



УДК 624.21.039/25

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РЕМОНТ ПУТЕПРОВОДА НА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ «АСТАНА – БОРОВОЕ»

А. Шалкар^{1,2*}, К.А. Шалкар^{1,2}

¹Казахский Автомобильно-Дорожный Институт им. Л. Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан;

²АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», Астана, Казахстан

*Корреспондент автор: k.shalkar@qazjolgi.kz

Аннотация. В статье приведены результаты обследования и причины появления повреждений дефектного («танцующего») моста, проведенные в АО «КаздорНИИ». Даны предложения по усилению и ремонту сооружения с применением специального анкерного закрепления по концам пролетного строения и устройству новых деформационных швов.

Ключевые слова: путепровод, дефекты, обследование, пролетное строение, усиление, ремонт, анкерное закрепление, деформационный шов.

Введение

Целью работы являлся выявление причин возникновения дефектов и принятие проектных решений по устранению дефектов путепровода и обеспечение безопасной и бесперебойной работы сооружения.

Основные задачи, которые решались при проведении обследования:

- освидетельствование всех доступных элементов мостового сооружения;
- выполнение комплекса инструментальных исследований;
- оценка технического состояния путепровода;
- определение основных технических мероприятий для дальнейшей эксплуатации сооружения на основании анализа выполненной работы.

Современные исследования показывают, что основными причинами дефектов металлических пролетных строений являются усталостные повреждения, коррозионные процессы и недостаточная жесткость узловых соединений, что требует комплексного подхода к диагностике с применением методов неразрушающего контроля [1].

По данным зарубежных исследований, применение инструментального мониторинга (включая тензометрические измерения и динамические испытания) позволяет повысить точность оценки остаточного ресурса мостовых сооружений и своевременно выявлять скрытые дефекты конструкций [2].

Путепровод через автомобильную дорогу с металлическим рамным неразрезным пролетным строением предназначен для пропуска по нему автомобильного и пешеходного движения под временные подвижные нагрузки А14 и единичных спецнагрузок НК 120 и НК-180 без толпы.

Путепровод расположен вертикальной выпуклой кривой $R = 15000$ м (Рис.1). Путепровод запроектирован по схеме - 15,3 + 39,4 + 15,3 (м), полная длина путепровода - 70,66 м, габарит путепровода $\Gamma-19+2 \times 1,0$ м.

Металлическое рамное неразрезное пролетное строение "бегущая лань", в поперечном сечении пролетное строение состоит из трех П-образных блоков главных балок, семи средних и двух консольных ортотропных плит, объединяемых при монтаже на сварке и высокопрочных болтах.

Согласно исследованиям, ортотропные плиты являются наиболее уязвимыми элементами мостовых конструкций из-за концентрации напряжений в сварных швах, что приводит к образованию усталостных трещин при длительной эксплуатации [3]. Средний блок главных балок в поперечном сечении устанавливается горизонтально, остальные блоки главных балок и средние ортотропные плиты имеют поперечный уклон 0,02 за счет разной высоты стоек промежуточных опор и подферменных площадок на устоях. Консольные ортотропные плиты имеют обратный поперечный уклон 0,02. наклонными опорами - стойками разбито по длине на 5 монтажных элементов (панелей) по схеме секций 5x14,0м. Угол наклона опор-стоек - 47°. Опоры - стойки опираются на опорах №2,3.

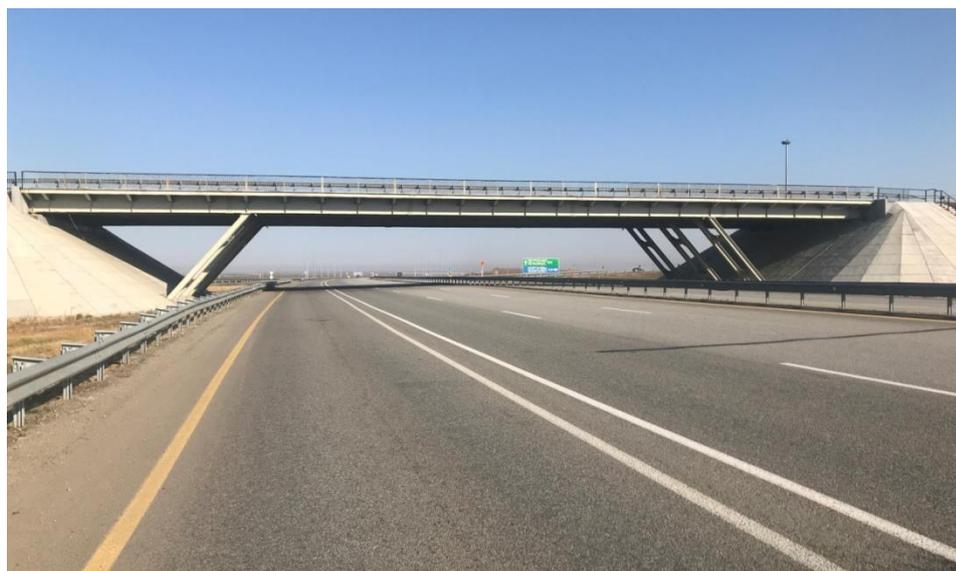


Рисунок 1 – Общий вид путепровода

Высота стенок блоков главных балок принята 1360мм, толщина нижнего пояса 25мм, толщина настильного листа ортотропной плиты 12мм, толщина покрытия по оси путепровода 145мм, полная строительная высота пролетного строения $H_{стр} = 1700$ мм. Исследования показывают, что выбор оптимальной толщины настильного листа и параметров жесткости существенно влияет на долговечность ортотропных плит и снижает риск образования усталостных повреждений [4]. При данной высоте жесткость рамного пролетного строения достаточна без образования строительного подъема. Изломы профиля в монтажных стыках не требуется.

Пролетные строения с крайними опорами соединены шестью подвижными тангенциальными опорными частями. Опорные части на устоях крепятся к нижним поясам пролетного строения высокопрочными болтами М24, а к подферменникам опор анкерами или посредством приварки по контуру к закладным листам, заделанным в бетон опор в соответствии с требованиями п.3.171-3.173 СНиП 2.05.03-84*.

Для основных несущих конструкций рамного неразрезного пролетного строения принята низколегированная сталь марки 15ХСНБД-2 по ТУ14-1-5120-92.

Для осей шарнирных опорных частей 40Х13 ГОСТ 5632-72.

Монтажные соединения – на высокопрочных болтах М24 с усилием напряжения $P=26,3$ тс каждого болта.

По данным научных публикаций, применение высокопрочных болтовых соединений повышает надежность монтажных стыков и снижает вероятность развития трещин по сравнению со сварными соединениями при циклических нагрузках [5].

Водоотвод с проезжей части моста и тротуаров осуществляется за счет встречных поперечных уклонов $i = 0,02$ и продольных уклонов $0,008$.

Эффективная система водоотвода является критическим фактором долговечности мостовых сооружений, так как накопление влаги ускоряет коррозию металлоконструкций и разрушение защитных покрытий [6].

Методология

Для устранения вышеперечисленных дефектов необходимо устройство анкерных креплений по концам консольных пролетных строений для устранения потери строительного подъема главных балок. При этом шарнирное анкерное крепление одним концом закрепляется на поперечные балки у шкафной стенки, а другим концом по верху ригеля устоя химическим анкером. Для подбора диаметра и определения глубины химического анкера (шпильки) специалистами ТОО «Hilti-Казахстан» произведены расчет шпильки на отрыв. По результатам расчета подобран диаметр шпильки 20 мм прочности 8,8 глубиной 300 мм. Полный технологический процесс устройства шарнирного анкерного крепления состоит из следующих работ:

- изготовления проушин для приварки к поперечным балкам металлического пролетного строения;
- изготовления проушин для закрепления ригеля химическими анкерами;
- изготовления соединительных элементов, болты диаметром 40 мм и шайбы диаметром 70 мм;
- закрепление проушин к поперечным балкам над опорными частями;
- бурение скважин диаметром 24 мм для устройства химического анкера; - очистка пробуренной скважины металлической щеткой НІТ–RВ и сжатым воздухом;
- заполнение ~ 70% объема скважины химическим составом Hilti НІТ-RE 500;
- установку в скважину с химическим составом шпильку НІТ–V диаметром 20 мм прочностью 8.8 путем завинчивания и затягивание гайкой.
- устранение зазора между элементами опорных частей, путем нагружения концов пролетного строения;
- натяжение концов пролетного строения соединительными элементами и болтами диаметром 40 мм;
- окраска шарнирного анкерного крепления перхлорвиниловой краской.

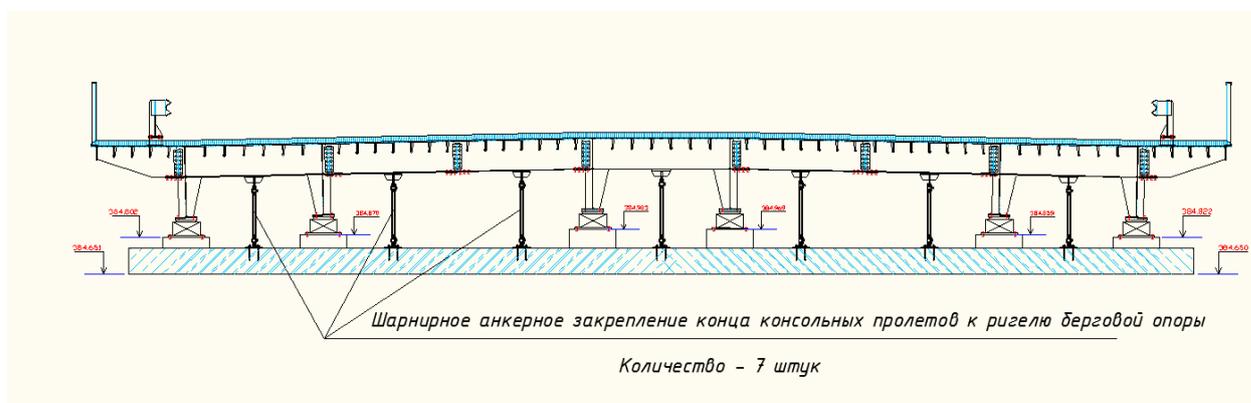


Рисунок 2 – Анкерное крепление концов пролетного строения к насадке (ригелю) береговых опор

До капитального ремонта моста за существующим деформационным швом был устроен дополнительный щебеночно-мастичный деформационный шов. Технологический процесс устройства щебеночно-мастичного деформационного шва выполнены в следующей последовательности:

1. Разрезка разрушенной части асфальтобетона и устройство штрабы для заливки щебеночно-мастичного деформационного шва.
2. Все поверхности образованной штрабы зачистить проволочной щеткой, очистить и высушить с помощью горячего воздуха, подаваемого высокотемпературной горелкой.
3. Уложить со стороны существующего металлического шва в зазоры уплотнители из пенькового каната (жгута), пропитанного битумом.
4. После очистки поверхности и установления уплотнителя, в течение 30 минут, образованные штрабы покрыть тонким слоем горячего полимербитумного вяжущего (огрунтовка).
5. В штрабу засыпать разогретый до 150°C , щебень фракции 5...10 мм на длину захватки не более 2 м.
6. Горячее вяжущее вылить в штрабу с уложенным щебнем и производить их перемещение граблями, при этом каждое зерно щебня должно быть покрыто вяжущим и заполнены все промежутки между щебнями.
7. Уложенную смесь тщательно уплотнить ручной уплотняющей виброплитой массой не менее 85 кг, до тех пор, пока поверхность конструкции деформационного шва не сравняется с поверхностью покрытия проезжей части.
8. Поверх деформационного шва на выполненной захватке рассыпать щебень мелкой фракции, образуя шероховатый слой.

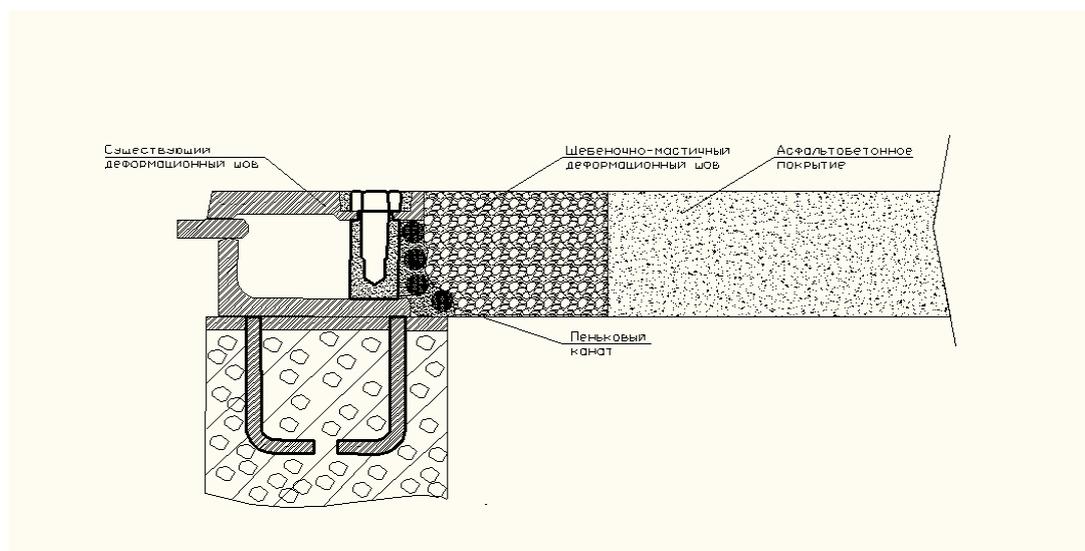


Рисунок 3 – Конструкция щебеночно-мастичного деформационного шва

Результаты и обсуждения

В результате проведения инструментального обследования (геодезическая съемка) проезжей части и низа главных балок выяснилось, что при прохождении тяжеловесных грузов, из-за небалансированности веса пролетов произошел отрыв деформационного шва от устоев, в результате консольная часть пролетного строения переместилась вверх и был утерян строительный подъем среднего пролета путепровода. Появление растягивающих усилий в консоли пролетного строения, привело к образованию зазоров в тангенциальных опорных частях, величиной от 2,0 до 4,5 см, между верхним балансиром (стальной плитой) и цилиндрической поверхностью нижнего балансира (рис. 4 и 5).



Рисунок 4 – Отрыв пролетного строения от опоры 4



Рисунок 5 – Отрыв деформационного шва от бетона

Результаты инструментальной съемки по трем точкам проезжей части и понизу главных балок показали, что строительный подъем середины среднего пролета составляет соответственно 4,3 см, при проектном 12,0 см, т.е. строительный подъем над стыком между монтажными блоками утрачен на 74,2%. Нарушен продольный уклон в середине пролетного строения моста, по проезжей части моста не обеспечивается отвод воды.

Причиной возникновения дефекта является неправильное проектное решение по назначению длины консольного пролета и подбору соотношению длин пролетов. Соотношение крайнего пролета к среднему $15,3/39,4 = 0,388$ является малым для данного типа пролетного строения. Обычно соотношение для неразрезных мостов принимается равным (0,5...0,7) от длины среднего пролета. Кроме того, принятое данное решение, а также недостаточная длина анкерных бетонных элементов деформационного шва явились причиной отрыва шва и разрушения верхней части шкафных стенок устоя.

Полностью разрушены и не работают деформационные швы путепровода. Одним из причин отрыва деформационного шва и разрушения верхней части шкафных стенок устоя является недостаточная длина анкерных элементов шва (Рис 5).

Для открытия проезда в кратчайшее время, по путепроводу необходимо устройство временного шарнирного анкерного закрепления, работающего на отрыв по концам консоли пролетного строения. При нахождении транспортных средств на среднем пролете анкерные закрепления воспринимают растягивающие усилия, возникающие на консолях крайних пролетов. Расчеты, произведенные на ПК «Midas Civil» показали, что растягивающее (отрывное) усилие у опоры составляют: для 3 и 4 балки – 15 т; для 2 и 5 балки – 10 т, а для 1 и 6 балки – 7 т. Расчетная схема, деформации от постоянной нагрузки и подвижной нагрузки, а также опорные реакции (отрывное усилие) приведены на рис. 6 -9.

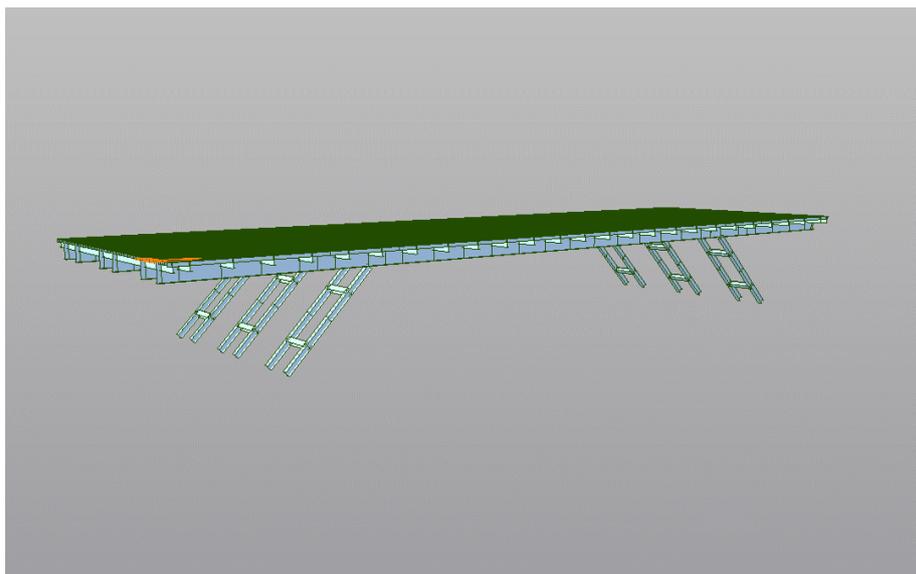


Рисунок 6 – Расчетная схема путепровода

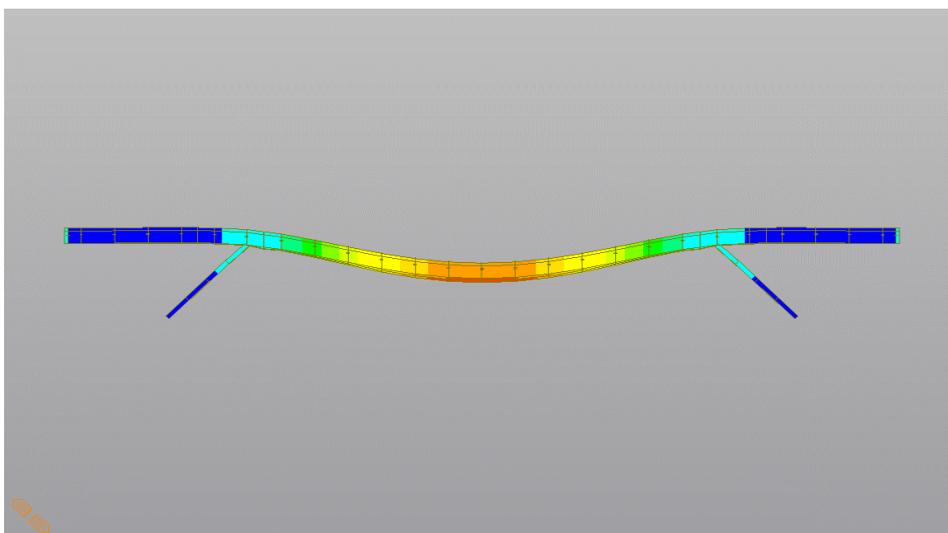


Рисунок 7 – Деформации от постоянных нагрузок

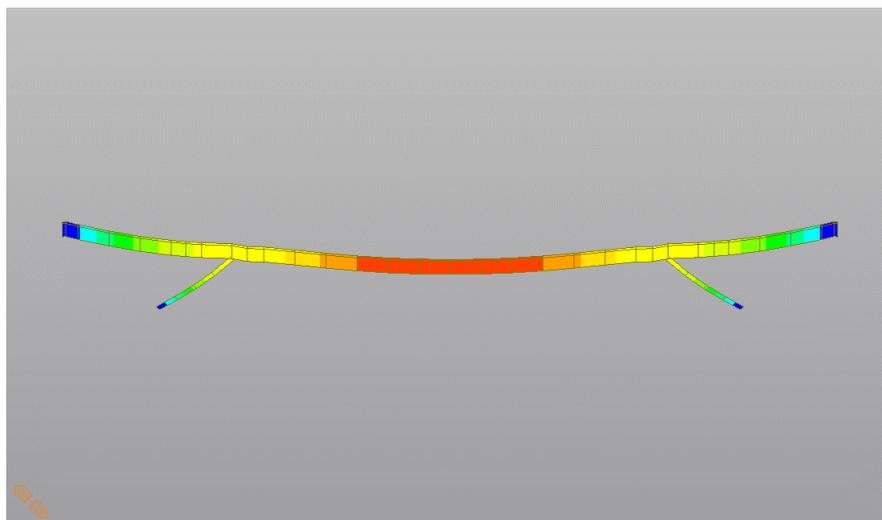


Рисунок 8 – Деформации от подвижной нагрузки

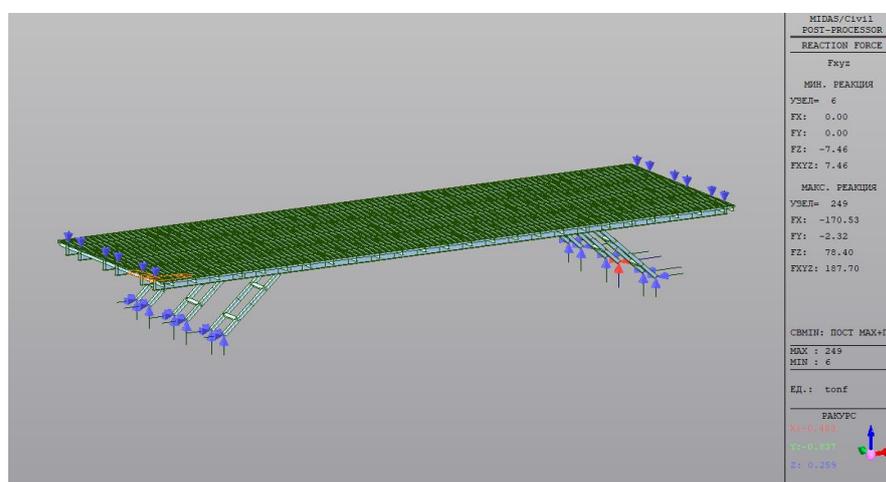


Рисунок 9 – Опорные реакции от сочетания постоянных сил и подвижной нагрузки

Заключение

По результатам принятых мер и выполненных ремонтных работ в короткий срок были устранены все дефекты и открыт движения по мостовому сооружению.

Для исключения появления новых дефектов необходимо провести постоянный мониторинг, а при необходимости научно-техническое сопровождение выполненных работ мостового сооружения.

Список литературы

1. Frangopol D.M., Liu M. Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization, and life-cycle cost // *Engineering Failure Analysis*. – 2017. – Vol. 82. – P. 165–175. – DOI: 10.1016/j.engfailanal.2017.03.012.
2. Ni Y.Q., Ye X.W., Ko J.M. Monitoring-based fatigue reliability assessment of steel bridges: Analytical model and application // *Measurement*. – 2019. – Vol. 138. – P. 1–12. – DOI: 10.1016/j.measurement.2019.07.022.
3. Deng L., Wang W., Yu Y. Fatigue performance of orthotropic steel bridge decks: A review // *Journal of Constructional Steel Research*. – 2018. – Vol. 146. – P. 149–163. – DOI: 10.1016/j.jcsr.2018.04.012.

4. Zhang Q., Liu Y., Bao Y. Fatigue assessment of orthotropic steel decks considering actual traffic flow // *Engineering Structures*. – 2020. – Vol. 206. – 110751. – DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.110751.

5. Kim S.H., Yura J.A. Behavior and design of bolted connections under cyclic loading // *Journal of Constructional Steel Research*. – 2016. – Vol. 122. – P. 1–10. – DOI: 10.1016/j.jcsr.2016.09.008.

6. Zhou X., Chen G., Zhang Y. Durability of steel bridge structures under environmental effects // *Construction and Building Materials*. – 2019. – Vol. 211. – P. 117144. – DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117144.

Сведения об авторах (на трех языках):

Шалкарар Абдиашим Абджаппарович – жетекші ғылыми қызметкер, жол-құрылыс материалдары және жаңа технологиялар бөлімі, «Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, a.shalkarov@qazjolgzi.kz

Шалкарар Абдиашим Абджаппарович – ведущий научный сотрудник, отдел дорожно-строительных материалов и новых технологий, АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», a.shalkarov@qazjolgzi.kz

Abdiashim Shalkarov – Leading Researcher, Department of Road Construction Materials and New Technologies, JSC «Kazakhstan Road Research Institute», a.shalkarov@qazjolgzi.kz

Шалкар Кайсар Абдиашимулы – басқарма басшысы, көпір және жол құрылыстары және автомобиль жолдарын паспортизациялау басқармасы, «Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, k.shalkar@qazjolgzi.kz

Шалкар Кайсар Абдиашимулы – руководитель управления, управление мостовых и дорожных сооружений и паспортизации автомобильных дорог, АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», k.shalkar@qazjolgzi.kz

Kaisar Shalkar – Head of the Department, Department of Bridge and Road Structures and Road Passportization, JSC «Kazakhstan Road Research Institute», k.shalkar@qazjolgzi.kz

Вклад авторов:

Шалкарар Абдиашим Абджаппарович – сбор данных, моделирование, анализ, визуализация, интерпретация, подготовка текста.

Шалкар Кайсар Абдиашимулы – концепция, методология, анализ.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): при подготовке статьи ИИ не использовался.

«АСТАНА – БОРОВОЕ» АВТОМОБИЛЬ ЖОЛЫНДАҒЫ ЖОЛӨТКІЗГІШТІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ЖӨНДЕУ

А. Шалкарар^{1,2*}, К.А. Шалкар^{1,2}

¹Л. Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ., Қазақстан;

²«Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Астана, Қазақстан

*Корреспондент автор: k.shalkar@qazjolgzi.kz

Аңдатпа. Мақалада «ҚаздорНИИ» АҚ жүргізген ақаулы («тербелмелі») көпірді тексеру нәтижелері және зақымданулардың пайда болу себептері келтірілген. Құрылысты күшейту және жөндеу бойынша ұсыныстар берілген, оның ішінде аралық құрылымның шеттерінде арнайы анкерлік бекітуді қолдану және жаңа деформациялық жіктерді орнату қарастырылған.

Ключевые слова: жолөткізгіш, ақаулар, тексеру, аралық құрылым, күшейту, жөндеу, анкерлік бекіту, деформациялық жіктер.

ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION AND REPAIR OF AN OVERPASS ON THE “ASTANA – BOROVOE” HIGHWAY

A. Shalkarov^{1,2*}, K.A. Shalkar^{1,2}

¹ L.B. Goncharov Kazakh Automobile and Road Institute, Almaty, Kazakhstan;

² Kazakhstan Road Research Institute JSC, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: k.shalkar@qazjolgzi.kz

Abstract. The article presents the results of inspection and identifies the causes of defects of a malfunctioning (“dancing”) bridge conducted by KazdorNII JSC. Proposals are provided for strengthening and rehabilitation of the structure, including the use of special anchor fixing at the ends of the span structure and installation of new expansion joints.

Keywords: overpass, defects, inspection, span structure, strengthening, repair, anchor fixing, expansion joint.



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) licence (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).