

УДК 624.21:626-1

**Б. А. Бондарев<sup>а</sup>, Т. К. Акчурина<sup>б</sup>, П. В. Борков<sup>в, з</sup>, А. Б. Бондарев<sup>а</sup>, В. К. Жидков<sup>д</sup>**

<sup>а</sup> *Липецкий государственный технический университет*

<sup>б</sup> *Волгоградский государственный технический университет*

<sup>в</sup> *Московский технологический институт*

<sup>з</sup> *РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина*

<sup>д</sup> *Тамбовский государственный технический университет*

## **ОЦЕНКА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТА В СОСТАВЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СООРУЖЕНИЯ**

В настоящей статье рассматривается проблема определения остаточного ресурса и несущей способности уникального мостового сооружения индивидуального проектирования в составе гидротехнического шлюза, а также возможность его эксплуатации в современных реалиях без капитального ремонта и реконструкции основных несущих конструкций. Целью исследования является определение текущего состояния основных несущих железобетонных конструкций мостового сооружения, определение физико-механических характеристик материалов и оценка транспортно-эксплуатационного состояния всего сооружения в целом.

**Ключевые слова:** мостовое сооружение, гидротехническое сооружение, дефект, категория технического состояния, расчет грузоподъемности.

### **Введение**

Для обеспечения надежной работы мостовых сооружений на автомобильных дорогах, в том числе мостов в составе гидротехнических сооружений<sup>1</sup>, необходимо производить обследование и/или диагностику сооружения с периодичностью один раз в десять лет, а для деревянных мостов — один раз в пять лет. Однако мостовые сооружения, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, до начала восстановительных работ следует обследовать ежегодно, а для уникальных и крайне ответственных сооружений, к которым, без сомнения, относятся мосты в составе гидротехнических сооружений, необходимо устанавливать постоянный мониторинг<sup>2</sup> [1—3].

*Цель* исследований заключается в определении несущей способности, возможности воспринимать современные нагрузки элементами и мостовым сооружением в целом, с установкой категоричности дефектов и поврежде-

<sup>1</sup> ЦП-628. Инструкция по содержанию искусственных сооружений. М. : МПС России, 1999.

Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования (взамен ВСН 24-88). М. : Информавтодор, 2004.

ВСН 4-81. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах. М. : Минавтодор РСФСР, 1981.

ОДМ 218.4.001—2008. Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах. М. : Росавтодор, 2008.

Руководство по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах. М. : Росавтодор, 2005.

<sup>2</sup> ОДМ 218.3.042—2014. Рекомендации по определению параметров и назначению категорий дефектов при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. М. : Росавтодор, 2015.

ОДМ 218.4.001—2008. Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах. М. : Росавтодор, 2008.

ний, и определении их влияния на грузоподъемность. Определение вышеназванных критериев необходимо для определения оставшегося ресурса сооружения и установки необходимости ремонтных мероприятий или реконструкции сооружения в целом.

### Материалы и методы

В 2024 г. были выполнены работы по обследованию технического состояния и расчету несущей способности железобетонных конструкций моста в составе шлюза. Особенности проведения подобного вида работ для мостов в составе гидротехнических сооружений уже были представлены ранее<sup>3</sup> [4—6]. Автомобильно-железнодорожный мост через нижние головы шлюза представляет собой неразрезную балочно-консольную конструкцию со статической схемой

$$(4 + 8,25) + (11,80 + 41,60 + 11,80) + 4,60 + \\ + (11,80 + 41,60 + 11,80) + (4 + 8,25) \text{ м.}$$

Полная длина моста составляет 159,70 м. Мост расположен на прямой в плане и продольном профиле и пересекает конструкцию шлюзов во втором и четвертом пролетах.

Общая ширина мостового полотна 11,19 м. Ширина проезжей части (расстояние между барьерными ограждениями безопасности) 8,65 м. Перильные ограждения в пролетах 2 и 4 чугунные, секционные, узорчатые, разделенные на отдельные секции железобетонными тумбами  $1,29 \times 0,51 \times 0,41$  м. В пролетах 1 и 5 и на подходах к сооружению перильным ограждением выступает железобетонный парапет ограждения безопасности, устроенный на краю консольной плиты главных балок пролетного строения с низовой и верховой сторон, высотой 1,29...1,30 м.

Водоотвод обеспечивается за счет продольных и поперечных уклонов через металлические водоотводные трубки, устроенные с фасадной стороны пролетного строения, к конструкциям массивных промежуточных опор и дальнейшим стоком по трубкам в реку.

Пролетные строения выполнены из монолитного железобетона, балочного типа. Пролетные строения в пролетах 1 и 5 состоят из пяти главных балок переменной высотой от 1,00 до 1,34 м. Толщина ребра 0,50 м. Толщина плиты проезжей части 0,30 м. Поперечная схема:

$$K2,10 + 2,0 + 2,0 + 2,0 + 2,0 + K0,85 \text{ м.}$$

Пролетные строения в пролетах 2—4 состоят из пяти главных балок высотой 2,80 м. Толщина ребра переменная, от 0,25 м в середине пролета до 0,80 м в приопорной зоне. Плита проезжей части толщиной 0,39 м. В районе промежуточных опор зона уширения (вут) переходит в плиту толщиной 0,30 м.

Береговые опоры (устои) массивные, монолитные, с фундаментом на естественном основании. Промежуточные опоры также являются массивными и выступают частью шлюзовых камер.

Общий вид моста приведен на рис. 1, общий вид проезжей части с начала моста представлен на рис. 2.

<sup>3</sup> Научно-технический отчет по результатам обследования технического состояния и расчета устойчивости железобетонных конструкций авто-железнодорожного моста через нижние головы Рыбинского шлюза в г. Рыбинске. Липецк : ЛипецкНИЦстройпроект, 2024. 525 с.



Рис. 1. Общий вид моста в составе шлюза с низовой стороны



Рис. 2. Пролеты 1—5. Проезжая часть. Общий вид с начала моста

На рис. 3 и 4 приведены ведомости дефектов, выявленных в ходе обследования конструкций моста. Фактическая прочность бетона в конструкциях была определена с использованием методов неразрушающего контроля, включая метод отрыва со скалыванием, метод упругого отскока, метод ударного импульса и ультразвуковой метод. Для нахождения требуемых величин были использованы стандарты ГОСТ 22690—2015, ГОСТ 17624—2012, МИ 2016—03, СТО 36554501-009—2007 и МДС 62-2.01. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1

*Определение прочности бетона элементов мостового сооружения  
 методом отрыва со скалыванием*

Элемент конструкции	Локализация	Прочность, МПа
Опора 3, торец	Низовая сторона, 1,21 м от асфальтобетонного покрытия; 0,39 м от торца	29,10
Пролет 2, главная балка 5	Зона опоры 3, между опорной частью и стеной помещения	36,27
Опора 4, торец	Низовая сторона, 1,38 м от асфальтобетонного покрытия; 0,24 м от торца	34,27
Пролет 4, главная балка 1	Фасад, криволинейный вут, зона опоры 4	35,98
Ребро жесткости 2, консольный пролет 4	6,5 м от опоры 4; 0,25 м от края конструкции	40,15

По результатам контроля прочности методами отрыва со скалыванием, упругого отскока и пластической деформации с обеспеченностью 95 % класс бетона составляет:

- для элементов опор:  
 массивных тел опор — В22,5—В30;  
 опорных частей — В27,5—В30;
- для элементов пролетных строений:  
 ребер главных балок — В27,5;
- для элементов ребер жесткости консольных пролетов:  
 основные несущие конструкции — В25—В30.

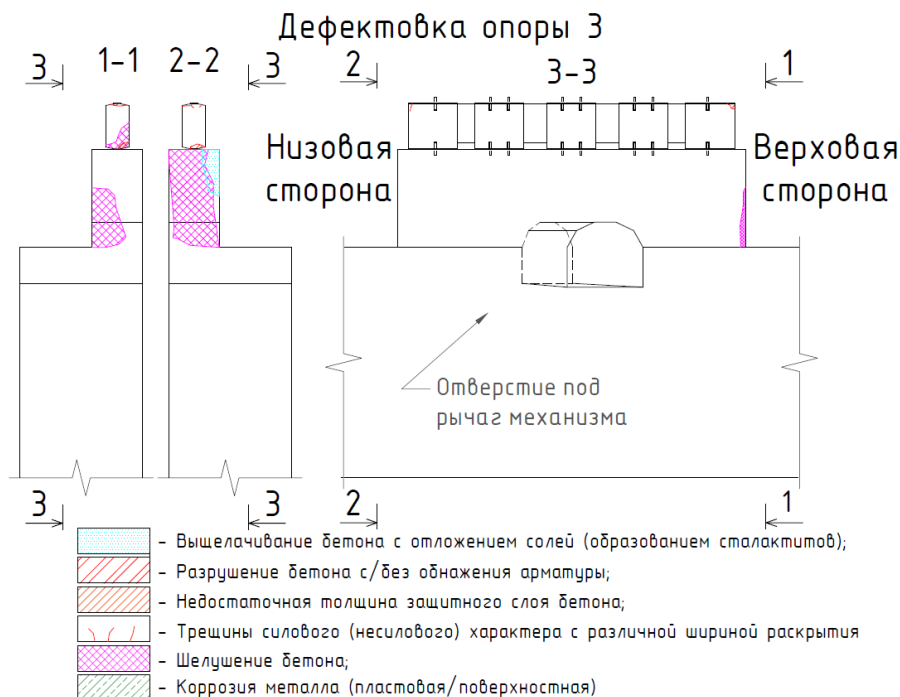


Рис. 3. Дефектовка промежуточной опоры с указанием точек проведения испытаний



Рис. 4. Дефектовка (развертка) пролетного строения с указанием точек проведения испытаний

Средняя величина защитного слоя бетона до рабочей арматуры в конструкциях опор составляет от 76...104 мм, что соответствует нормативным требованиям и проектной документации на строительство сооружения.

Средняя величина защитного слоя бетона до рабочей арматуры в конструкциях опорных частей составляет от 17,8...37,8 мм, что не соответствует как нормативным требованиям, так и требованиям проектной документации на строительство сооружения. Требуется восстановление защитного слоя арматуры.

Средняя величина защитного слоя бетона до рабочей арматуры в конструкциях главных балок составляет 22,9...78,0 мм, что незначительно ниже нормативных требований и ниже значений, указанных в проектной документации на строительство сооружения. Требуется частичное восстановление защитного слоя арматуры.

Глубина карбонизации в поверхностном слое бетона элементов пролетных строений составляет 5,76...6,79 мм, что говорит о частичном сохранении бетоном пассивирующей способности.

Глубина карбонизации защитного слоя бетона опор составляет 5,87...8,68 мм, что говорит о частичном сохранении бетоном пассивирующей способности.

Глубина карбонизации защитного слоя бетона опорных частей составляет 3,24 мм, что говорит о сохранении бетоном пассивирующей способности.

Водонепроницаемость бетона для проб № 1 и 2, оцениваемая по Приложению Е СП 28.13330.2017, соответствует марке W4, что не соответствует проектной документации на строительство сооружения.

Водонепроницаемость пробы № 3 ( $W = 8,51 \%$ ) соответствует марке W0 (водопроницаемый), что не соответствует проектной документации на строительство сооружения.

Водопоглощение бетона для проб № 1 и 2 составляет 5,6 %.

Водопоглощение бетона пробы № 3 составляет 7,3 %.

Морозостойкость бетона для образцов № 1 и 2 неоднородна и соответствует:

F<sub>1</sub>200 — для образца № 1;

F<sub>1</sub>100 — для образца № 2.

Невысокие значения морозостойкости бетона обусловлены длительной эксплуатацией бетона конструкции (более 80 лет).

Морозостойкость бетона для партии образцов соответствует марке F<sub>1</sub>100 по ГОСТ 10060—2012, что соответствует как нормативным требованиям (СП 35.13330.2011, табл. 7.5), так и требованиям нормативной документации.

Согласно результатам исследования, определение содержания хлоридов в бетоне следующее:

- проба № 1: опора 3, торец, 0,39 м от края конструкции, 1,21 м от покрытия тротуара — 0,03 %;
- проба № 2: зона опоры 3, главная балка 5, нижний пояс балки (монолитная плита), 0,10 м от стены, 0,10 м от опорной части — 0,25 %;
- проба № 3: пролет 3, консольный пролет 4, ребро 2, на расстоянии 6,5 м от опоры 4, 0,25 м от края — 0,04 %;
- проба № 4: опора 4, торец, низовая сторона, 0,24 м от края конструкции, 1,38 м от покрытия тротуара — 0,11 %;
- проба № 5: опора 4, опорная часть, низовая сторона, торец — 0,17 %;
- проба № 6: зона опоры 4, главная балка 1, фасад, криволинейный вут, 0,15 м от стены, между опорной частью и стеной — 0,35 %.

Согласно СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» (табл. Г.2) и европейским нормам EN 206, максимально допустимое количество хлоридов в бетоне железобетонных конструкций не должно превышать 0,4 % массы цемента, а в бетоне предварительно напряженных железобетонных конструкций — 0,1 %, что говорит о превышении содержания хлоридов в конструкциях главных балок.

Согласно табл. 6.11 СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и табл. 7.11 СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы», модуль упругости бетона принимается:

- для главных балок —  $30 \cdot 10^{-3}$  МПа;
- для опор —  $27,5 \cdot 10^{-3}$  МПа;
- для опорных частей —  $32,5 \cdot 10^{-3}$  МПа.

Степень коррозионного повреждения бетонных конструкций определяется наличием дефектов и повреждений, выявленных на элементах, а также степенью карбонизации (п. 3) и содержанием хлоридов в бетоне (п. 7). Таким образом, исходя из наличия дефектов и повреждений, указанных в ведомости дефектов (Прил. 3), а также из результатов испытания материалов, можно сделать вывод о том, что бетон, применяемый в конструкциях мостового сооружения, находится в удовлетворительном состоянии.

Для определения остаточного ресурса и износа мостового сооружения решается многопараметрическая задача, в которой устанавливаются показатели

долговечности, безопасности, ремонтпригодности и грузоподъемности сооружения [7—12].

Определение показателей основывается на результатах визуальной и инструментальной диагностики и обследования элементов мостового сооружения с фотофиксацией обнаруженных дефектов (рис. 5—7), а также с занесением определенных дефектов по<sup>4</sup> [4] в ведомость дефектов на сооружение с указанием площади поврежденной части элемента.

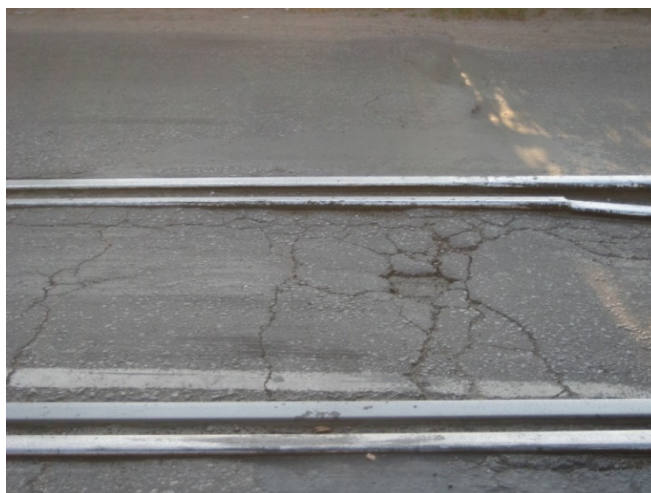


Рис. 5. Начало моста. Зона железнодорожного пути.  
Множественные просадки покрытия в зоне между рельсами.  
Выбоины глубиной до 3 см. Несовпадение стыков звеньев рельсов по высоте.  
Вид с низовой стороны



Рис. 6. Пролет 2. Главная балка 1. Фасад. Консольная плита. Фасад.  
Деградационное разрушение бетона с обнажением арматуры.  
На 1/3 длины пролета

<sup>4</sup> ОДМ 218.4.001—2008. Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах. М. : Росавтодор, 2008.





Рис. 7. Опора 4. Главная балка 1. Опорная часть. Верхний пояс.  
Разрушение бетона в результате заклинки конструкции

После определения дефектов и повреждений несущих конструкций осуществлялся расчет несущей способности по первой и второй группе предельных состояний в программном комплексе Midas Civil. В данном методе конструкции с помощью системы коэффициентов проверяются на потерю несущей способности. Рассчитываются предельные усилия и напряжения.

Метод заключается в том, что увеличение напряжений по растяжению приводит к следующим предельным напряженным состояниям:

- начало равномерной пластической деформации;
- образование шейки;
- разрушение.

Данные напряженные состояния фиксируются и сопоставляются с современными стандартами нагрузок, и далее определяется несущая способность конструкций сооружения.

Расчет велся по прочности главных балок по изгибающему моменту и по поперечной силе.

Фактическая грузоподъемность конструкций сооружения определяется на основании предельного момента самой нагруженной балки в сечении пролетного строения. После чего рассчитывается допустимый вес и скорость транспортных средств, которые могут перемещаться по данному мосту.

Для получения фактического класса  $K$  применяется следующая формула:

$$K = \frac{S_{\text{врем}}}{S_{\text{н}}} K_3,$$

где  $S_{\text{н}}$  — воздействие от временной нагрузки, в единицах которой определяется класс грузоподъемности;  $S_{\text{врем}}$  — допустимая величина воздействия от ответственной временной нагрузки, определяемая по формуле



$$S_{\text{врем}} = S_{\text{пред}} - S_{\text{пост}} - S_{\text{пр}};$$

$K_s$  — класс эталонной нагрузки АК, НК, СК, либо масса эталонного трехосного грузовика ЭНЗ, либо масса транспортного средства из состава произвольной нагрузки, в единицах которой определяется класс грузоподъемности.

При расчете грузоподъемности элементов мостового сооружения определяют:

- предельно допустимые воздействия (несущую способность) для рассчитываемых элементов  $S_{\text{пред}}$ , в качестве значения допустимого воздействия могут рассматриваться предельные усилия, напряжения и деформации, соответствующие достижению предельного состояния первой группы;
- расчетные воздействия от постоянной нагрузки  $S_{\text{пост}}$ , прочие нагрузки  $S_{\text{пр}}$ , учитываемые совместно с временной вертикальной нагрузкой от транспортных средств;
- предельно допустимые расчетные воздействия от временной вертикальной нагрузки  $S_{\text{врем}}$ ;
- допустимые классы эталонной нагрузки по схемам АК, НК и СК с точностью до 0,1 величины, допустимую массу эталонной трехосной нагрузки по схеме ЭМЗ с точностью до 0,1 величины.

Конструкция пролетных строений в поперечном сечении представляет собой пять железобетонных балок, соединенных в одну монолитную конструкцию. В продольном сечении данные балки изменяются в своих геометрических размерах (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

*Статические нагрузки, приходящиеся на несущие элементы моста*

Материал	Толщина, м	Удельный вес, т/м <sup>3</sup>	Нормативная нагрузка, т/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная нагрузка, т/м <sup>2</sup>	Расчетная нагрузка, т/пог. м
Бетонная подготовка	0,05	2,4	0,12	1,2	0,144	0,288
Гидроизоляция	0,01	1,7	0,017	1,2	0,0204	0,0408
Защитный слой	0,03	2,5	0,075	1,2	0,09	0,18
Выравнивающий слой	0,175	2,4	0,42	1,2	0,504	1,008
Асфальтобетон	0,055	2,3	0,1265	1,5	0,18975	0,3795
<i>Итого</i>	0,32			1,26	0,95571	1,91142

Главным рассматриваемым сечением является середина руслового пролета (рис. 8).

Усилия от постоянных нагрузок определены загрузением поверхностей влияния расчетными интенсивностями постоянных нагрузок. Все постоянные нагрузки приложены в пространственной расчетной схеме.

В расчете участвуют две полосы движения для автотранспорта и одна полоса движения для железнодорожного состава.

Класс нагрузки  $K$  для мостовых сооружений на дорогах и железнодорожных путях всех категорий принимается равным 14.

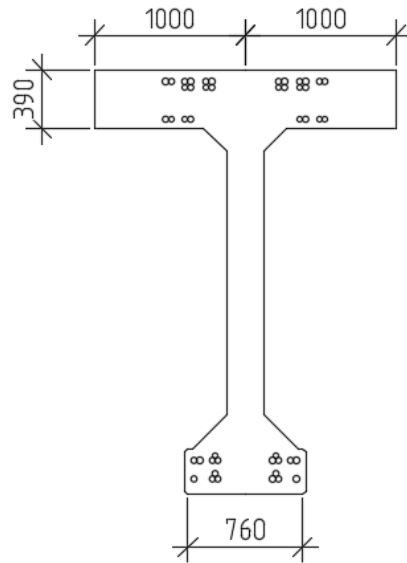


Рис. 8. Балка руслового пролета

На основании сравнения двух вариантов загрузки нагрузкой АК наиболее невыгодное расположение нагрузки АК принято при незагруженных тротуарах на всей ширине проезда (включая полосы безопасности) двух полос нагрузки с расположением осей полос не ближе 1,5 м от ограждения (рис. 9).

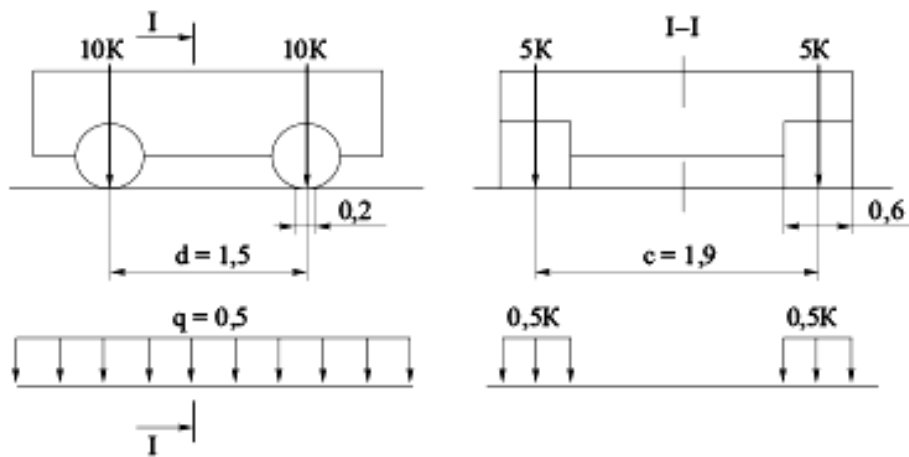


Рис. 9. Схема эталонной нагрузки АК

Для данного расчета применялись следующие коэффициенты:

- динамический коэффициент для тележки:  $1 + \mu = 1,3$ ;
- динамический коэффициент для РНН:  $1 + \mu = 1,0$ ;
- коэффициент надежности по нагрузке для тележки:  $\gamma_f = 1,5$ ;
- коэффициент надежности по нагрузке для РНН:  $\gamma_f = 1,0$ ;
- коэффициент полостности:

полоса 1 = 1,0 — для равномерно распределенной части нагрузки с полосы движения, которая вызывает наибольшее воздействие на рассчитываемый элемент;

полоса 2 = 0,6 — для равномерно распределенной части нагрузки остальных полос.

Нагрузка НК устанавливается вдоль направления движения в любое положение на проезжей части вне полос безопасности. Для данного расчета применялись следующие коэффициенты: динамический коэффициент для тележки:  $1 + \mu = 1,3$ ; коэффициент надежности по нагрузке для тележки:  $\gamma_f = 1,1$  (рис. 10).

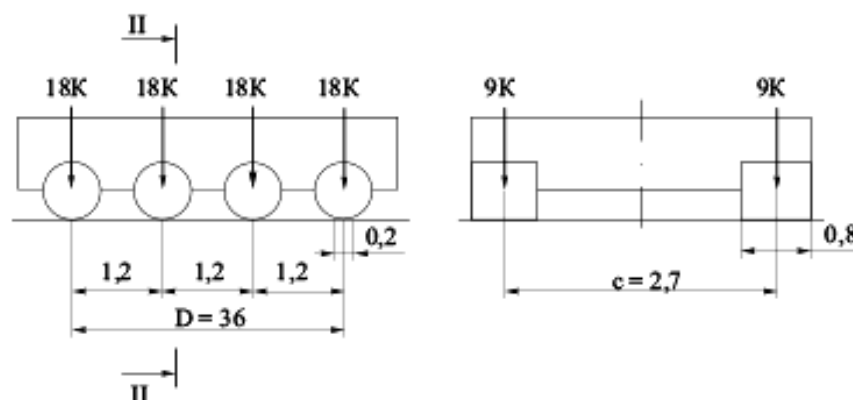


Рис. 10. Схема эталонной нагрузки НК

Для расчета возможного перемещения максимально допустимого веса трехосного грузовика при неконтролируемом пропуске транспортных средств на мост была применена схема загрузки ЭНЗ, представленная колонной грузовых автомобилей, расположенных вдоль моста на расстоянии 12 м друг от друга по ближайшим осям смежных автомобилей (рис. 11).

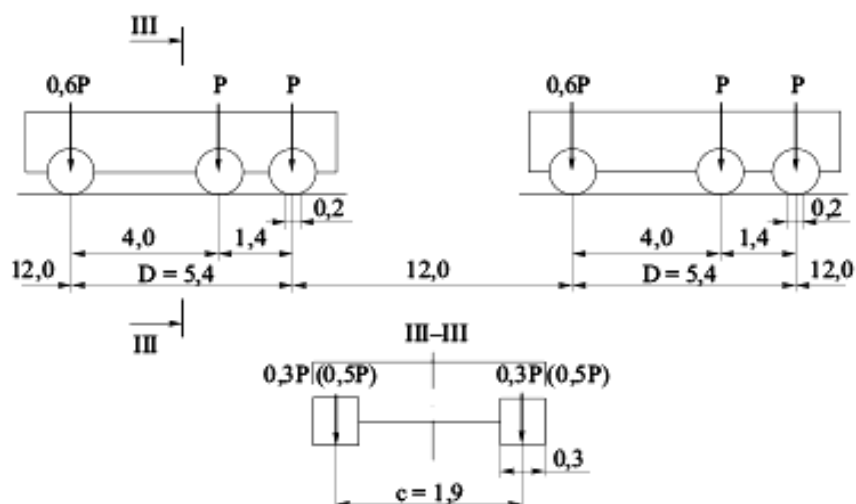


Рис. 11. Схема эталонной нагрузки ЭНЗ

Нормативную временную вертикальную нагрузку от подвижного состава СК устанавливают вдоль направления движения по фиксированному габариту проезжей части состава. Нагрузки принимаются в виде объемлющих максимальных эквивалентных нагрузок, полученных от отдельных групп сосредоточенных грузов и равномерно распределенной нагрузки на пути.

Нормативную горизонтальную поперечную нагрузку от удара подвижного состава, независимо от числа путей или полос движения на мосту, принимают в виде равномерно распределенной нагрузки, приложенной в уровне верха головки рельса (рис. 12).

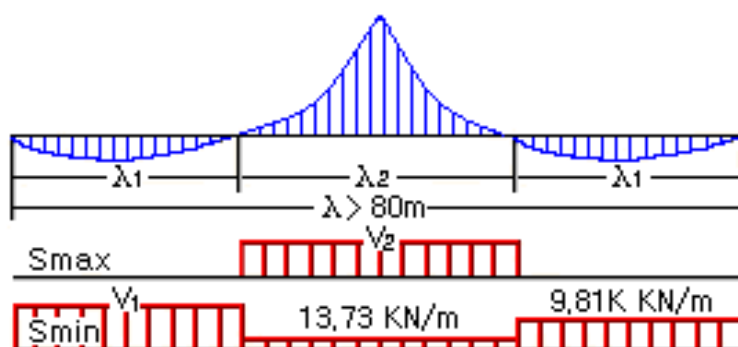


Рис. 12. Схема эталонной нагрузки СК

Для данного расчета применялись следующие коэффициенты:

- динамический коэффициент для тележки:  $1 + \mu = 1 + 10 / (20 + \lambda)$ ;
- коэффициент надежности по нагрузке для тележки:  $\gamma_f = 1,3$ ;
- $\varepsilon$  при загрузке рассчитывается для всех путей.

При проверке грузоподъемности мостового перехода были рассмотрены различные сценарии эксплуатации и далее показаны критические из них. Также рассмотрено два варианта загрузки помещений оборудованием:

- загрузка на данный момент (в технологических помещениях, которые являются противовесами второго пролета, отсутствует оборудование; в технологических помещениях, которые являются противовесами четвертого пролета, присутствует оборудование);
- без загрузки оборудования во всех технологических помещениях.

### Выводы

Таким образом, по результатам расчета можно сделать следующие выводы:

1. Категория моста по грузоподъемности присваивается по наименьшему фактическому показателю, следовательно, по нагрузке СК. Категория определяется в соответствии с документацией «Руководство по пропуску подвижного состава по железнодорожным мостам», утвержденной и введенной в опытную эксплуатацию с 1 февраля 2016 г. распоряжением ОАО «РЖД». По фактическим данным грузоподъемность моста соответствует IV категории и допускает ограничения в виде обращения поездов с вагонами, имеющих погонную нагрузку до 76 кН/м пути (7,6 тс/м пути) при нагрузке от оси локомотива и вагонов на рельсы до 260 кН (26 тс).

2. Нагрузка СК и сочетание нагрузок АК и НК находятся около красной границы предельно допустимого момента, что означает потребность в постоянном

мониторинге конструкций, ограничении скорости потока и тоннажа допустимой нагрузки на трехосную повозку.

3. При сочетании нагрузок СК и НК несущая способность пролетного строения 2 и 4 не обеспечена. При таком сочетании нагрузок по первому предельному состоянию происходит разрушение в середине руслового пролета 2.

4. При разгрузке оборудования в технологических помещениях пролета 2 произошло изменение усилий пролета относительно изначальных проектных решений, что привело к снижению несущей способности руслового пролета 2. А также в пролете 3 из-за разности действия усилий в русловых пролетах 2 и 4 произошло изменение напряжений, что привело к снижению несущей способности перемычки между технологическими помещениями пролета 3.

5. В случае разгрузки технологических помещений пролета 4 произойдет снижение несущей способности пролета 4 и в целом мостового перехода.

6. Рекомендуется усиления русловых пролетов для увеличения несущей способности мостового перехода, а также обратная загрузка технологических помещений для возвращения изначальных проектных усилий и напряжений.

Результаты обследования состояния моста и расчета грузоподъемности сооружения при эксплуатации в реальных условиях позволяют не только получить информацию о текущем техническом состоянии сооружения, но и осуществить анализ его долговечности и остаточного срока службы для назначения ремонтных мероприятий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обследование мостовых сооружений с помощью современного оборудования / А. В. Макаров, Е. В. Крошнева, А. Ф. Файзалиев и др. // Инженер. вестн. Дона. 2021. № 7(79). С. 47—56.
2. *Perritt H. H. Jr., Sprague E. O. Domesticating drones: the technology* // Law, and Economics of Unmanned Aircraft. UK : Routledge, 2016. Pp. 9—12.
3. *Бандурин М. А., Руденко А. А., Бушуева В. О. Необходимость многофакторной диагностики мостовых переездов через водопроводящие сооружения юга России* // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения : сб. ст. по материалам конф. архитектур.-строит. фак., г. Краснодар, 20 мая 2022. Краснодар : КубГАУ им. И. Т. Трубилина, 2022. С. 3—7.
4. *Жарницкий В. Я., Смирнов А. П. Факторы, влияющие на интенсивность износа бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических объектов* // Природообустройство. 2021. № 2. С. 43—49.
5. Особенности оценки эксплуатационной надежности мостов в составе гидротехнических сооружений / Б. А. Бондарев, В. Т. Ерофеев, А. Б. Бондарев и др. // Транспортные сооружения. 2021. Т. 8. № 1.
6. Оценка уровня безопасности железобетонных конструкций мостов в составе гидротехнических сооружений / Б. А. Бондарев, П. В. Борков, И. И. Попов и др. // Природообустройство. 2024. № 4. С. 58—66. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-4-58-66.
7. *Xiaoyan Shen. Bridge facility health detection method based on DATA random subspace* // Results in Engineering. 2025. Vol. 26.
8. *Xin Yao. New prospects for designing bridge superstructure reinforcements: structural aspects* // Structures. 2022. Vol. 45.
9. *Zhe Li, Zuquan Jin, Penggang Wang, Tiejun Zhao. Corrosion mechanism of reinforced bars inside concrete and relevant monitoring or detection apparatus: a review* // Construction and Building Materials. 2021. Vol. 279.
10. *Zhou M., Lu W., Song J., Lee G. C. Application of ultra-high performance concrete in bridge engineering* // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 186. Pp. 1256—1267.
11. *Xuhong Zhou, Xigang Zhang. Thoughts on the development of bridge technology in China* // Engineering. 2019. Vol. 5. Iss. 6. Pp. 1120—1130.

12. Bondarev B. A., Borkov P. V., Bondarev A. B. An outlook on the application of glass-reinforced plastic and polymer concrete components in bridge construction // 2<sup>nd</sup> International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016). Chelyabinsk : Elsevier Ltd., 2016. Pp. 1617—1622. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.139.

© Бондарев Б. А., Акчуринов Т. К., Борков П. В., Бондарев А. Б., Жидков В. К., 2025

Поступила в редакцию  
03.11.2025

Ссылка для цитирования:

Оценка железобетонных конструкций моста в составе гидротехнического сооружения / Б. А. Бондарев, Т. К. Акчуринов, П. В. Борков, А. Б. Бондарев, В. К. Жидков // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 4(101). С. 6—20. DOI: 10.35211/18154360\_2025\_4\_6.

Об авторах:

**Бондарев Борис Александрович** — д-р техн. наук, проф. каф. строительного материаловедения и дорожных технологий, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30; smidt48@mail.ru

**Акчуринов Талгат Кадимович** — советник РААСН, канд. техн. наук, проф., проф. каф. строительных материалов и специальных технологий, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; info@vgasu.ru

**Борков Павел Валерьевич** — канд. техн. наук, доц., Московский технологический институт, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина. Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, 65; borkovpv@mail.ru

**Бондарев Александр Борисович** — канд. техн. наук, доц. каф. строительного материаловедения и дорожных технологий, Липецкий государственный технический университет. Российская Федерация, 398600, г. Липецк, ул. Московская, 30; smidt48@mail.ru

**Жидков Владимир Константинович** — аспирант, Тамбовский государственный технический университет. Российская Федерация, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106/5; gidkov\_vova\_1999@mail.ru

**Boris A. Bondarev<sup>a</sup>, Talgat K. Akchurin<sup>b</sup>, Pavel V. Borkov<sup>c</sup>, Alexander B. Bondarev<sup>a</sup>, Vladimir K. Zhidkov<sup>e</sup>**

<sup>a</sup> *Lipetsk State Technical University*

<sup>b</sup> *Volgograd State Technical University*

<sup>c</sup> *Moscow Institute of Technology*

<sup>d</sup> *Gubkin Russian State University of Oil and Gas*

<sup>e</sup> *Tambov State Technical University*

## EVALUATION OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE STRUCTURES AS PART OF A HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURE

This article discusses the problem of determining the residual resource and bearing capacity of a unique individually designed bridge structure as part of a hydraulic lock, as well as the possibility of its operation in modern realities without major repairs and reconstruction of the main load-bearing structures. The purpose of the study is to determine the current state of the main load-bearing reinforced concrete structures of the bridge structure, determine the physical and mechanical characteristics of the materials and assess the transport and operational condition of the entire structure as a whole.

**Key words:** bridge structure, hydraulic engineering structure, defect, technical condition category, load capacity calculation.



*For citation:*

Bondarev B. A., Akchurin T. K., Borkov P. V., Bondarev A. B., Zhidkov V. K. [Evaluation of reinforced concrete bridge structures as part of a hydraulic engineering structure]. *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], 2025, iss. 4, pp. 6—20. DOI: 10.35211/18154360\_2025\_4\_6.

*About authors:*

**Boris A. Bondarev** — Doctor of Engineering Sciences, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya st., Lipetsk, 398600, Russian Federation; smidt48@mail.ru

**Talgat K. Akchurin** — Candidate of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; info@vgasu.ru; Scopus ID: 57190967539

**Pavel V. Borkov** — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Moscow Institute of Technology, Gubkin Russian State University of Oil and Gas. 65, Leninskiy Ave., Moscow, 119991, Russian Federation; borkovpv@mail.ru

**Alexander B. Bondarev** — Candidate of Engineering Sciences, Lipetsk State Technical University. 30, Moskovskaya st., Lipetsk, 398600, Russian Federation; smidt48@mail.ru

**Vladimir K. Zhidkov** — Postgraduate student, Tambov State Technical University. 106/5, Sovetskaya st., Tambov, 392000, Russian Federation; gidkov\_vova\_1999@mail.ru