надежная установка и закрепление измерительных приборов, например прогибомеров, которые могут крепиться за испытываемую конструкцию или к свайкам, забитым в землю (рисунок 3), или при невозможности забивки свайки в грунт и при наличии водотока – на специальной конструкции, собранной из штативов и реек с грузами (рисунок 4).



Рисунок 3 – Установка прогибомера на свайке



Рисунок 4 – Установка прогибомеров на специальной конструкции

При динамических испытаниях используются более сложные конструкции для размещения и закрепления измерительных устройств. Кроме того требуется прокладка питающих и измерительных кабелей, которые проводятся в защищенные помещения, где устанавливаются регистрирующие и записывающие устройства.

Для проведения статических и динамических испытаний в Российской Федерации созданы специальные передвижные мостоиспытательные лаборатории на базе автомобиля «Газель» (рисунок 5).



Рисунок 5 – Современная передвижная мостоиспытательная лаборатория КП-532

Статические и динамические испытания проводятся с использованием специальной испытательной нагрузки, моделирующей наиболее интенсивное воздействие на сооружение, которое может возникнуть при эксплуатации. Для этого используются автосамосвалы на базе автомобиля КРАЗ. Количество единиц испытательной нагрузки, весовые параметры и схемы размещения устанавливаются теоретическими расчетами. Нагрузка взвешивается перед испытаниями и располагается в пределах полос движения фиксировано (рисунок 6).



Рисунок 6 – Схема установки испытательной нагрузки

После обследований и испытаний производится обработка результатов.

Анализ обнаруженных дефектов и повреждений указывает на закономерности их появления. Причинами деградации железобетонных конструкций мостов, по результатам экспертных оценок, являются влияние агрессивной среды, разрушение защитного слоя, образование и развитие трещин, усталостное разрушение бетона от воздействия эксплуатационных нагрузок, неудовлетворительное текущее содержание, нарушение системы водоотвода, вы-

щелачивание и размерзание бетона и коррозия рабочей арматуры. Эти вопросы подробно рассмотрены в докладе на IX Международной научно-практической конференции «Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса» 25 мая 2023 года.

Возникновение и развитие дефектов снижает надежность сооружений и создает условия, при которых не обеспечивается проектный срок службы и безопасная их эксплуатация.

Современные способы восстановления поврежденных железобетонных конструкций предполагают:

- инъектирование силовых трещин в несущих элементах железобетонных конструкций;
- торкретирование поверхностей для лечения раковин, сколов и защитного слоя бетона;
- глубинная пропитка с использованием составов проникающего действия;
- внедрение полимерных составов для защиты бетона от коррозии.

Инъектирование трещин в бетоне проводится с использованием специальной смеси.

Приготовленный раствор должен обладать особыми свойствами:

- слабой вязкостью;
- высоким уровнем проникающей способности (материал должен качественно заполнить самые узкие щели);
- высоким уровнем сцепляемости с различными видами материалов;
- антикоррозийностью;
- минимальной усадкой при затвердевании раствора;
- большим сроком эксплуатации.

Раствор для данного типа работы готовится на основе полиуретана, эпоксидных смол или полимерцементных составов.

Основная функция полиуретановых смесей – гидроизоляция конструкций. Полиуретан не впитывает влагу. Инъектирование производится для заполнения трещин в плите проезжей части балочных мостов в швы омоноличивания между балками.

Смеси из эпоксидных смол обладают высокой устойчивостью, поэтому сфера их применения – условия, требующие повышенной прочности. Часто их используют при инъектировании стенок главных балок и трещин. Эпоксидные смолы имеют свойство проникать в трещины 0,5–3 мм. Плотность заполнения при этом останется на прежнем уровне, независимо от объемов разрушения. Особенно это актуально для конструкций, поврежденных при взрыве боеприпасов.

Полимерцементные смеси рекомендуют использовать для покрытия поверхностей пролетных строений. Они значительно повышают плотность конструкций из бетона.

Торкретирование – это процесс укладки бетона под давлением для достижения высокой прочности и уменьшения проницаемости, осуществляемый через гидравлический рукав, при этом распределение бетона происходит сразу на поверхность. Приготовление сухой цементно-песчаной смеси является первым этапом нанесения бетона с помощью данной технологии. Смесь можно приготовить как на стационарных растворных узлах, так и на строительной площадке. Если задействуется несколько торкрет-машин, то рационально будет использовать централизованное приготовление смеси, которое значительно упростит и уменьшит схему торкрет-установки. Чтобы предотвратить цемент от комкования и ухудшения качества, срок хранения смеси не должен превышать 3 часов. Поэтому при работе с порошкообразными добавками, быстросхватывающимися и быстроотвердевающими цементами следует производить замес на месте производства работ.

Состав сухой смеси будет зависеть от условий эксплуатации и состояния обрабатываемой поверхности, поэтому для каждого конкретного случая будет своя рецептура: компоненты сухой смеси (цемент, песок) дозируются по массе. Следует строго придерживаться рекомендованного состава торкрет-бетона.

Перед применением данной технологии необходима подготовка поверхности. Для увеличения адгезии и прочности стоит наносить торкрет-бетон на чистую и влажную поверхность. Все отслаивающиеся части, наплывы раствора и цементного «молочка» должны

быть удалены. Чтобы увеличить прочность сцепления торкрет-бетона с поверхностью, следует придать шероховатость всем гладким частям. Однако не рекомендуется очищать струей песка все мокрые или фильтрующие места. Перед торкретированием следует производить зачистку арматуры от грязи и ржавчины.

Применение составов проникающего действия (Пенетрон, Пенекрит) обеспечивает высокое проникновение в бетон до 1 м и возможность регенерации старого бетона.

Проникающие смеси Пенетрон применяются для герметизации трещин и гидроизоляции конструкций из бетона и железобетона. В результате повышается их водонепроницаемость и бетон приобретает способность «самозалечивания» трещин с раскрытием до 0,4 мм. Для гидроизоляции статичных швов, трещин более 0,4 мм и ввода коммуникаций совместно с другими материалами применяются системы Пенетрон. В настоящее время метод актуален несмотря на высокую стоимость.

Помимо восстановления первоначальной несущей способности, может возникнуть необходимость увеличения нагрузки на сооружение или изменения его расчетной схемы. Для малых мостов Донбасса, поврежденных при боевых действиях, возможно применение следующего опыта на основании капитального ремонта моста через реку Крынка на автомобильной дороге С050223 Покровка – Степано-Крынка, КМ 0+510.

Мост трехпролетный плитный, разрезной, собран по схеме 3×6,0 м и обеспечивал пропуск временных подвижных нагрузок по схеме Н-18 и НК-80. Опоры массивные из монолитного бетона, пролетные строения сборные из типовых плит длиной 6 м. В 2014 году средний пролет был разрушен при взрыве и части плит обрушились в русло реки. Проезд по дороге был закрыт.

В 2022 году мост был восстановлен по проекту ГП Донавтодорпроекта. Расчетная схема была изменена из плитной разрезной в плитную температурно-неразрезную. Разрушенный центральный пролет был восстановлен в монолитном варианте в несъемной металлической опалубке с устройством неразрезной монолитной плиты по всей длине моста. Такая схема позволила перераспределить нагрузку от центрального пролета на крайние.

Для уточнения схемы работы пролетных строений моста после капитального ремонта, были проведены статические испытания. На рисунке 7 приведены результаты испытаний восстановленного пролетного строения по одной из схем, определенной теоретическими расчетами.

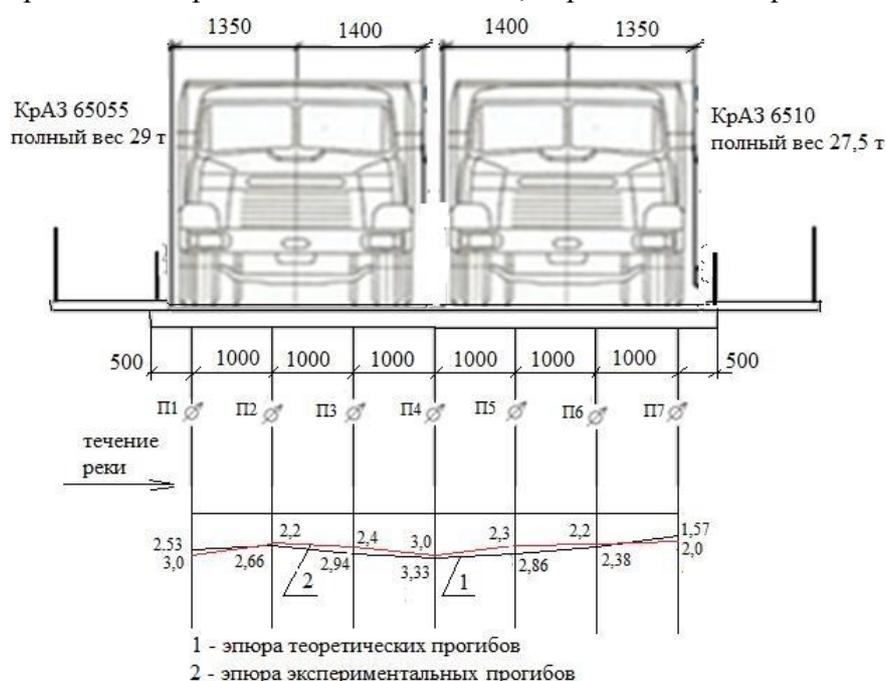


Рисунок 7 – Схема испытания и результаты прогибов пролетного строения при максимальной загрузке испытательной нагрузкой

### **Выводы**

Современная концепция повышения эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций мостов предполагает:

- применение методов диагностики с использованием современных электронных измерительных комплексов на базе мобильных устройств;
- разработку и внедрение мобильных восстановительных комплексов;
- продление срока эксплуатации конструкций путем создания защитного покрытия непосредственно на поверхности арматуры;
- применение эластичных защитных покрытий для герметизации трещин, возникающих при нормальной эксплуатации железобетонных мостов;
- использование бетонов, содержащих ингибиторы коррозии, при ремонтных работах;
- применение материалов проникающего действия обеспечит регенерацию поврежденных участков бетонных конструкций мостов в зонах фильтрации воды с покрытия проезжей части;
- увеличение несущей способности конструкций путем теоретически обоснованной и практически исполненной схемы переустройства и усиления несущих элементов сооружений.

Приведенные способы диагностики и регенерации могут быть использованы после окончания боевых действий при восстановлении искусственных сооружений, как объектов особой социальной значимости, в Донецкой Народной Республике, Луганской Народной Республике, Херсонской и Запорожской областях.

### **Список литературы**

1. О внесении изменений в Указ Главы Донецкой Народной Республики от 16 января 2018 года № 14. – Текст: электронный // Министерство иностранных дел Донецкой Народной Республики : официальный сайт. – URL: <https://mid-dnr.su/ru/pages/docs/ukaz-vrio-glavy-dnr-o-vnesenii-izmenenij-v-ukaz-glavy-dnr-ot-16-yanvary-a-2018-14-01435>.
2. Программа по восстановлению мостов и путепроводов в ДНР : [видео] / Новороссия ТВ // Youtube [сайт]. – 2017. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GWO-tfkKdOM>.
3. Морозова, Л. Н. Перспективы восстановления взорванных мостов и путепроводов г. Горловки / Л. Н. Морозова, В. В. Пархоменко, В. А. Жиленков // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы второй Международной научно-практической конференции, 26 мая 2016 г., Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2016. – С. 15–20.
4. Морозова, Л. Н. Перспективы восстановления транспортной инфраструктуры. Горловка в современных условиях / Л. Н. Морозова, В. В. Пархоменко // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы III Международной научно-практической конференции, 25 мая 2017 г. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2017. – С. 13–16.
5. Иосилевский, Л. И. Практические методы управления надежностью железобетонных мостов / Л. И. Иосилевский – Москва : Инженер, 2001. – 296 с. – ISBN 5-8208-0023-0.
6. ОДМ 218.0.018-05. Определение износа конструкций и элементов мостовых сооружений на автомобильных дорогах : издание официальное : введена с 01.04.2005 г. / разработана Государственным предприятием ГП РосдорНИИ. – Москва : Росавтодор, 2005. – 159 с.
7. Васильев, А. И. Грузоподъемность и долговечность мостовых сооружений / А. И. Васильев. – Москва ; Вологда : Инфра Инженерия, 2021. – 200 с. – ISBN 978-5-9729-0642-0.

**В. В. Пархоменко, Л. Н. Морозова, В. М. Бушева**  
**Автомобильно-дорожный институт (филиал)**  
**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**  
**высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка**  
**Восстановление поврежденных автодорожных мостов Донбасса**

В настоящее время на территории Донбасса не создана целостная система мониторинга и оценки эксплуатационной надежности, долговечности и ремонтпригодности автодорожных мостов. В ближайшее время предстоит коренным образом изменить их текущее содержание, ремонт и реконструкцию. Для этого необходимо

задействовать применение современных методов диагностики с использованием мобильных комплексов и оборудования.

Первоначальными задачами в области восстановления поврежденных искусственных сооружений являются применение методов диагностики с использованием современных электронных средств измерений, совершенствование нормативной, проектной и научной базы для обеспечения своевременного выявления дефектов и повреждений, разработка и внедрение комплексной системы технического обслуживания, гарантирующей обеспечение долговечности конструкций, обеспечение безопасности реконструированных и усиленных железобетонных и металлических пролетных строений мостов.

**МОСТ АВТОДОРОЖНЫЙ: ДИАГНОСТИКА, РЕГЕНЕРАЦИЯ, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ, ИСПЫТАНИЯ**

*V. V. Parkhomenko, L. N. Morozova, V. M. Busheva*  
*Automobile and Road Institute (Branch) of Federal State Budget Educational Institution*  
*of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka*  
**Restoration of Damaged Road Bridges in Donbass**

At present, an integral system for monitoring and evaluating the operational reliability, durability and maintainability of road bridges has not been created on the territory of Donbass. In the near future, their current maintenance, repair and reconstruction will have to be radically changed. For this, it is necessary to involve the use of modern diagnostic methods using mobile complexes and equipment.

The initial tasks in the field of restoration of damaged artificial structures are the application of diagnostic methods using modern electronic measuring instruments, the improvement of the regulatory, design and scientific base to ensure the timely detection of defects and damage, the development and implementation of the comprehensive maintenance system that guarantees the durability of structures, ensuring the safety of reconstructed and reinforced concrete and metal superstructures of bridges.

**BRIDGE ROAD: DIAGNOSTICS, REGENERATION, NON-DESTRUCTIVE TESTING, RESTORATION, TESING**

**Сведения об авторах:**

**Л. Н. Морозова**

Телефон: +7 (949) 412-71-06

Эл. почта: most\_ln@mail.ru

**В. В. Пархоменко**

Телефон: +7 (949) 301-98-56

Эл. почта: viktor-parkhomenko88@rambler.ru

**В. М. Бушева**

Телефон: +7 (949) 336-75-80

*Статья поступила 13.06.2023*

*© В. В. Пархоменко, Л. Н. Морозова, В. М. Бушева, 2023*

*Рецензент: В. В. Губа, канд. техн. наук, доц.,*

*Автомобильно-дорожный институт*

*(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*