

Научная статья

DOI: 10.15593/24111678/2023.03.03

УДК 624.014.078.4

**Н.В. Хамидуллина**

Ростовский государственный университет путей сообщения,  
Ростов-на-Дону, Российская Федерация

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК К ОБСЛЕДОВАНИЮ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Рассматривается использование комплексного метода исследований, включающего анализ современных научных исследований и действующей нормативно-технической документации в области транспортной инфраструктуры, а также передовой зарубежной опыт. Анализируется возможность испытания пролетных строений с использованием современных методик, а также применение программно-аппаратных средств строительства сооружений нестандартной формы в условиях сейсмичности района строительства и отсутствие определенных данных в современной нормативной документации.

Обследования мостовых сооружений проводят с целью определения технического состояния, выявления дефектов, разработки рекомендаций по устранению и предупреждению возникновения дефектов, по дальнейшей эксплуатации, ремонту, реконструкции сооружений, назначения режима движения и в других целях.

В современном динамично развивающемся мире увеличивается грузонапряженность, повышается количество транспортных средств, возрастает их вес, что приводит к совокупному эффекту увеличения нагрузки и необходимости повышения пропускной способности моста. Время также сказывается на состоянии конструкции, ухудшая эксплуатационные характеристики моста. В результате чего конструкция моста требует рассмотрения влияния новых нагрузок на сооружение с учетом возраста и возможных повреждений.

После проведения обследования составляется отчет, где указываются: анализ полученных результатов, сравнительная характеристика фактических данных с проектными, заключение о состоянии моста и его безопасной функциональности.

Таким образом, можно сделать вывод, что обследования моста – это неотъемлемая часть жизни мостовой конструкции: главных балок пролетного строения, устоев, промежуточных опор и т.д. Особенно затрагивает искусственные сооружения с большим сроком службы.

**Ключевые слова:** опоры, мост, железобетонные конструкции, мост, автодорожные путепроводы, пролётные строения, стальные конструкции, дефекты, грузонапряженность, подходы, сваи.

**N.V. Khamidullina**

Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-on-Don, Russian Federation

## **APPLICATION OF MODERN TECHNIQUES TO THE INSPECTION OF BRIDGE STRUCTURES**

The article considers the use of a comprehensive research method, including an analysis of modern scientific research and current regulatory and technical documentation in the field of transport infrastructure, as well as advanced foreign experience. The possibility of testing superstructures using modern techniques, as well as the use of software and hardware for the construction of structures of non-standard shape in the conditions of seismicity of the construction area, as well as the absence of certain data in modern regulatory documentation, is considered.

Inspections of bridge structures are carried out in order to determine the technical condition, identify defects, develop recommendations for eliminating and preventing the occurrence of defects, for further operation, repair, reconstruction of structures, assigning a traffic mode and for other purposes.

In today's dynamically developing world, traffic density is increasing, the number of vehicles is increasing, their weight is increasing, which leads to the cumulative effect of increasing the load and the need to increase the capacity of the bridge. Time also affects the condition of the structure, deteriorating the performance of the bridge. As a result, the design of the bridge requires consideration of the impact of new loads on the structure, taking into account age and possible damage.

After the survey, a report is drawn up, which indicates: an analysis of the results obtained, a comparative description of the actual data with the design data, a conclusion on the condition of the bridge and its safe functionality.

Thus, it can be concluded that bridge surveys are an integral part of the life of the bridge structure: the main beams of the superstructure, abutments, intermediate supports, etc. Especially affects artificial structures with a long service life.

**Keywords:** supports, bridge, reinforced concrete structures, bridge, road overpasses, span structures, steel structures, defects, traffic density, approaches, piles.

## Введение

Настоящий период характеризуется движением в направлении автоматизации и цифровизации параметров сооружений инфраструктуры, характеризующих безопасность их эксплуатации. Значительное продвижение достигнуто при оценке предотказных состояний верхнего строения пути, риска эксплуатации на том или ином участке, разработке алгоритмов такой оценки [1–7]. Для интервальных оценок используется техническое средство – «матрица риска», которое также потребовало определённого развития. Что же касается оценки рисков эксплуатации мостов, здесь успехи заметно скромнее.

Связано это с очень большим количеством факторов, в первую очередь, со значительной сложностью и дороговизной средних и длинных пролетных строений (от 25 м). Стоимость пролетных строений, как правило, на полтора порядка выше стоимости пути такой же длины. В связи с этим оценка возможности эксплуатации, рекомендации к ремонту, замене пролётного строения производится группой экспертов, специализированных в данной тематике, а вопрос автоматизации решений перемещается на весьма далекое будущее.

## Методы исследования

В работе использован комплексный метод, включающий анализ современных научных исследований и действующей нормативно-технической документации в области транспортной инфраструктуры, а также передовой зарубежный опыт [5]:

- анализ методики обследования автодорожных путепроводов;
- изучение оборудования, применяемого при обследовании искусственных сооружений;
- обследование подходов к путепроводу.

При осмотре путепровода были выявлены следующие дефекты и неисправности.

На подходах к путепроводу обнаружены пустоты под участками переменной жесткости. В этих местах имеются профильные просадки асфальтового покрытия:

- со стороны устоя № 0 пустота между плитами и обратной засыпкой достигает 60 см;
- со стороны устоя № 3 происходит просыпание грунта обратной засыпки на всей площади опирания плит, в результате чего правая обратная стенка устоя висит в воздухе. Под подферменной плитой имеются пустоты, сваи оголены на высоту до 40 см. Внутри устоя обратная засыпка грунта отсутствует на всю ширину устоя и на всю длину железобетонных плит. Максимальная высота полости в средней части (возле шкафной стенки) составляет – 180 см. Под тротуарным настилом, со стороны правой обратной стенки полость достигает 260 см.

На путепроводе по металлическим щитам ограждения контактной сети, барьерному ограждению на подходах, а также по бетону колесоотбойных блоков происходит шелушение окрасочного слоя.

По проходной части боковых тротуаров отсутствует защитное покрытие поверхности железобетонных плит.

По поверхности железобетонных плит боковых тротуаров – морозное разрушение бетона с обнажением зерен крупного заполнителя.

По отдельным плитам боковых тротуаров имеются поперечные трещины.

По нижней поверхности плит тротуарного настила не обрезаны монтажные петли.

В районе деформационных швов разрушено асфальтобетонное покрытие, деформированы отдельные обрамляющие металлические уголки.

В конструкции перильного ограждения в зоне деформационных швов путепровода не предусмотрены деформационные разрывы (рис. 1, а–в).



Рис. 1. Дефекты устоя: *а* – пустота за устоем; *б* – отсутствует обратная засыпка на всей площади плит мягкого въезда и на всю высоту устоя; *в* – просадка асфальтового покрытия

По низу балок пролетных строений и низу тротуарных железобетонных блоков – мокрые потеки со следами выщелачивания цементного камня. Нарушена гидроизоляция проезжей части пролетного строения.

По низу балок пролетных строений имеются места с недостаточным защитным слоем бетона, проступают следы продуктов коррозии арматуры, отдельные распределительные хомуты оголены.

Отсутствует продольное водоотведение с проезжей части. Дренажная система водоотвода не соответствует СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы». При капитальном ремонте путепровода необходимо в обязательном порядке предусмотреть отвод воды по системе продольных лотков, закрепленных на пролетных строениях и вертикальных водосточных труб, расположенных у опор. В процессе отведения вода не должна попадать на находящиеся ниже конструкции сооружения, железнодорожные пути. Неорганизованный сброс воды с сооружения не допускается [8–12].

### Результаты исследования

В результате обследования основаны на геодезической съемке, которая выполнена с использованием электронного тахеометра Topcon GT-1003 с отражателем при благоприятных погодных условиях. При проведении работ движение по мосту не перекрывалось.

Поскольку на данном сооружении отсутствует постоянный геодезический репер, все измерения проводились в условной системе координат.

Геодезическая съемка мостового полотна в поперечном направлении выполнялась по нескольким створам:

- вдоль перильных ограждений;
- вдоль ограждений безопасности со стороны тротуаров;
- вдоль ограждений безопасности со стороны проезжей части;
- по оси путепровода.

Поперечные створы расположены на сооружении в серединах пролетов и над осями опор, а также на подходах к путепроводу. Отметки и поперечные уклоны поверхности мостового полотна, а также схема расположения продольных створов, продольных профилей по продольным створам указаны в специальной литературе.

Для анализа высотного взаимоположения балок и определения толщины одежды ездового полотна была выполнена съемка профиля пролетных строений. Измерения производили по нижним граням ребер балок пролетных строений [13; 14].

Прямым измерением расстояния между головкой рельсов пересекаемых препятствий, а также контрольным сопоставлением высотных отметок низа балок пролетных строений, с отметками головки рельсов пересекаемого препятствия установлен подмостовой габарит, который составляет 7,05 м для I пути и 7,11 м для II пути. Таким образом, фактическое значение подмостового габарита удовлетворяет действующим нормам для существующего и перспективного подвижных составов.

В результате геодезических измерений было установлено следующее:

- на подходах № 1 и № 2 осредненные продольные уклоны направлены от сооружения;
- поперечный профиль проезжей части для каждого сооружения имеет односкатное очертание и направлен к ограждениям безопасности;
- поперечные уклоны на тротуарах направлены к перильному ограждению;
- балки имеют строительный подъем;
- минимальная толщина дорожной одежды 150 мм.

Измерения прочности бетона конструкций моста производились при помощи электронного измерителя прочности бетона ПОС-МГ4 (рис. 2). Прибор прошел поверку 12.10.2021.



Рис. 2. Показание прибора

Принцип действия измерителя основан на преобразовании силы, приложенной к испытываемому образцу, тензометрическим преобразователем в электрический сигнал, изменяющийся пропорционально приложенной силе. Электрический сигнал регистрируется электронным блоком, где обрабатывается, и результаты измерений в единицах силы отображаются на дисплее [15].

Количество и расположение контролируемых участков при испытании прочности бетона соответствовали ГОСТ 18105-2018.

Результаты проверки прочности бетона элементов опор и пролетных строений путепровода приведены в таблице.

Результаты измерения прочности бетона

Наименование конструкции	Расположение участков измерения	Прочность бетона, МПа (среднее значение)	Класс бетона, В
Устой № 0	Шкафная стенка устоя место	29,6	23
	Боковая стенка	30,7	24
	Подферменный блок	29,4	23
Опора № 1	Стойка	23,3	18
Опора № 2	Стойка	27,6	21,5
Устой № 3	Шкафная стенка устоя место	32,1	25
	Боковая стенка	36,0	28
	Подферменный блок	30,1	23,5
Пролетное строение № 1	Правая балка	39,6	31
	Левая балка	38,7	30
Пролетное строение № 3	Правая балка	35,3	27,5
	Левая балка	38,4	30

### Заключение

В результате проведенного обследования путепровода и выполненных расчетов установлено следующее:

1. Грузоподъемность сооружения не обеспечивает пропуск нагрузок, соответствующих по уровню воздействия А11 (по состоянию устоев).

2. Безопасность движения автотранспорта снижена по следующим причинам:

– на подходах к путепроводу выявлены пустоты под переходными плитами. В этих местах имеются профильные просадки асфальтового покрытия;

– со стороны опоры № 0 пустота между плитами и обратной засыпкой достигает 60 см;

– со стороны опоры № 3 происходит просыпание грунта обратной засыпки на всей площади опирания плит, в результате чего правая обратная стенка опоры висит в воздухе. Под подферменной плитой имеются пустоты, сваи оголены на высоту до 40 см. Внутри опоры обратная засыпка грунта отсутствует на всем расстоянии между обратными стенками и на всю длину железобетонных плит. Максимальная высота полости в средней части (возле шкафной стенки) составляет – 180 см. Под тротуарным настилом, со стороны правой обратной стенки полость достигает 260 см. Как следствие, переходные плиты имеют опирание в двух точках: одним концом на шкафную стенку опоры № 3, а другим на грунт. По всей длине плит имеются продольные трещины, скалывающие защитный слой бетона, местами с оголением рабочей арматуры;

– на опоре № 3 все опорные части (РОЧ) смещены, отдельные разорваны, что свидетельствует о деформации опоры № 3 в сторону пролета;

– на устое № 0 подферменные блоки имеют продольные и поперечные трещины на всю высоту в зоне опирания опорных частей;

– над опорой № 1 подферменные блоки, на которые опираются опорные части балок № 1, 2 пролетного строения № 1, практически полностью разрушены;

– высота барьерного ограждения (железобетон) на путепроводе менее 70 см, на подходах (металл) практически вровень с асфальтовым покрытием.

3. Долговечность сооружения снижена из-за следующих значимых дефектов:

- нарушение гидроизоляции мостового полотна в местах омоноличивания балок пролетных строений;
- деградиционное разрушение бетона тротуарных блоков и консолей фасадных балок с обнажением и коррозией арматуры.

Общее техническое состояние путепровода в соответствии с ОДМ 218.3.014-2011 «Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах» оценивается как неудовлетворительное, что обусловлено, главным образом, деформацией опоры № 3, разрушением подферменных блоков, а также профильных просадок на подходах к путепроводу, что приводит к угрозе безопасности движения автотранспорта и железнодорожного транспорта.

С целью обеспечения безопасности движения, необходимо:

1. Выполнить переустройство подходов к путепроводу.
2. Заменить дефектные подферменные блоки с установкой новых опорных частей.
3. Усилить конструкцию опоры № 3.
4. Осуществить устройство одежды мостового полотна, тротуаров, нового перильного и барьерного ограждения безопасности проезда с уровнем удерживающей способности не менее У4 (300 кДж) согласно ГОСТ Р 52289-2019.
5. Заменить негодные опорные части.

По результатам проведенного обследования рекомендуем выполнить капитальный ремонт сооружения с проведением следующих работ:

1. Доведение геометрических параметров земляного полотна до норм, соответствующих категории ремонтируемого участка автомобильной дороги.
2. Осуществить устройство укрепления конусов.
3. Замена шкафной стенки устоев.
4. Замена подферменных блоков с опорными частями.
5. Замена барьерного ограждения на путепроводе и подходах к нему.
6. Замена плит тротуарного настила и перильного ограждения.
7. Устройство лестничных сходов.
8. Нанесение постоянной разметки после капитального ремонта.
9. Провести переустройство дефектных участков земляного полотна на устоях путепровода (замена переходных плит с устройством основания под ними).
10. Устройство недостающих элементов системы водоотвода.
11. Замена гидроизоляции на пролетных строениях.
12. Полная замена дорожной одежды на новую, более прочную и долговечную с восстановлением деформационных швов.
13. Усиление насадок опор.
14. Усиление опоры № 3.
15. Устройство недостающего электроосвещения.

Работы рекомендуется выполнять согласно специально разработанному проекту.

До выполнения капитального ремонта необходимо выполнить следующие виды работ:

1. Установить дорожные знаки 3.24 «Ограничение максимальной скорости» 40 км/ч на обоих подходах по причине необеспеченной безопасности движения автотранспорта по сооружению.
2. Установить дорожные знаки 3.4 «Движение грузовых автомобилей запрещено» на обоих подходах по причине необеспеченной безопасности движения автотранспорта по сооружению и на подходах к нему.
3. Установить мониторинг положения устоев в пространстве.
4. Выполнить ремонт барьерного ограждения.
5. Выполнить устройство основания под переходными плитами.
6. Заменить деформационный шов на устой № 3.
7. Восстановить конуса и лестничные сходы.

8. Произвести окраску металлических конструкций путепровода с удалением продуктов коррозии.

9. Выполнить ремонт тротуарного настила [16–18].

Согласно пункту 5.2 СП 79.13.330.2012 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» периодические обследования сооружения необходимо производить не реже одного раза в 5–7 лет в зависимости от состояния путепровода.

### Список литературы

1. Хамидулина, Н.В. Ремонт, переустройство и реконструкция искусственных сооружений // Сборник научных трудов II Всероссийской национальной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону, 2020. – С. 243–246.

2. Khamidullina N.V. Experimental studies of the process of eliminating the failure over the mining // Socio-economic and environmental problems of mining, construction and energy: materials of the 14th International Conference-Tula: TulSU. – 2018. – Vol. 1. – P. 35–42.

3. Pleshko M., Meskhi B., Pleshko M. A new method for calculating the combined anchor-concrete support of underground structures // MATEC Web of Conferences. – 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201817003023

4. Применение прибора «Тензор МС» для обследования мостов / А.А. Ревякин, А.Н. Опацких, А.Ю. Леонов, А.В. Безгодько, С.В. Марецкий // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры: тр. Всерос. национ. науч.-практ. конф. Т. 1. / ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2022.

5. Atomic-level understanding of interface interactions in a halloysite nanotubes-PLA nanocomposite / A. Kruglikov, A. Vasilchenko, A. Kasprzhitskii, G. Lazorenko // RSC Advances. – 2019. DOI: 10.1039/c9ra08772a

6. Prokopov A., Zhur V., Medvedev A. Application of the cartographic method of research for the detection of the dangerous zones of mining industrial territories // MATEC Web of Conferences. – 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201819603009

7. Pleshko M., Revyakin A., Malishevskaya N. Investigation of the influence of the railroad track on the stress state of the tunnel lining // MATEC Web of Conferences. – 2018. – P. 239. DOI: 10.1051/e3sconf/20183302036

8. Safe operation of transportation tunnels based on predictive modeling of active geomechanical processes / B.Ch. Meskhi, M.S. Pleshko, I.V. Voinov, J.J.Z. Caixao // Mining Informational and Analytical Bulletin 2020. – Vol. 8. – P. 86–96 DOI: 10.25018/0236-1493-2020-8-0-86-96

9. Качурин Н.М. Геомеханические и аэрогазодинамические последствия подработки территорий горных отводов шахт Восточного Донбасса // ИзвестияТулГУ. Науки о Земле. – 2017. – Вып. 1. – С. 170–181.

10. Plugging slurry (backfill) and surface cavity closure technology / A. Prokopov, M. Prokopova, S. Stel'Makh, A. Chernil'Nik // E3S Web of Conferences. – 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202015701014

11. Mukutadze M.A., Mukutadze A.M., Vasilenko V.V. Simulation model of thrust bearing with a free-melting and porous coating of guide and slide surfaces // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/560/1/012031

12. Prokopov A., Prokopova M., Hamidullina N. Computer Modeling of Deformation Processes in the Event of Liquidation of a Dip Over a Rock Mine (Компьютерное моделирование деформационных процессов при ликвидации провалов над горными выработками // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 272 (2). DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022118

13. GPR calibration for determining the electrophysical properties of soil structural layers / V.L. Shapovalov, A.V. Morozov, A.A. Vasilchenko, M.V. Okost, V.A. Yavna // Engineering and Mining Geophysics. – 2020. DOI: 10.3997/2214-4609.202051118

14. Experimental studies of the reinforcement percentage effect on the modulus of soil deformation fixed by cementation. Экспериментальные исследования влияния процента армирова-

ния на модуль деформации грунта, фиксируемый цементацией / A.Y. Prokopov, I.V. Sychev, A.A. Revyakin, O.N. Soboleva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/913/2/022065

15. Полухина А.В., Юзуповичус А.А., Хамидуллина Н.В. Эффективность проектирования мостов с помощью параметрического дизайна // Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2021. – С. 191–194.

16. Чирков В.П. Оценка сроков службы защитного слоя бетона // Сборник трудов ХИИТ. – 1993. – Вып. 21.

17. Yashchuk M., Smerdov D. Reinforced Concrete Elements Strengthened by Pre-stressed Fibre-reinforced Polymer (FRP) // Transportation Research Procedia. – 2021. – Vol. 54. – P. 157–165. doi: 10.1016/j.trpro.2021.02.060.

18. Train-track-bridge dynamic interaction: a state-of-the art review / W. Zhai, Z. Han, Z. Chen, L. Ling // International journal of vehicle mechanics and mobility. – 2019. – Vol. 57. – P. 984–1027.

### References

1. Khamidullina N.V. Remont, pereustroistvo i rekonstruktsiia iskusstvennykh sooruzhenii [Repair, reconstruction and reconstruction of artificial structures]. Sbornik nauchnykh trudov II Vserossiiskoi natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Rostov-na-Donu, 2020, pp. 243-246.

2. Khamidullina N.V. Experimental studies of the process of eliminating the failure over the mining. Socio-economic and environmental problems of mining, construction and energy: materials of the 14th International Conference, Tula, TulSU, 2018, Vol. 1, pp. 35-42. ISSN 0201-727X

3. Pleshko M., Meskhi B., Pleshko M. A new method for calculating the combined anchor-concrete support of underground structures. *MATEC Web of Conferences*, 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201817003023

4. Revyakin A.A., Opatskikh A.N., Leonov A.Yu., Bezgodko A.V., Maretsky S.V. Innovacionnye tehnologii v stroitel'stve i upravlenie tehničeskim sostojaniem infrastruktury [Innovative technologies in construction and management of the technical condition of the infrastructure]. Trudy Vserossiiskoi natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Rostov-na-Donu: FGBOU VO RGUPS, Vol. 1, 2022.

5. Kruglikov A., Vasilchenko A., Kasprzhitskii A., Lazorenko G. Atomic-level understanding of interface interactions in a halloysite nanotubes-PLA nanocomposite. *RSC Advances*, 2019. DOI: 10.1039/c9ra08772a

6. Prokopov A., Zhur V., Medvedev A. Application of the cartographic method of research for the detection of the dangerous zones of mining industrial territories. *MATEC Web of Conferences*, 2018. DOI: 10.1051/mateconf/201819603009

7. Pleshko M., Revyakin A., Malishevskaya N. Investigation of the influence of the railroad track on the stress state of the tunnel lining. *MATEC Web of Conferences*, 2018, Vol. 239 (1). DOI: 10.1051/e3sconf/20183302036

8. Meskhi B.Ch., Pleshko M.S., Voinov I.V., Caixao J.J.Z. Safe operation of transportation tunnels based on predictive modeling of active geomechanical processes. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2020, Vol. 8, pp. 86-96. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-8-0-86-96

9. Kachurin N.M. Geomekhanicheskie i aerogazodinamicheskie posledstviia podrobotki territorii gornyx otvodov shakht Vostochnogo Donbassa [Geomechanical and aerogasodynamic consequences of mining the territories of mining branches of the mines of Eastern Donbass]. *IzvestiiaTulGU, Nauki o Zemle*, 2017, no. 1, pp. 170-181.

10. Prokopov A., Prokopova M., Stel'Makh S., Chernil'Nik A. Plugging slurry (backfill) and surface cavity closure technology. *E3S Web of Conferences*, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202015701014

11. Mukutadze M.A., Mukutadze A.M., Vasilenko V.V. Simulation model of thrust bearing with a free-melting and porous coating of guide and slide surfaces. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. DOI: 10.1088/1757-899X/560/1/012031

12. Prokopov A., Prokopova M., Hamidullina N. Computer Modeling of Deformation Processes in the Event of Liquidation of a Dip Over a Rock Mine [Komp'iuternoe modelirovanie deformatsionnykh protsessov pri likvidatsii provalov nad gornymi vyrabotkami]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, Vol. 272, 022118. DOI: 10.1088/1755-1315/272/2/022118.

13. Shapovalov V.L., Morozov A.V., Vasilchenko A.A., Okost M.V., Yavna V.A. GPR calibration for determining the electrophysical properties of soil structural layers. *Engineering and Mining Geophysics*, 2020. DOI: 10.3997/2214-4609.202051118

14. Prokopov A.Y., Sychev I.V., Revyakin A.A., Soboleva O.N. Experimental studies of the reinforcement percentage effect on the modulus of soil deformation fixed by cementation [Eksperimental'nye issledovaniia vliianiia protsenta armirovaniia na modul' deformatsii grunta, fiksiruemyi tsementatsie]. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/913/2/022065

15. Polukhina A.V., Iuzupovichus A.A., Khamidullina N.V. Effektivnost' proektirovaniia mostov s pomoshch'iu parametricheskogo dizaina [Efficiency of designing bridges using parametric design]. *Innovatsionnye tekhnologii v stroitel'stve i upravlenie tekhnicheskim sostoianiem infrastruktury*, Rostov-na-Donu: RGUPS, 2021, pp. 191-194.

16. Chirkov V.P. Otsenka srokov sluzhby zashchitnogo sloia betona [Evaluation of the service life of the protective layer of concrete]. *Sbornik trudov KhIT, Khar'kov*, 1993, no. 21.

17. Yashchuk M., Smerdov D. Reinforced Concrete Elements Strengthened by Pre-stressed Fibre-reinforced Polymer (FRP). *Transportation Research Procedia*, 2021, Vol. 54, pp. 157-165. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.060.

18. Zhai W., Han Z., Chen Z., Ling L. Train-track-bridge dynamic interaction: a state-of-the art review. *International journal of vehicle mechanics and mobility*, 2019, Vol. 57, pp. 984-1027.

#### Сведения об авторе

**Хамидуллина Наталья Викторовна** (Ростов-на-Дону, Российская Федерация) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог» Ростовского государственного университета путей сообщения (Российская Федерация, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, e-mail: natasha19720701@mail.ru).

#### About the author

**Natalya V. Khamidullina** (Rostov-on-Don, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Research, Design and Construction of Railways, Rostov State University of Communications (2, Square of the Rostov Rifle Regiment of the People's Militia, Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation, e-mail: natasha19720701@mail.ru).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад автора** 100 %.

Поступила: 15.05.2023

Одобрена: 27.05.2023

Принята к публикации: 19.06.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Хамидуллина, Н.В. Применение современных методик к обследованию мостовых сооружений / Н.В. Хамидуллина // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 3. – С. 33–41. DOI: 10.15593/24111678/2023.03.03

Please cite this article in English as: Khamidullina N.V. Application of modern techniques to the inspection of bridge structures. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2023, no. 3, pp. 33–41. DOI: 10.15593/24111678/2023.03.03