

Ящук Максим Олегович, старший преподаватель, Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

e-mail: maxum1986@gmail.com

Аляутдинова Анастасия Александровна, студент, Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

e-mail: alyautdinovaanastacia@yandex.ru

Казачков Дмитрий Игоревич, студент, Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

e-mail: mr.kazachkovdima@mail.ru

Зубкова Екатерина Сергеевна, студент, Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

e-mail: zubkovakatia5@gmail.com

Дубровин Роман Андреевич, студент, Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

e-mail: 523shubduba523@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТОВ ПРИ УСИЛЕНИИ ОПОР МОСТОВ

Аннотация. В данной статье подробно рассматриваются проблемы, связанные с состоянием мостов и путепроводов, а также современные методы их усиления с использованием композитных материалов. Основной целью является необходимость повышения прочности и безопасности транспортной инфраструктуры через внедрение инновационных технологий армирования, что может значительно продлить срок службы конструкций. Традиционными методами усиления мостов и путепроводов являются установка металлических рубашек и торкретирование, которые, хотя и являются эффективными, имеют значительные недостатки: увеличение веса конструкции, подверженность устаревшим элементам коррозии и необходимость в крупных трудозатратах. В противовес им, применяют композитные материалы, такие как углеродное и арамидное волокно, которые

предлагают множество преимуществ: минимальная масса, высокая прочность, устойчивость к коррозии и возможность работы без остановки движения. Основные технологии использования композитов включают обмотку опорных элементов армированным волокном, наклеивание композитных ламинатов и применение композитных кожухов для подводных частей опор. Особенно выделяется значимость проектирования арматуры с учетом распределения нагрузок, что обеспечивает надежность и долговечность конструкции. Усиливая конструкции с помощью композитов, можно не только значительно сократить затраты на обслуживание, но и избежать более глубоких и дорогих вмешательств, связанных с полной заменой устаревших элементов.

Annotation. This article discusses in detail the problems associated with the condition of bridges and overpasses, as well as modern methods of reinforcing them using composite materials. The main goal is the need to increase the strength and safety of transport infrastructure through the introduction of innovative reinforcement technologies, which can significantly extend the service life of structures. Traditional methods of strengthening bridges and overpasses are the installation of metal jackets and shotcrete, which, although effective, have significant drawbacks: increased weight of the structure, exposure to outdated corrosion elements and the need for large labor costs. In contrast, composite materials such as carbon and aramid fibers are used, which offer many advantages: minimal weight, high strength, corrosion resistance and the ability to work without stopping movement. The main technologies for using composites include wrapping fiber-reinforced support elements, gluing composite laminates, and using composite casings for underwater parts of the supports. The importance of valve design taking into account load distribution is particularly emphasized, which ensures the reliability and durability of the structure. By reinforcing structures with composites, it is possible not only to significantly reduce maintenance costs, but also to avoid deeper and more expensive interventions associated with the complete replacement of obsolete elements.

Ключевые слова: композитные материалы, опорные части, нагрузки, строительство, строительные конструкции.

Keywords: composite materials, bearing parts, loads, construction, building structures.

Мосты и путепроводы являются одними из важнейших элементов конструкций в транспортной инфраструктуре. Они обеспечивают связь между различными пунктами, позволяют преодолевать водные препятствия, такие как реки и озера, различные неровности рельефа.

Большая часть мостов спроектированы несколько десятков лет назад. Поэтому существует несколько актуальных проблем – пропускная способность и грузоподъемность не соответствует актуальной нагрузке, присутствует износ железобетонных конструкций, наблюдается коррозия арматурной стали. Для предотвращения данных проблем используют разные способы внешнего армирования. Самый популярный метод – это метод усиления композитными материалами [1-7].

Причинами износа мостов и путепроводов являются:

1. Динамические нагрузки и вибрации, которые создаются проездом транспорта. В течение длительного времени такие нагрузки приводят к разрушению материала;
2. Метеорологические условия – холодные погодные условия, перепады температур, осадки, а также обледенение и ветряные порывы;
3. Сейсмические воздействия – землетрясения, из-за которых возникают колебания не только в опорах и пролетах, но и смещение грунта;
4. Химические воздействия – окисление атомов металла под воздействием кислорода воздуха и влаги приводят к коррозии вант, тросов и арматур.

Первые признаки износа проявляются в виде небольших трещин, которые представлены на рисунке 1. Однако такие трещины развиваются очень быстро.



Рис. 1 Трещины на опорах моста

Важно следить за состоянием опор мостов, чтобы обеспечить безопасность движения. Существует необходимость в обеспечении безопасности движения, исключающее обрушение конструкции и приведение конструкций к действующим стандартам.

Расходы на армирование сильно меньше по сравнению с демонтажем ветхого строения и возведением нового, при этом оно оказывается столь же эффективным. Применение композитных материалов возможно без окон и полной остановки движения. Достаточно ограничить поток транспорта, ввести одностороннее движение.

До появления углеродного волокна, являющегося композитным материалом восстановление опор и пролетных строений мостовых сооружений, осуществлялось следующими способами:

1. Установка металлической рубашки и торкретирование (метод позволяющий наносить на железобетонную сетку слой бетона или других строительных растворов), приведена на рисунке 2;
2. Монтаж предварительно напряженных стальных элементов, которые повышают несущую способность элементов конструкции;
3. Установка балок и швеллеров, которые снимают часть нагрузки с опор мостов.



Рис. 2 Торкретирование опорных частей

Данные способы являются эффективными, но также имеют и свои минусы. Они влекут за собой увеличение веса, повышают давление на фундамент, требуют больших трудозатрат, что невозможно осуществить без частичного разбора специализированной техники. Металлические детали, которые служат для упрочнения, подвержены коррозии, что представляет опасность для мостовых конструкций, проходящих через реки и водоемы, приведены на рисунке 3. Из-за этого возникают сложности в обслуживании, поскольку защита от ржавчины требует регулярной обработки, грунтования, окрашивания.

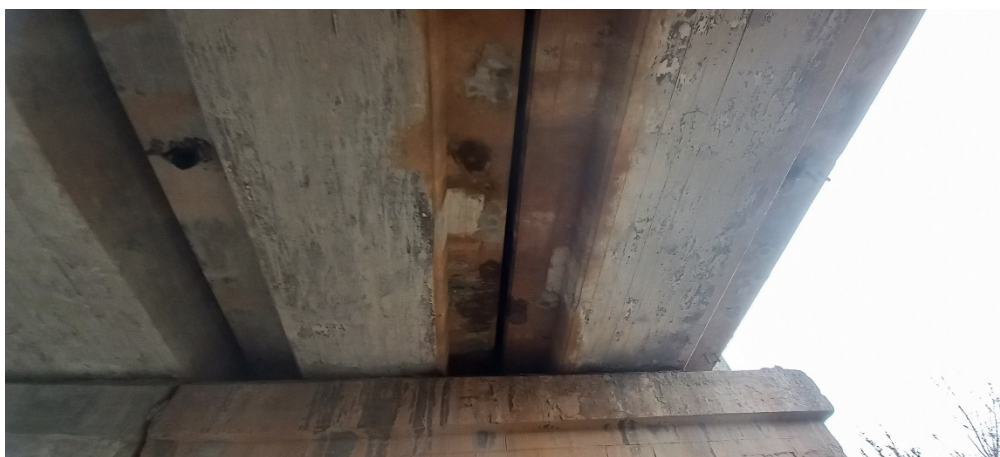


Рис. 3 Коррозия элементов мостового сооружения

Инновационный подход, включающий в себя появление композитных материалов произвел революцию в строительстве [8-12]. Композитные материалы бывают следующих видов:

1. На основе арамидного волокна – такие материалы прочные и пластичные, хорошо выдерживают растяжение, но уязвимы для сжатия;
2. На основе углеродного волокна – такие материалы выдерживают динамические нагрузки, хорошо выдерживают сжатие и растяжение, не восприимчивы к влаге.

Преимуществами использования композитов при усилении мостов являются:

1. Минимальная масса, упрощающая транспортировку и монтаж, не приводящая к утяжелению конструкции, исключая избыточную нагрузку на опоры;
2. Стойкость к коррозии;
3. Проведение работ в короткие сроки, без остановки движения по мосту;
4. Высокая прочность;
5. Использование в любых климатических зонах;
6. Увеличение срока службы опор на 20 – 40 лет.

Основные технологии усиления композитами опор мостов:

1. Обмотка опорных элементов армированным волокном пластиком – используются углеродные, стеклянные или арамидные ткани, пропитанные полимерным связующим. При обмотке опор применяется метод «рубашки» – оборачивание стоек несколькими слоями композитов. Данный метод повышает несущую способность на сжатие и срез;
2. Клеевые ламинаты и пластины из композитов наклеиваются на поверхность бетона или металла для восприятия растягивающих напряжений. Эффективны при усилении изгибаемых элементов мостов - железобетонных балок;

3. Композитные кожухи для подводных частей опор используются при ремонте опор, подвергающихся коррозии в воде. Представляют собой заводские цилиндрические оболочки, устанавливаемые вокруг опоры и заполняемые бетоном или раствором.

Опорные части мостов испытывают нагрузку на сжатие, поэтому наилучшей конфигурацией является расположение их горизонтально вокруг колонны. При этом оголовку опоры уделяется особое внимание, так как в нем происходит максимальное усилие.

Пролетные строения подвергаются нагрузкам, которые имеют вертикальное направление и восприимчивы к сжатию, растяжению и смятию. Армирующим материалом следует оклеить все составляющие пролета: ригели, ребра жесткости, несущие плиты.

Учитывая степень нагрузки, ее интенсивность, а также показатели прочности при работах по усилению опор необходимо выполнять с предварительно разработанным проектом.

Список литературы

1. Бокарев С.А., Ящук М.О. Усиление железобетонных пролетных строений мостов преднапряженными полимерными композиционными материалами // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – №1 (61). – С. 98–107. EDN: VTFJPP
2. Вострикова Т.Е., Нагорная Л.П., Ящук М.О. Несущие элементы композитных мостов // Сборник научных трудов VI Всероссийской национальной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2024. – С. 54 – 58. EDN: ELWWHD
3. Давыденко К.А. Развитие транспортной инфраструктуры юга России / К. А. Давыденко, М. В. Прокопова, Л. И. Кафитин // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры: сб. науч. тр. в 2 т. - Т.1. - Ростов-на-Дону: РГУПС, 2024 г. – С. 71-75.

4. Мартынюк И., Попов О., Ящук М., Опадких А. Сравнительный анализ методов расчета несущей способности пролетного строения металлического моста // Международный научный сибирский транспортный форум "ТРАНССИБИРЬ". – 2021. – Том. 2. Стр. 529-537. Doi: 10.1007/978-3-030-96383-5_59. EDN: IBWANF
5. Пимшина Т.М., Аляутдинова А.А., Карташов В.В., Шаламов А.А. Анализ современных способов топографической съемки местности // Сборник научных трудов VII Всероссийской национальной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2025. – С. 178 – 181. EDN: TRAVHO
6. Попов О.Н., Мартынюк И.В., Ящук М.О. Сравнительный анализ методов расчета грузоподъемности металлического пролетного строения моста // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – Пермь. – 2022 – №3. – С. 70-78. EDN: OVUIOE
7. Пустовалова К.Д., Писковец О.В., Ящук М.О. Испытания вантовых мостов // Сборник научных трудов VI Всероссийской национальной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2024. – С. 51 – 54. EDN: JSSSMP
8. Смердов Д.Н., Ящук М.О. Экспериментальные исследования несущей способности изгибаемых железобетонных элементов, усиленных преднапряженными полимерными композиционными материалами // Научный журнал строительства и архитектуры. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. – №3. – С. 72 – 83. EDN: EBFIJY
9. Смердов Д.Н. Контроль усиления элементов мостов / Д.Н. Смердов, Л.Ю. Соловьев, М.О. Ящук, Н.В. Хамидуллина // Путь и путевое хозяйство. – Москва: Изд-во ОАО «РЖД», 2022. – №8. – С. 22 – 23. EDN: YFEGHP
10. Форманюк Д.А., Божков М.М., Ящук М.О., Дараселия Е.В. Инновационные технологии в строительстве и управлении техническим состоянием инфраструктуры // Сборник научных трудов VI

Всероссийской национальной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2024. – С. 136 – 139. EDN: YDJTMJ

11. Ящук М.О., Кобелев К.В. Особенности работы устройств для усиления конструкций железобетонных мостов с применением полимерных композиционных материалов // Транспорт: наука, образование, производство (Транспорт—2016): труды международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: РГУПС. – 2017. – Т. 4. – С. 142 – 145. EDN: XWFFVIZ
12. Ящук, М. О. Усиление опор мостов композитными материалами / М. О. Ящук, В. А. Фурсов // Транспорт: наука, образование, производство: сб. науч. тр. - Т.3. Технические, естественные и гуманитарные науки. - Ростов-на-Дону: РГУПС, – 2024. С. 66-69. EDN: UGELHT

References

1. Bokarev S.A., Yaschuk M.O. Reinforcement of reinforced concrete bridge spans with prestressed polymer composite materials // Bulletin of the Rostov State University of Railway Communications. – 2016. – №1 (61). – Pp. 98-107. EDN: VTFJPP
2. Vostrikova T.E., Nagornaya L.P., Yashchuk M.O. Bearing elements of composite bridges // Collection of scientific papers of the VI All-Russian National Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don: RGUPS. – 2024. – pp. 54-58. EDN: ELWWHD
3. Davydenko K.A. Development of transport infrastructure in the South of Russia / K. A. Davydenko, M. V. Prokopova, L. I. Kafitin // Innovative technologies in construction and management of the technical condition of infrastructure: collection of scientific papers in 2 volumes - Vol.1. Rostov-on-Don: RGUPS, 2024 – pp. 71-75
4. Martynyuk I., Popov O., Yashchuk M., Opatskikh A. Comparative analysis of methods for calculating the bearing capacity of a metal bridge superstructure //

- International Scientific Siberian Transport Forum "TRANSSIBIR". – 2021. – Vol. 2. Pp. 529-537. Doi: 10.1007/978-3-030-96383-5_59. EDN: IBWAHF
5. Pimshina T.M., Alyautdinova A.A., Kartashov V.V., Shalamov A.A. Analysis of modern methods of topographic surveying // Collection of scientific papers of the VII All-Russian National Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don: RGUPS. – 2025. – pp. 178-181. EDN: TRAVHO
 6. Popov O.N., Martynyuk I.V., Yashchuk M.O. Comparative analysis of methods for calculating the load capacity of a metal bridge superstructure // Transport. Transport facilities. Ecology. – Perm. – 2022 – No. 3. – pp. 70-78. EDN: OVUIOE
 7. Pustovalova K.D., Piskovets O.V., Yashchuk M.O. Tests of cable-stayed bridges // Collection of scientific papers of the VI All-Russian National Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don: RGUPS. – 2024. – pp. 51 – 54. EDN: JSSSMP
 8. Smerdov D.N., Yashchuk M.O. Experimental studies of the bearing capacity of bent reinforced concrete elements reinforced with prestressed polymer composite materials // Scientific Journal of Construction and Architecture. Voronezh: VGTU Publishing House, 2019, No. 3, pp. 72-83. EDN: EBFIJY
 9. Smerdov D.N. Control of reinforcement of bridge elements / D.N. Smerdov, L.Y. Solovyov, M.O. Yashchuk, N.V. Khamidullina // Path and track management. Moscow: Publishing House of Russian Railways, 2022. No. 8. pp. 22-23. EDN: YFEGHP
 10. Formanyuk D.A., Bozhkov M.M., Yashchuk M.O., Daraselia E.V. Innovative technologies in construction and management of the technical condition of infrastructure // Collection of scientific papers of the VI All-Russian National scientific and practical conferences. Rostov-on-Don: RGUPS. – 2024. – pp. 136-139. EDN: YDJTMJ
 11. Yashchuk M.O., Kobelev K.V. Features of devices for reinforcing reinforced concrete bridge structures using polymer composite materials // Transport: science, education, production (Transport—2016): proceedings of the

international scientific and practical conference. Rostov-on-Don: RGUPS. – 2017. – Vol. 4. – pp. 142-145. EDN: XWFFVIZ

12. Yaschuk, M. O. Reinforcement of bridge supports with composite materials / M. O. Yaschuk, V. A. Fursov // Transport: science, education, production: collection of scientific tr. - Vol.3. Technical, natural and humanitarian sciences. - Rostov-on-Don: RGUPS, 2024. pp. 66-69. EDN: UGELHT