

УДК 69.04

В. С. Бабалич, К. Н. Сухина, К. А. Сухин, Ю. С. Вильгельм, В. Н. Власов

Волгоградский государственный технический университет

ОСОБЕННОСТИ УСИЛЕНИЯ ПЕШЕХОДНЫХ ЭСТАКАД НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

По материалам детального обследования несущих строительных конструкций эксплуатируемой пешеходной железобетонной эстакады, расположенной на территории промышленного предприятия, проведен анализ их эксплуатационной пригодности.

Ключевые слова: пешеходные эстакады, фермы, капитальный ремонт, обследование, усиление стальной обоймой.

Согласно СП 43.13330.2012 «Сооружения промышленных предприятий» эстакады являются неотъемлемой частью и участвуют в схемах организации технологических процессов любого промышленного объекта. Эстакады используются для подачи различных жидких составов, сливов и наливов нефтепродуктов, подачи сыпучих грузов, позволяют выполнять эффективную наземную прокладку кабельных линий без необходимости проведения земляных работ, а также используются для обслуживания большого количества технологических систем и в качестве пешеходных мостов.

Эстакады, как и все открытые мостовые сооружения, подвержены более жестким климатическим воздействиям и, соответственно, более интенсивному физическому износу, поэтому нуждаются в постоянном техническом обслуживании. Как правило, в практике эксплуатации такого рода сооружений, им уделяется меньше внимания, что приводит к накоплению значительных и критических повреждений, ускоренной деградации несущих конструкций, это резко увеличивает объем и стоимость ремонтно-восстановительных мероприятий для обеспечения безопасной эксплуатации.

Сохранение нормируемого ресурса таких сооружений возможно только при адекватной и достоверной оценке степени поврежденности их элементов, напряженно-деформированного состояния конструкций, фактической несущей способности, с учетом реализованных расчетных схем, а также требований современных нормативных документов.

Рассматриваемый объект — эксплуатируемая пешеходная эстакада, возведен в конце 1960-х гг., по адаптированным типовым проектам с применением распространенных в тот период конструктивных решений [1—10].

Эстакада конструктивно решена рядом опор, связанных между собой в единый объект пролетными строениями. Длина пролетных строений варьируется от 5,5 до 27,27 м. Пролетные строения образованы двумя несущими стальными сварными двутавровыми балками, объединенными поперечными связями. Опоры этих пролетных строений реализованы сборными железобетонными двухветвевыми стойками. Полотно эстакады запроектировано и реализовано сборными ребристыми железобетонными плитами 6,0×1,5 м по ГОСТ 21506—76, смонтированными по середине поперечного сечения пролетного строения, по верху которых выполнена монолитная железобетонная плита толщиной ≈ 5,0 см (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид пешеходной эстакады

При проведении детального обследования основных несущих строительных конструкций пешеходной эстакады выявлены основные деструктивные процессы, влияющие на снижение несущей способности, установлены причины ускоренной конструктивной деградации, экспериментально установлены прочностные характеристики всех обследуемых конструкций. К основным дефектам и повреждениям можно отнести следующее:

- практически все сборные железобетонные стойки изготовлены с большой вариабельностью защитного слоя бетона на различных гранях конструкций, значительно превышающей нормируемые действующими сводами правил допуски. Указанные дефекты классифицируются как значительные и критические. Минимизация толщины защитного слоя бетона и его карбонизация привели к форсированной утрате пассивирующих свойств бетона по отношению к арматуре и, соответственно, к старту интенсивной коррозии стальной арматуры и повреждениям защитного слоя бетона железобетонных стоек;
- коррозионные процессы в арматуре железобетонных стоек на момент обследования не стабилизированы, что резко снижает их долговечность и эксплуатационную пригодность;
- железобетонные конструкции стоек с критическими дефектами и повреждениями перешли в стадию ускоренной конструктивной деградации;
- на верхнем обрезе железобетонных стоек смонтированы сборные сплошные железобетонные плиты, имеющие идентичные дефекты и повреждения;
- несущие плоскостные конструкции перекрытия оказались самыми поврежденными элементами эстакады. На многих железобетонных плитах выявлены локальные разрушения бетона из-за климатических воздействий, интенсивные коррозионные повреждения арматуры с разрушением защитного слоя бетона. Выявленные коррозионные и деструкционные повреждения плоскостных элементов перекрытий пролетных строений классифицируются как значительные и критические, а их техническое состояние — неработоспособное;

- значительных и критических дефектов и повреждений стальных конструкций пролетных строений пешеходной эстакады не выявлено, исключение составляет практически полностью утраченное их защитное лакокрасочное покрытие. Перечисленные повреждения проиллюстрированы на рис. 2—5.



Рис. 2. Деструкционные повреждения железобетонной опоры пролетного строения



Рис. 3. Деструкционные повреждения железобетонной опоры лестничного хода



Рис. 4. Деструкционные повреждения опорной железобетонной плиты пролетного строения



Рис. 5. Критические повреждения плит покрытия эстакады

Оценка напряженно-деформированного состояния строительных конструкций эстакады (КЭ) выполнялась с учетом выявленных повреждений и установленных инструментально параметров прочности.

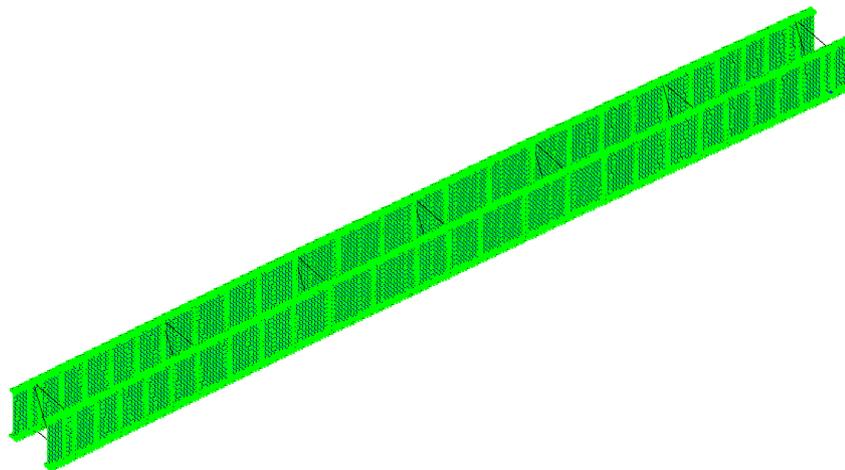


Рис. 6. Схема дискретизации балок пролетного строения на КЭ

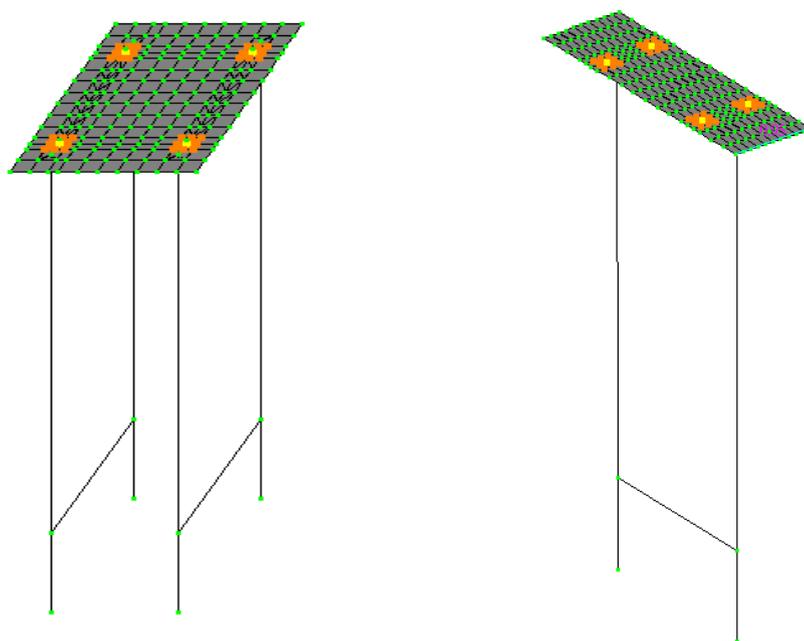


Рис. 7. Схема дискретизации железобетонных опор пролетного строения на КЭ

Анализ результатов оценок напряженно-деформированного состояния несущих конструкций с учетом степени их поврежденности констатировал дефицит параметров механической безопасности элементов эстакады и, соответственно, необходимость выполнения их усиления.

Современная строительная практика предлагает широкий спектр строительных материалов, технических и технологических вариантов реализации усиления. Однако эффективность усиления обеспечивается обязательным включением в работу элементов усиления, что требует высокого качества строительно-монтажных работ и соответствующих квалификации и опыта специалистов, выполняющих эти работы [11—16].

Выявленные в исследуемых конструкциях дефекты и повреждения привели к значительному сокращению срока службы конструкций, и спустя 20 лет эксплуатации пешеходной эстакады возникла необходимость ремонта конструкций. Для сборных железобетонных вертикальных стоек разработан проект усиления с помощью стальной обоймы. Выполненное усиление представлено на рис. 8—10.

Как видно на представленных фото в процессе выполнения строительно-монтажных работ не были выполнены мероприятия по стабилизации коррозионных процессов, устранению причин деструктивных процессов, отсутствует включение в совместную работу элементов усиления с ветвями стойки. Указанные обстоятельства привели к дальнейшему ускоренному износу, снижению несущую способность, эксплуатационную пригодность и долговечность строительных конструкций [17—21].

Резюмируя вышеизложенное, можно констатировать, что реализация ремонтно-восстановительных мероприятий без стабилизации коррозионных процессов в арматуре и восстановления пассивирующих свойств бетона при отсутствии совместной работы элементов усиления с восстанавливаемой конструкцией резко снижают их эффективность и долговечность.



Рис. 8. Усиление железобетонных опор пешеходной эстакады

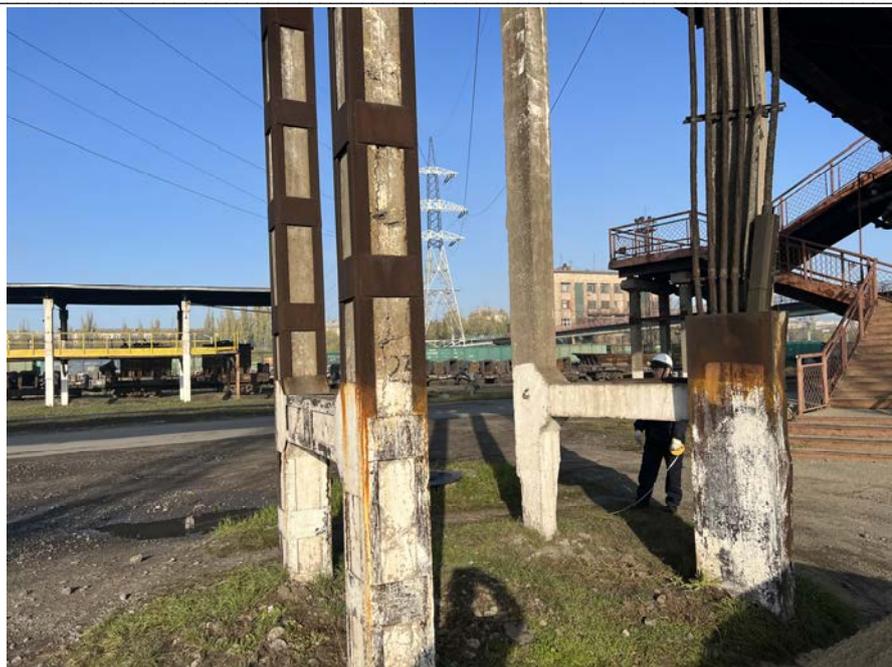


Рис. 9. Разрушение усиленных железобетонных опор пешеходной эстакады



Рис. 10. Разрушение усиленных железобетонных опор пешеходной эстакады

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Raizer V. D. Theory of Reliability in Structural Design // Journal of Applied Mechanics Reviews. 2004. Vol. 57. Iss. 1. DOI:10.1115/1.1584065.

2. Raizer V. D. Reliability of Structures. Analysis and Applications. New York : Backbone Publishing Company, 2009.
3. Ditlevsen O., Madsen H. O. Structural reliability methods. Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark. 2007. 373 p.
4. Wu L., Hui W., Zhibin L. Ultimate strength behavior of steel plate—concrete composite slabs: An experimental and theoretical study // Steel and Composite Structures. 2020. 18 p.
5. Yong Y., Hui L. Experimental study on shear behaviors of Partial Precast Steel Reinforced Concrete beams // Steel and Composite Structures. 2020. 15 p.
6. Yu Y., Yang Y., Xue Y., Liu Y. Shear behavior and shear capacity prediction of precast concrete-encased steel beams // Steel and Composite Structures. 2020. 11 p.
7. Tao Y., Huang Y. Numerical investigation on progressive collapse resistance of post-tensioned precast concrete beam-column assemblies under a column-loss scenario // Engineering Structures. 2022. 15 p.
8. Effects of loading regimes on the structural behavior of RC beam-column sub-assemblages against disproportionate collapse / Kai Qian, Song-Yuan Geng, Shi-Lin Liang, Feng Fu, Jun Yu // Engineering Structures. 2022. 17 p.
9. Im C.-R., Yang K.-H., Kim S., Mun J.-H. Flexural performance of lightweight aggregate concrete columns // Engineering Structures. 2022. 14 p.
10. Пишеничкина В. А., Бабалич В. С., Сухина К. Н., Сухин К. А. Оценка остаточного ресурса несущих железобетонных конструкций эксплуатируемых промышленных зданий. М. : АСВ, 2017. 176 с.
11. Сухина К. Н., Пишеничкина В. А. Вероятностный анализ ресурса конструкций покрытия промышленного здания с учетом случайного характера снеговой нагрузки // Инженерный вестник Дона. 2015. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3397>.
12. Туснина О. А., Павлов С. А. Оценка устойчивости к прогрессирующему обрушению каркаса конвертерного цеха // Вестник гражданских инженеров. 2020. С. 114—122. DOI: 10.23968/1999-5571-2019-16-6-114-122.
13. Попов В. М., Плюснин М. Г. Влияние изменчивости характеристик бетона и арматуры на несущую способность изгибаемых железобетонных элементов // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3. С. 80—85.
14. Райзер В. Д. Теория надежности сооружений. М.: АСВ, 2010. 383 с.
15. Бандурин М. А. Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/891.
16. Лыженко К. Ю., Кубасов А. Ю., Маляев Д. П. К вопросу восстановления экспериментальной надежности железобетонных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2017. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4422.
17. Калашиников С. Ю., Пишеничкина В. А., Бояльская А. А. К вопросу об анализе риска строительных конструкций, зданий и сооружений при экстремальных воздействиях природного или техногенного характера // Инженерные проблемы строительного материаловедения, геотехнического и дорожного строительства: материалы II науч.-техн. конф. 2009. С. 39—43.
18. Острейковский В. А. Теория надежности. М. : Высшая школа, 2003. С.127—132.
19. Пишеничкина В. А., Гордеев С. С., Иванов М. А. Основные положения метода анализа риска при проведении мониторинга технического состояния зданий и сооружений // Малоэтажное строительство в рамках Национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области»: сб-к МНПК. Волгоград : ВолГТУ, 2009. С. 238—241.
20. Тамразян А. Г. Анализ риска обрушения зданий и сооружений от критических дефектов и различных техногенных воздействий. М. : МГСУ, 2004. 106 с.
21. Ржаницын А. Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. : Стройиздат, 1978. 239 с.

© Бабалич В. С., Сухина К. Н., Сухин К. А., Вильгельм Ю. С., Власов В. Н., 2024

Поступила в редакцию
в январе 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Особенности усиления пешеходных эстакад на промышленных предприятиях / В. С. Бабалич, К. Н. Сухина, К. А. Сухин, Ю. С. Вильгельм, В. Н. Власов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 62—70. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_62.

Об авторах:

Бабалич Валентин Степанович — канд. тех. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; vbabalich@yandex.ru

Сухина Ксения Николаевна — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; zhukova_kseniya@mail.ru

Сухин Кирилл Александрович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; suhin.kirill@mail.ru

Вильгельм Юрий Степанович — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Власов Владимир Николаевич — канд. техн. наук, доц., Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Valentin S. Babalich, Kseniya N. Suhina, Kirill A. Suhin, Yurij S. Wilgelm, Vladimir N. Vlasov

Volgograd State Technical University

FEATURES OF STRENGTHENING PEDESTRIAN OVERSTANDERS AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

Based on the materials of a detailed survey of load-bearing building structures of an operational pedestrian reinforced concrete overpass located on the territory of an industrial enterprise, an analysis of their operational suitability was carried out.

Key words: pedestrian overpasses, farms, major repairs, examination, reinforced with steel casing.

For citation:

Babalich V. S., Suhina K. N., Suhin K. A., Wilgelm Yu. S., Vlasov V. N. [Features of strengthening pedestrian overstanders at industrial enterprises]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 62—70. DOI: 10.35211/18154360_2024_1_62.

About authors:

Valentin S. Babalich — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; vbabalich@yandex.ru

Kseniya N. Suhina — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; zhukova_kseniya@mail.ru

Kirill A. Suhin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; suhin.kirill@mail.ru

Yurij S. Wilgelm — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

Vladimir N. Vlasov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation