

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научная статья

УДК 626/627:551.583

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-200-218

Диагностика мостовых переездов на малых реках и мелиоративных системах с учетом угрозы внезапного паводка на юге России

Михаил Александрович Бандурин¹, Виктор Алексеевич Волосухин²,
Игорь Александрович Приходько³, Артем Анатольевич Руденко⁴

^{1, 2, 3, 4}Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина,
Краснодар, Российская Федерация

¹chepura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>

²director@ibgts.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9029-7802>

³prihodkoigor2012@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>

⁴away704@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8724-6980>

Аннотация. Цель: исследование особенности проведения диагностики мостовых переездов на малых реках и мелиоративных системах для повышения технической эффективности их функционирования при залповых ливнях. **Материалы и методы.** Климатические изменения на юге России происходят в сторону возрастания осадков, а именно катастрофических ливней, ведущих к затоплению как горных, так и равнинных территорий (Невинномысск, 2002 г.; Новороссийск, 2002 г.; Крымск, 2012 г.; Сочи, 2022 г.). Исследование выполнено в апреле 2022 г. на примере мостового переезда через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края. Малые реки юга России не расчищаются должным образом, скапливается мусор, ветки, целые деревья, русла малых рек практически на всем протяжении захламлены. При возникновении залповых ливней уровень малых рек мгновенно поднимается, почва ничего уже не впитывает, возрастает скорость течения, река превращается в селевой поток и на мостовых переездах начинают образовываться заторы. **Результаты.** Установлено, что мостовой переезд начинает работать как напорная плотина, выше по течению образуются подпоры, подтопления, своеобразные баррикады, ведущие к нанесению большого ущерба и, самое страшное, человеческим жертвам. Мостовые переезды на малых реках и мелиоративных системах в связи с возросшими техногенными нагрузками теряют эксплуатационный ресурс. Из-за возрастающего развития сельских территорий на юге России, увеличения веса современного автомобильного транспорта и сельскохозяйственной техники и объема транспортных средств, движущихся по данному железобетонному гидротехническому сооружению, возникает техническая проблема соответствия эксплуатационным требованиям. **Выводы.** В ходе проведенного обследования выявлены множественные отклонения от требований действующей нормативной документации и проекта. По совокупности признаков эксплуатация возведенных гидротехнических сооружений без применения компенсационных мероприятий невозможна.

Ключевые слова: мостовые переезды, малые реки, мелиоративные системы, диагностика, внезапные паводки, климатические изменения

Финансирование: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-17-20001.

Для цитирования: Диагностика мостовых переездов на малых реках и мелиоративных системах с учетом угрозы внезапного паводка на юге России / М. А. Бандурин, В. А. Волосухин, И. А. Приходько, А. А. Руденко // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 200–218. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-200-218>.

HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Diagnostics of bridge crossings on small rivers and reclamation systems with regard to the threat of flash flood in the south of Russia

**Mikhail A. Bandurin¹, Viktor A. Volosukhin², Igor A. Prikhodko³,
Artem A. Rudenko⁴**

^{1, 2, 3, 4}Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar,
Russian Federation

¹chepura@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0986-8848>

²director@ibgts.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9029-7802>

³prihodkoigor2012@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4855-0434>

⁴away704@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8724-6980>

Abstract. Purpose: to study the features of the diagnostics of bridge crossings on small rivers and reclamation systems to improve their technical efficiency operation during burst showers. **Materials and methods.** Climate changes in the south of Russia occur in the direction of increasing precipitation, namely, catastrophic downpours leading to flooding of both mountainous and flat territories (Nevinnomyssk 2002, Novorossiysk 2002, Krymsk 2012, Krymsk 2012, Sochi 2022). The studies were conducted in April 2022 on the example of bridge crossing over the river Ubin in stanitsa Azovskaya Krasnodar Territory. The small rivers of the south of Russia are not cleared properly, garbage accumulates, branches, whole trees, the channels of small rivers are littered almost all over. When burst showers occur, the level of small rivers instantly rises, the soil no longer absorbs anything, the flow rate increases, the river turns into a mudflow, and the jams begin to be formed at bridge crossings. **Results.** It has been determined that the bridge crossing begins to work as a pressure dam, in the upstream, backwater flooding, a kind of barricades are formed, leading to great damage and what is the worst, the loss of life. The bridge crossings on small rivers and reclamation systems lose their operation life due to increased technogenic loads. In connection with the increasing development of rural areas in the south of Russia, the increase in the amount of modern road transport and agricultural machinery and the number of vehicles moving along this reinforced concrete hydraulic structure, a technical problem to meet operational requirements arises. **Conclusions.** In the course of the survey, multiple deviations from the requirements of the current regulatory documentation and the project were revealed. Based on the combination of features, the operation of the erected hydraulic structures without the use of compensatory measures is impossible.

Key words: bridge crossings, small rivers, reclamation systems, diagnostics, flash floods, climate change

Funding: the study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation № 22-17-20001.

For citation: Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Prikhodko I. A., Rudenko A. A. Diagnostics of bridge crossings on small rivers and reclamation systems with regard to the threat of flash flood in the south of Russia. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(1):200–218. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-200-218>.

Введение. Мостовые проезды на малых реках и мелиоративных системах являются одними из самых комплексных и ответственных гидротехнических сооружений транспортной сети, влияют на эффективность ра-

боты автотранспорта, связывают два берега, с одного на другой движется личный автотранспорт, рейсовые автобусы соединяют населенные пункты, школьные автобусы везут каждый день детей в школу и обратно, движется сельскохозяйственная техника, отвечающая за гарантированный урожай и продовольственную безопасность нашей страны. Поддержание мостовых переходов в исправном техническом состоянии является одной из главных задач по стандартной поддержке и надежной эксплуатации, большинство данных гидротехнических сооружений были введены в эксплуатацию более 40 лет назад. За почти полувековой период времени многие объекты потеряли свою техническую надежность, снижение составляет от 5 до 15 % от исходного расчетного состояния [1]. За это время изменились и климатические условия, климат из года в год становится более субтропическим, умеренный пояс отступает на север, что ведет к возрастающим сезонным ливневым ливням, являющимся угрозой ливневых паводков, это не отвечает современным эксплуатационным требованиям федеральных и тем более региональных дорожных трасс [2].

В настоящее время многие мостовые переходы на малых реках и мелиоративных системах в связи возросшими техногенными нагрузками теряют эксплуатационный ресурс, ведь они являются наиболее распространенными искусственными сооружениями на дорогах. В связи с возрастающим развитием сельских территорий на юге России, из года в год увеличением веса современного автомобильного транспорта и сельскохозяйственной техники и ростом объема транспортных средств, движущихся по данному железобетонному гидротехническому сооружению, возникает техническая проблема соответствия эксплуатационным требованиям. Так, сейчас уже многие мостовые переходы на малых реках и мелиоративных системах не могут обеспечить нужную грузоподъемность и условия проезда автотранспорта [3]. Такие негативные техногенные факторы отрицательно влия-

яют на благополучие сельских территорий, а именно сдерживают их в развитии и могут в дальнейшем привести к чрезвычайным ситуациям [4].

Большинство сельских поселений на юге России находятся в шаговой доступности друг от друга, а во многих случаях сливаются в одну агломерацию, но разделены между собой, как правило, малыми реками, мелиоративными сооружениями или другими водными объектами. Как сложилось исторически, в самом крупном населенном пункте располагаются образовательные учреждения (дошкольные ясли-сад, начальная школа и т. д.), органы местного самоуправления (глава сельской администрации и т. д.), места торговли и бытового обслуживания (магазины, аптеки и т. д.), а в малых населенных пунктах ничего этого нет или присутствует в зачаточном состоянии. Первой преградой между сельскими поселениями на юге России становятся малые реки и мелиоративные системы, а мостовые переезды через них являются одним из важнейших стратегических средств коммуникации между ними [5].

Актуальность исследования состоит в том, что в настоящее время государство в первую очередь обращает свой взор на ремонт и обслуживание большепролетных мостов, расположенных на автомобильных дорогах федерального назначения. Ведь дороги – это артерии, которые питают большой организм нашей страны товарами и услугами. На содержание федеральных дорог и идут деньги из государственного бюджета в первую очередь, но дороги районного значения и межпоселковые тоже важны. По ним каждый день проезжают школьные автобусы, собирающие учеников из близлежащих малых населенных пунктов. Происходит недофинансирование содержания таких важных объектов из года в год, отсюда, как следствие, отсутствие должного технического обслуживания, и мостовые переезды на малых реках и мелиоративных системах приходят в непригодное для технической эксплуатации состояние, приводящее к утрате связи

между сельскими населенными пунктами или, что более ужасно, человеческим жертвам при обрушении мостовых переездов [6].

Целью исследования является диагностика мостовых переездов, определение фактического на данный момент технического состояния несущих строительных конструкций мостового переезда для оценки возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации, а также выявление непригодного технического состояния мостовых переездов на малых реках и мелиоративных системах, угрожающего благополучию сельских территорий.

Исследование выполнено в апреле 2022 г. на примере мостового переезда через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края (рисунок 1).



a – общее техническое состояние железобетонных конструкций; *b* – техническое состояние быков и колонн; *c* – техническое состояние ригелей и плит перекрытия
a – general technical condition of reinforced concrete structures; *b* – technical condition of abutments and columns; *c* – technical condition of crossbars and floor slabs

Рисунок 1 – Мостовой переезд через р. Убин (фото А. А. Руденко)
Figure 1 – Bridge over the river Ubin (photo by A. A. Rudenko)

Выполненная диагностика технического состояния обследуемого мостового переезда включала в себя проведение визуального обследования и в наиболее опасных местах обследование уже приборами неразрушающего контроля. Был выполнен детальный внешний осмотр железобетонных конструкций мостового переезда с постоянным фиксированием обнаруженных визуальных дефектов и повреждений на цифровую камеру согласно указанным требованиям (В. Д. Гостищев, Р. Ю. Сахаров, А. А. Кузьмичев, 2012) [7]. В дальнейшем воспользовались методами неразрушаю-

щего контроля при оценке технического состояния особенно скрытых элементов конструкций, например фундаментов.

Рассматриваемый мостовой переезд через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края является стратегическим объектом сообщения со ст. Убинской, так как дорога одна и вывод из эксплуатации данного мостового переезда приведет к транспортному коллапсу.

Ежегодно через данный мостовой переезд совершает движение сельскохозяйственная техника, школьный автобус и аварийные службы. Школьный автобус связывает ближайшие населенные пункты со средней общеобразовательной школой – гимназией № 1. Несущими конструктивными элементами мостового переезда являются быки, колонны и ригели. В нашем мостовом переезде выраженных быков нет, вертикальные элементы представлены в виде колонн. Вертикальные конструктивные элементы рассмотрим в исследовании как береговые, именно устои и промежуточные быки в виде колонн [8].

Проезжая часть мостового переезда включает в себя ригели балки, опертые на поперечные балки мостового полотна, опирающиеся на колонны, и плиты перекрытия, воспринимающие статическую и динамическую временную нагрузку от движущегося автомобильного транспорта. При диагностике мостовых переездов в формате визуального обследования технического состояния были выявлены дефекты и повреждения, проведена классификация опасных вариантов, которые негативно влияют на эксплуатацию мостового переезда, а именно: трещины за пределами допустимого размера, разрушение фундаментов, оголение арматуры, сколы и деформация фундамента мостового переезда, продольные и поперечные трещины на колоннах. Такие дефекты вызваны постоянными нагрузками от автодорожного транспорта и отсутствием технического обслуживания данного мостового переезда. Опасные дефекты и повреждения, оставленные без внимания службой эксплуатации, приведут к выходу из строя как всего мосто-

вого переезда, так и отдельных его конструктивных элементов, что чревато нарушением транспортного сообщения между сельскими территориями [9].

На рассмотренном примере обследования мостового переезда через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края установлена необходимость постоянной диагностики, именно организации технического обслуживания данных гидротехнических сооружений, в т. ч. и ремонта. Итоги данного исследования включают понимание того, что мостовые переезды на малых реках и мелиоративных системах немаловажны для благополучия сельских территорий, своевременного их экономического развития и улучшения транспортной коммуникации между малыми отдаленными населенными пунктами, где мостовой переезд является единственным окном для экономического и социального взаимодействия с внешним миром. Потеря такого гидротехнического сооружения лишает сельские населенные территории взаимодействия друг с другом, а также с крупными городскими поселениями, входящими в агломерации.

Материал и методы. Инструментальное обследование гидротехнического сооружения – мостового переезда через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края выполнено в апреле 2022 г. Проведены работы по определению прочностных характеристик бетона и армирования железобетонных конструкций.

Также произведены геодезические работы по определению вертикальности несущих конструкций мостового переезда. При выполнении обследования использовались следующие приборы неразрушающего контроля [10]: ПОС-60МГ4.ОД2, «Пульсар-2.2», «Поиск-М», электронный тахеометр Sokkia CX-105.

Работы по оценке остаточной прочности бетона конструкций гидротехнических сооружений мостовых переездов на малых реках и мелиоративных системах выполнялись путем размещения специальных датчиков-концентраторов прибора с одной стороны исследуемой поверхности,

а именно поверхностным профилированием как обследуемых элементов, так и всего объекта в целом. Поверхность бетона при установке датчиков-концентраторов может иметь шероховатость, сколы, неровности.

Результаты и обсуждение. При проведении визуального обследования мостового переезда через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края устанавливались видимые дефекты и повреждения, выполнялись контрольные обмеры, зарисовки и фотофиксация дефектных участков на цифровую камеру, составлялись необходимые рабочие схемы мостовых переездов.

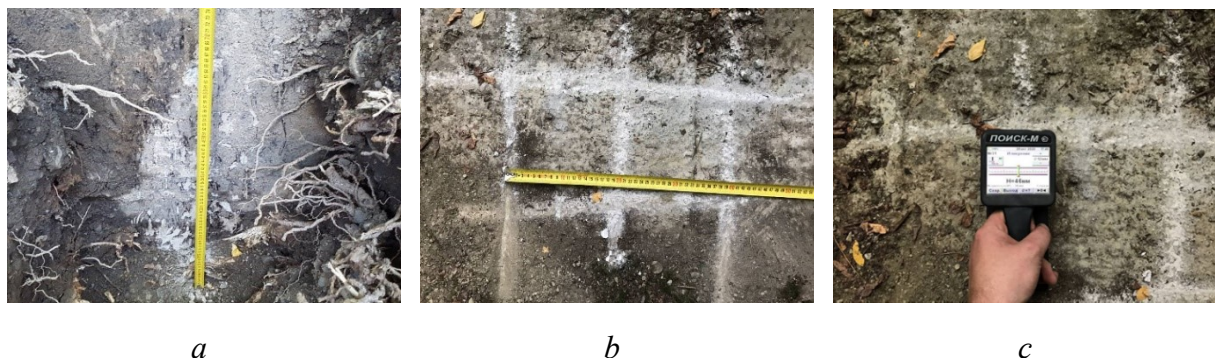
Выполнен визуальный осмотр следующих конструкций гидротехнических сооружений: фундамент, колонны, ригели, плиты перекрытия.

При проведении визуального обследования мостового переезда через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края обращалось внимание на наличие следующих дефектов и повреждений в существующих конструкциях гидротехнических сооружений [11]: деформации элементов или конструкций мостового переезда в целом; нарушение геометрических размеров сечений элементов или конструкций мостового переезда; механические повреждения, трещины различного характера; коррозионное разрушение бетона; повреждения железобетонных конструкций мостового переезда; коррозионное повреждение металлических конструкций мостового переезда.

Обмерные работы проводились с помощью измерительного инструмента: лазерная рулетка Leica DISTO D510 и мерные линейки (рулетки) [12]. Были произведены выборочные обмерные работы конструкций гидротехнических сооружений на предмет определения геометрических характеристик мостового переезда.

В ходе визуального обследования мостового переезда через р. Убин в ст. Азовской Краснодарского края установлено армирование несущих железобетонных конструкций, включая шаг арматурных стержней, их диаметр и величину защитного слоя бетона. Были выявлены дефекты и повреждения несущих железобетонных элементов мостового переезда, со-

ставлялись необходимые рабочие схемы [13]. В ходе обследования фундаментов были выявлены дефекты и повреждения (рисунок 2).



a – техническое состояние ростверка фундамента; *b* – определение шага вертикальных стержней арматуры шага вертикальных стержней арматуры; *c* – определение величины защитного слоя бетона

a – technical condition of the foundation mat; *b* – determination of the pitch of vertical reinforcement bars; *c* – determination of the value of the protective layer of concrete

**Рисунок 2 – Обследование фундамента мостового
переезда через р. Убин (фото А. А. Руденко)**

**Figure 2 – Inspection of the foundation of the bridge crossing
over the river Ubin (photo by A. A. Rudenko)**

В рассматриваемом варианте проведения обследования в качестве проектных нагрузок были использованы нагрузки серии А11 (в настоящее время возводятся мостовые сооружения под проектную нагрузку серии А14) и НК-80.

В эксплуатации находятся еще мостовые переезды, запроектированные и построенные с учетом воздействия автомобильного транспорта общей массой более 8,5 т. Такие мостовые переезды нуждаются в реконструкции для усиления эксплуатационных нагрузок, в настоящее время уже более 40 % их подверглись техническому перевооружению для увеличения пропускной нагрузки или реконструкции, около 35 % требуют незамедлительного ремонта, так как могут разрушиться как полностью, так и частично, что может привести к чрезвычайной ситуации (таблица 1).

Сейчас на автомобильных дорогах юга России районного подчинения в эксплуатации находятся мостовые переезды, запроектированные и

введенные в эксплуатацию по старым нормативным документам, когда автомобильный транспорт был меньшего размера, чем в настоящее время. Сельскохозяйственная техника увеличивается в размерах и становится все тяжелее из года в год, если нагрузка серии Н-30 соизмерима с современной серией А11, то о строительных нагрузках серий Н-18 и Н-13 (1953 г.) такого говорить не приходится [14].

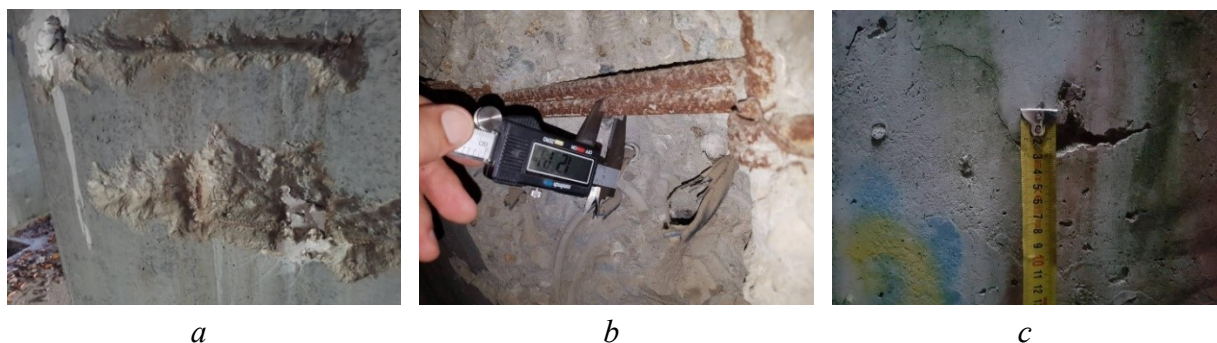
Таблица 1 – Фрагмент сводных данных о прочности свай

Table 1 – Fragment of summary data on the pile strength

P , кН	R , МПа	Тип анкера	P_k , кН	R_k , МПа	dh , мм	Класс бетона
39,33	35,4	24×48	44,36	39,9	2,8	B30
39,8	35,82		43,72	39,4	2,2	B30
29,92	26,93		33,9	30,5	2,9	B22,5
37,61	33,48		41,23	37,85	5	B30
Примечания P – усилие вырыва фрагмента бетона (контрольное усилие), кН. R – прочность бетона, МПа. Тип анкера – размер Ø24×48 мм используется в случае, если ориентировочная прочность бетона в конструкции 5–100 МПа. P_k – сила скалывания бетона (разрушающая сила), кН. R_k – прочность бетона при разрушающем усилии, МПа. dh – диаметр армирования, мм.						

В ходе обследования колонн мостового переезда было установлено (рисунок 3), что армирование их выполнено арматурными стержнями класса А-III диаметром 18 мм, шагом 140 мм. Обнаружены выпуски арматуры, установленные в монтажное положение, предположительно при помощи химических анкеров, их вид не установлен.

Выполнена проверка армирования колонн мостового переезда. В ходе проведения обследования установлено, что конструкция армирована арматурными стержнями класса А-III. Верхний пояс армирован стержнями диаметром 12 мм, шаг горизонтальных стержней 260 мм, шаг вертикальных стержней 310 мм (результаты получены согласно показаниям прибора «Поиск-М»). Нижний пояс перекрытия армирован сеткой стержней диаметром 10 мм с шагом 150×150 мм. Величина защитного слоя бетона колонн мостового переезда в верхней зоне составляет порядка 40 мм, в нижней зоне 17 мм.



a – общий вид шага горизонтальных стержней арматуры; *b* – определение диаметра горизонтальных стержней арматуры; *c* – каверны и пустоты в теле бетона
a – general view of the pitch of horizontal reinforcement bars; *b* – determining the diameter of horizontal reinforcement bars; *c* – cavities and voids in the body of concrete

**Рисунок 3 – Обследования колонн мостового
переезда через р. Убин (фото А. А. Руденко)**
**Figure 3 – Inspection of the columns of the bridge crossing
over the river Ubin (photo by A. A. Rudenko)**

Армирование колонн мостового переезда выполнено с отклонениями от требований проекта. В результате визуального обследования железобетонных колонн мостового переезда обнаружены дефекты и повреждения [15]: каверны и пустоты в теле бетона, трещины, коррозия арматуры, намокание плиты перекрытия, образование грибковой плесени.

Были проведены испытания приборами неразрушающего контроля [16]. Результаты ультразвуковых испытаний записываются в память прибора. Прибор автоматически обрабатывает результаты измерений по универсальной зависимости и высвечивает на своем табло измеренную (на исследуемом локальном участке) прочность обследуемого материала и среднее значение прочности всего участка. Через инфракрасный канал связи электронного блока прибора осуществляется передача информации в компьютер (таблица 2).

На основании выполненных измерений были получены данные для построения градуировочной зависимости (таблица 3).

По полученным данным таблицы 3 была найдена зависимость прочности бетона от прохождения скорости ультразвука: $Y = 0,0195x - 33,546$. Она устанавливает зависимость для нахождения прочности бетона.

Таблица 2 – Фрагмент сводных данных о прочности колонн

Table 2 – Fragment of summary data on the column strength

Средняя прочность бетона на сжатие по результатам испытаний R_k , МПа (по 10 замерам)	Коэффициент требуемой прочности K_t	Класс бетона В
34,64	1,28	25
33,52		
33,97		
33,22		
29,09		22,5

Таблица 3 – Данные для построения градуировочной зависимости

Table 3 – Data for constructing a calibration dependence

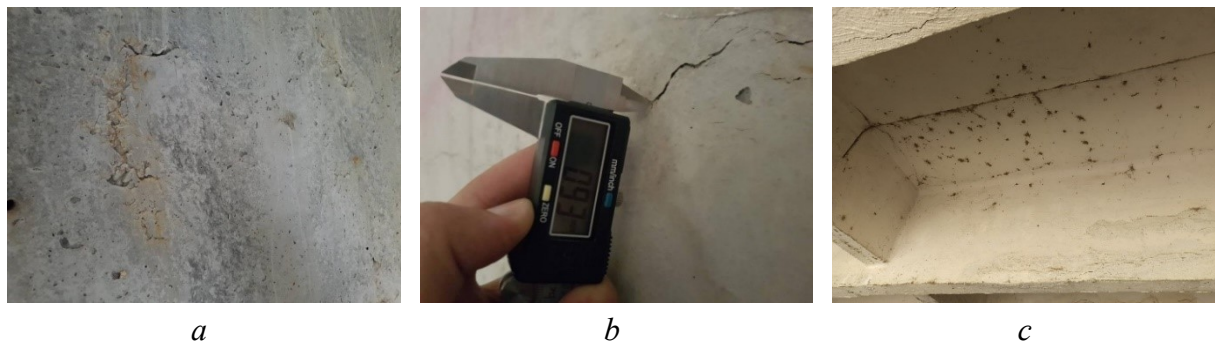
Скорость ультразвука, м/с	Прочность бетона, МПа
3671	34,64
3574	33,52
3791	33,97
3359	33,22
3287	29,09

Степень повреждения и категории технического состояния плит перекрытий мостового проезда оценивались согласно нормативным требованиям [17] на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых параметров со значениями этих же параметров, установленными в проекте, и (или) требованиями действующих нормативных документов (рисунок 4).

В результате инструментального обследования фундаментной плиты были получены данные, позволяющие определить прочность материала монолитных конструкций и глубину раскрытия трещин. Класс бетона фундаментной плиты соответствует классу В15. Средняя глубина раскрытия трещин – 138 мм, что составляет 67,5 % от всей толщины плиты.

Глубина раскрытия трещин в железобетонных плитах перекрытий мостового проезда определялась ультразвуковым методом при помощи прибора «Пульсар-2.1». Согласно выполненным обследованиям намечен комплекс работ по расчистке реки от заиления и восстановлению ее работоспособности. Предусмотренные проектом ремонтно-восстановительные работы по расчистке русла реки и ремонту автодорожного мостового пере-

езда не окажут негативного воздействия на окружающую природную среду и будут проводиться вне населенных пунктов в холодный период года, нанесение вреда животному миру не ожидается [1].



a – каверны и пустоты в теле бетона плиты перекрытия; *b* – определение раскрытия трещин в теле бетона плиты перекрытия; *c* – образование ржавых потеков в результате нарушения защитного слоя плиты перекрытия и трещин шириной раскрытия 1,2 мм на плитах перекрытия

a – cavities and voids in the concrete body of the floor slab; *b* – determination of crack opening in the concrete body of the floor slab; *c* – the formation of rusty streaks as a result of violation of the protective layer of the floor slab and cracks with an opening width of 1.2 mm on the floor slabs

**Рисунок 4 – Обследование плит перекрытий
мостового переезда через р. Убин (фото А. А. Руденко)**
**Figure 4 – Inspection of floor slabs of the bridge crossing
over the river Ubin (photo by A. A. Rudenko)**

Выводы. Большое значение имеет визуальное и инструментальное обследование конструкций мостовых переездов на малых реках и мелиоративных системах с составлением карт расположения обнаруженных дефектов. На период производства работ по ремонту железобетонных конструкций необходимо максимально ограничить движение транспорта по мостовому переезду или ввести ограничения по скорости транспортных средств с обязательным переносом движения за зону ремонтируемого участка.

В результате визуального и инструментального обследования строительных конструкций, а также поверочных расчетов железобетонной конструкции мостового переезда, обработки и обобщения полученных данных были выявлены дефекты и повреждения, которые снижают эксплуатационные характеристики гидротехнического сооружения.

В результате инструментального обследования мостового переезда была установлена прочность бетона фундамента, а также глубина раскрытия трещин. Прочность бетона фундамента соответствует значению В15, а раскрытие трещин 1–7 мм.

В результате обработки полученных в ходе обследования данных общее техническое состояние железобетонного фундамента мостового переезда в целом оценивается как ограниченно работоспособное. Такое техническое состояние объясняется тем, что в ходе обследования были выявлены дефекты и повреждения, приведшие к некоторому снижению их расчетного срока службы без проведения ремонтно-восстановительных мероприятий. Функционирование конструкций возможно при контроле их состояния. Вероятной причиной появления дефектов, которые привели к текущему состоянию, является отсутствие профилактических ремонтов, что вызвало частичное вымывание.

В целом состояние несущих конструкций мостового переезда оценивается как ограниченно работоспособное. Имеются дефекты, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или полного разрушения. Функционирование конструкций и эксплуатация мостового переезда возможны либо при мониторинге технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и последующем мониторинге технического состояния.

Отдельные элементы характеризуются: фундамент – работоспособное техническое состояние, колонны – ограниченно работоспособное техническое состояние, плиты перекрытия – ограниченно работоспособное техническое состояние.

Обнаружены каверны и пустоты в теле бетона колонн, что можно объяснить низким качеством выполнения работ по укладке бетонной смеси в опалубку. Шаг поперечной арматуры (хомутов) в приопорной зоне ко-

лонн и сердечников не соответствует требованиям проектной документации (проектом предусмотрен шаг поперечной арматуры, равный 100 мм). Величина защитного слоя сердечника по продольным осям составляет 5 мм, что не соответствует требованиям.

Отклонение грани колонны, расположенной на пересечении осей 4, Б, от вертикали превышает допустимые значения и составляет более 15 мм, что не соответствует требованиям СП 70.13330.2012 (п. 5.18, таблица 5.12). Выступ колонн в плане на осях 1-2, В-Г составляет 2 м, что не соответствует требованиям СП 14.13330.2018 (п. 6.14.10, таблица 6.3). Отклонение грани колонны, расположенной по оси Е, от вертикали не соответствует требованиям СП 70.13330.2012 (п. 9.18.5, таблица 9.8).

Установлено, что шаг поперечного армирования ригеля (ригель по оси Б, на осях 4-5) в приопорной зоне не соответствует требованиям проектной документации. Обнаружены участки с кавернами и пустотами в теле бетона колонны, что можно объяснить низким качеством выполнения работ по укладке бетонной смеси в опалубку.

Продольное армирование плит перекрытий выполнено с применением различной арматуры, что не соответствует требованиям проектной документации.

Фактическая прочность бетона отдельных элементов конструкций мостового переезда составляет: фундамент – В25, колонны – В15, плиты перекрытия – В20.

В целом выявлены множественные отклонения от требований действующей нормативной документации и проекта. По совокупности признаков эксплуатация возведенных строительных конструкций без применения компенсационных мероприятий невозможна. Продолжение эксплуатации мостового переезда с использованием ранее выполненных конструктивных решений без приведения их в нормативное состояние может привести к появлению и развитию деформаций и повреждений.

В результате было установлено, что мостовой переезд находится в работоспособном состоянии, рекомендуется провести оговоренные мероприятия и при разработке рабочей документации предусмотреть ремонтные работы.

Список источников

1. Белогай С. Г., Волосухин Я. В., Бандурин М. А. Мониторинг технического состояния и продление жизненного цикла мостовых переездов на каналах. Ставрополь: Ин-т безопасности гидротехн. сооружений, 2011. 273 с.
2. Основные принципы и методы эксплуатации магистральных каналов и сооружений на них / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Ю. М. Косиченко, Д. В. Бакланова, А. В. Акопян, Ю. Е. Домашенко, Т. П. Андреева, В. Л. Бондаренко, С. А. Селицкий, Е. Д. Хецуриани, Е. И. Шкуланов, Р. Е. Юркова, О. В. Воеводин, М. В. Власов, А. Л. Кожанов, О. А. Баев, А. М. Кореновский, Н. А. Антонова, М. А. Ляшков, Л. Р. Нозадзе. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. 361 с.
3. Эффективное техническое обслуживание сопрягающих сооружений магистральных каналов: науч. обзор / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, Ю. Ф. Снопич, П. В. Калинин, Н. А. Антонова, М. А. Ляшков. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. 45 с.
4. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю. Оценка комплексной реконструкции и модернизации оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 2. С. 6–11. DOI: 10.32962/0235-2524-2021-2-6-11.
5. Колганов А. В., Баев О. А., Бакланова Д. В. Результаты натурных исследований магистрального канала в Республике Калмыкия // Природообустройство. 2022. № 3. С. 108–114. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114.
6. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. Vol. 96, № 5. P. 1253–1265.
7. Гостищев В. Д., Сахаров Р. Ю., Кузьмичев А. А. Современный подход к государственному мониторингу поверхностных водных объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2012. № 1(5). С. 157–165. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=562> (дата обращения: 01.09.2022).
8. Бандурин М. А. Совершенствование методов проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2013. № 1(09). С. 68–79. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=625> (дата обращения: 01.09.2022).
9. Волосухин В. А., Бандурин М. А. Проблемные вопросы реализации мониторинга водопользования на юге России в условиях роста техногенных нагрузок и климатических изменений // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. № 2-1(24). С. 113–123.
10. Мониторинг деформаций мостовых опор и проблемы экологически рационального проектирования мостовых сооружений / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, А. К. Аншваев, И. Р. Гасанов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2022. № 3. С. 60–69. DOI: 10.15593/24111678/2022.03.07.
11. Olgarenko V. I., Tkachev A. A., Olgarenko V. Ig. Numerical study of the base setting of the non-pressure pipe during the water pipeline construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698, iss. 2. 022061. DOI: 10.1088/1757-899X/698/2/022061.

12. Ткачев А. А., Ольгаренко И. В. Современные проблемы в управлении водораспределением в магистральных каналах оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 2. С. 1–23. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1192> (дата обращения: 01.09.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-1-23.

13. Shevchenko V. A., Isaeva S. D., Dedova E. B. Geosystem approach to using surface and groundwater in agricultural water supply // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 867. International Symposium “Earth sciences: history, contemporary issues and prospects” 10 March 2021, Moscow, Russian Federation. 2021. 012071. DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012071.

14. Olgarenko V. I., Olgarenko G. V., Olgarenko I. V. A method of integral efficiency evaluation of water use on irrigation systems // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018: Conference proceedings, Albena, Bulgaria, 2–8 July, 2018. 2018. P. 3–10. DOI: 10.5593/sgem2018/3.1/S12.001.

15. Тищенко А. И., Кузьмичев А. А., Пономаренко Т. С. Рациональное использование водных ресурсов Крыма для целей мелиорации // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 188–207. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=921> (дата обращения: 01.09.2022).

16. Численное моделирование состояния мостового переезда на внутрихозяйственном звене мелиоративной системы / Г. В. Дегтярев, Т. И. Сафронова, Р. Б. Гольдман, О. Г. Дегтярева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 85–103. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=972> (дата обращения: 01.09.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-85-103.

17. Ольгаренко В. И., Ольгаренко Г. В., Ольгаренко И. В. Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 6. С. 8–11.

References

1. Belogai S.G., Volosukhin Ya.V., Bandurin M.A., 2011. *Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya i prodlenie zhiznennogo tsikla mostovykh pereezdov na kanalakh* [Monitoring of the Technical Condition and Prolongation of the Life Cycle of Bridge Crossings on Canals]. Stavropol, Institute for the Safety of Hydraulic Structures, 273 p. (In Russian).

2. Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Kosichenko Yu.M., Baklanova D.V., Akopyan A.V., Domashenko Yu.E., Andreeva T.P., Bondarenko V.L., Selitsky S.A., Khetsuriani E.D., Shkulanov E.I., Yurkova R.E., Voevodin O.V., Vlasov M.V., Kozhanov A.L., Baev O.A., Korenovsky A.M., Antonova N.A., Lyashkov M.A., Nozadze L.R., 2015. *Osnovnye printsipy i metody ekspluatatsii magistral'nykh kanalov i sooruzheniy na nikh* [Basic Principles and Methods of Operation of Main Canals and Structures on Them]. Novocherkassk, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, 361 p. (In Russian).

3. Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., Snipich Yu.F., Kalinin P.V., Antonova N.A., Lyashkov M.A., 2014. *Effektivnoe tekhnicheskoe obsluzhivanie sopryagayushchikh sooruzheniy magistral'nykh kanalov: nauchnyy obzor* [Effective Maintenance of Connecting Structures of Main Canals: Scientific Review]. Novocherkassk, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, 45 p. (In Russian).

4. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., Garbuz A.Yu., 2021. *Otsenka kompleksnoy rekonstruktsii i modernizatsii orositel'nykh sistem* [Assessment of integrated reconstruction and modernization of irrigation systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 2, pp. 6-11, DOI: 10.32962/0235-2524-2021-2-6-11. (In Russian).

5. Kolganov A.V., Baev O.A., Baklanova D.V., 2022. *Rezultaty naturnykh issledovaniy magistral'nogo kanala v Respublike Kalmykiya* [Results of field studies of the main ca-

nal in the Republic of Kalmykia]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 3, pp. 108-114, DOI: 10.26897/1997-6011-2022-3-108-114. (In Russian).

6. Yurchenko I.F., 2018. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 96, no. 5, pp. 1253-1265.

7. Gostishchev V.D., Sakharov R.Yu., Kuzmichev A.A., 2012. [Modern approach to state monitoring of surface water bodies]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(5), pp. 157-165, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=562> [accessed 01.09.2022]. (In Russian).

8. Bandurin M.A., 2013. [Improving the methods of carrying out operational monitoring and determining the residual resource of water supply facilities]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(09), pp. 68-79, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=625> [accessed 01.09.2022]. (In Russian).

9. Volosukhin V.A., Bandurin M.A., 2017. *Problemnye voprosy realizatsii monitoringa vodopol'zovaniya na yuge Rossii v usloviyakh rosta tekhnogennykh nagruzok i klimaticheskikh izmeneniy* [Problematic issues of implementation of monitoring of water use in southern Russia in conditions of growth of technogenic loads and climatic changes]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Don State Agrarian University], no. 2-1(24), pp. 113-123. (In Russian).

10. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Anshvaev A.K., Gasanov I.R., 2022. *Monitoring deformatsiy mostovykh opor i problemy ekologicheskoi ratsional'nogo proektirovaniya mostovykh sooruzheniy* [Monitoring deformations of bridge supports and problems of sustainable design of bridge structures]. *Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya* [Transport. Transport Facilities. Ecology], no. 3, pp. 60-69, DOI: 10.15593/24111678/2022.03.07. (In Russian).

11. Olgarenko V.I., Tkachev A.A., Olgarenko V.I., 2019. Numerical study of the base setting of the non-pressure pipe during the water pipeline construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 698, iss. 2, 022061, DOI: 10.1088/1757-899X/698/2/022061.

12. Tkachev A.A., Olgarenko I.V., 2021. [Urgent problems of water distribution management in the main canals of irrigation systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, vol. 1, no. 2, pp. 1-23, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1192> [accessed 01.09.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-1-23. (In Russian).

13. Shevchenko V.A., Isaeva S.D., Dedova E.B., 2021. Geosystem approach to using surface and groundwater in agricultural water supply. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 867. International Symposium “Earth sciences: history, contemporary issues and prospects” 10 March 2021, Moscow, Russian Federation, 012071, DOI: 10.1088/1755-1315/867/1/012071.

14. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., 2018. A method of integral efficiency evaluation of water use on irrigation systems. 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018: Conference proceedings, Albena, Bulgaria, 2–8 July 2018, pp. 3-10, DOI: 10.5593/sgem2018/3.1/S12.001.

15. Tishchenko A.I., Kuzmichev A.A., Ponomarenko T.S., 2018. [Sustainable use of water resources of the Crimea for land reclamation purposes]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(29), pp. 188-207, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=921> [accessed 01.09.2022]. (In Russian).

16. Degtyarev G.V., Safronova T.I., Goldman R.B., Degtyareva O.G., 2019. [Computational modeling of bridge crossing state in intrafarm of reclamation system]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(34), pp. 85-103, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=972> [accessed 01.09.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-85-103. (In Russian).

17. Olgarenko V.I., Olgarenko G.V., Olgarenko I.V., 2013. *Kompleksnaya otsenka tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem* [Comprehensive assessment of the irrigation system technical level]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 6, pp. 8-11. (In Russian).

Информация об авторах

М. А. Бандурин – декан факультета гидромелиорации, доктор технических наук, доцент;
В. А. Волосухин – профессор кафедры сопротивления материалов, доктор технических наук, профессор;
И. А. Приходько – заведующий кафедрой строительства и эксплуатации водохозяйственных объектов, кандидат технических наук, доцент;
А. А. Руденко – аспирант.

Information about the authors

M. A. Bandurin – Dean of the Faculty of Hydroreclamation, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;
V. A. Volosukhin – Professor of the Department of Strength of Materials, Doctor of Technical Sciences, Professor;
I. A. Prihodko – Head of the Department of Construction and Operation of Water Management Facilities, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
A. A. Rudenko – Postgraduate Student.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.10.2022; одобрена после рецензирования 05.12.2022; принята к публикации 20.12.2022.

The article was submitted 19.10.2022; approved after reviewing 05.12.2022; accepted for publication 20.12.2022.