

Гидротехническое строительство

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-58-66>

УДК 624.21: 627.8

**ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ В СОСТАВЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ****Б.А. Бондарев^{1✉}, П.В. Борков^{2✉}, И.И. Попов²,
А.Б. Бондарев¹, В.К. Жидков³, Д.А. Хрипунков¹**¹ Липецкий государственный технический университет; г. Липецк, ул. Московская, 30, Россия² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, Россия³ Тамбовский государственный технический университет; г. Тамбов, ул. Советская, 106/5, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема возникновения эксплуатационных повреждений бетонных и железобетонных конструкций мостов. Цель исследований – определение уровня безопасности эксплуатируемых инженерных конструкций моста в составе гидротехнического сооружения. На примере работ по обследованию технического состояния произведен расчет устойчивости железобетонных конструкций моста шлюза № 11 Перервинского гидроузла канала им. Москвы. Приведены результаты обследования технического состояния и оценки безопасности моста в составе шлюза. Полученные данные позволили определить уровень безопасности эксплуатируемых инженерных сооружений на основе установления категории технического состояния.

Ключевые слова: мост, гидротехническое сооружение, дефект, категория технического состояния, критерий безопасности

Формат цитирования: Бондарев Б.А., Борков П.В., Попов И.И., Бондарев А.Б., Жидков В.К., Хрипунков Д.А. Оценка уровня безопасности железобетонных конструкций мостов в составе гидротехнических сооружений // Природообустройство. 2024. № 4. С. 58-66. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-58-66>

Scientific article

ASSESSMENT OF THE SAFETY LEVEL OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE STRUCTURES AS PART OF HYDRAULIC STRUCTURES**B.A. Bondarev^{1✉}, P.V. Burkov^{2✉}, I.I. Popov²,
A.B. Bondarev¹, V.K. Zhidkov³, D.A. Khripunkov¹**¹ Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Moskovskaya str., 30, Russia² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya str., Moscow, Russia³ Tambov State Technical University, Tambov, ul. Sovetskaya str., 106/5, Russia

Abstract. This article discusses the issue of operational damage to concrete and reinforced concrete bridge structures. The purpose of the study is to determine the safety level of the operated engineering structures of the bridge as part of a hydraulic structure. Using the example of work on the technical condition survey, the stability of reinforced concrete structures of the lock bridge No. 11 of Perervinsky hydroelectric complex of the Moscow Canal is calculated. The results of the technical condition survey and safety assessment of the bridge as part of the lock are presented. The data obtained made it possible to determine the safety level of the operated engineering structures based on the establishment of the category of technical condition.

Keywords: bridge, hydraulic structure, defect, category of technical condition, safety criterion

Format of citation: Bondarev B.A., Borkov P.V., Popov I.I., Bondarev A.B., Zhidkov V.K., Khripunkov D.A. Assessment of the safety level of reinforced concrete bridge structures as part of hydraulic structures // Prirodoobustrojstvo. 2024. № 4. P. 58-66. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-4-58-66>

Введение. Обеспечение безопасности гидротехнических объектов, сохранение эксплуатационных свойств и конструкций, входящих в состав сооружений – ответственная задача как проектировщиков, так и специалистов, обеспечивающих исправное и работоспособное состояние подобных объектов на протяжении всего срока службы [1, 2]. Неудовлетворительное состояние отдельных строительных конструкций, когда создается угроза возникновения чрезвычайных ситуаций, в ряде случаев может привести к ликвидации сооружения [3, 4]. Особое внимание при этом следует уделять состоянию транспортных сооружений в составе гидротехнических [5-7].

Длительность службы структурных компонентов водных технологических объектов зависит от следующих основных факторов:

- силы динамического влияния (многократное и повторное) на конструкцию моста, вызванного движением воды;
- переменные нагрузки от транспортных средств, передвигающихся по верхнему слою покрытия (поверхности дороги);
- вредные химические элементы, взвеси, содержащиеся в воде и проникающие сквозь несущие конструкции [8].

Цель исследований: определение уровня безопасности используемых технических сооружений при установлении категории технического состояния моста как части гидротехнического сооружения, что необходимо главным образом для оценки оставшегося ресурса, будь то отдельные конструкции или сооружение в целом.

Материалы и методы исследований. В 2017 г. были выполнены работы по обследованию технического состояния и расчету устойчивости железобетонных конструкций моста шлюза

№ 11 Перервинского гидроузла канала им. Москвы. Особенности подобного вида работ для мостов в составе гидротехнических сооружений уже представлялись [8]. Мост в составе шлюза № 11 длиной 43,0 м имеет статическую схему 10,5 + 22,5 + 10,25 м. Пролетные строения состоят из двух главных и поперечных балок, выполненных из монолитного железобетона. Мост рассчитан на временную подвижную нагрузку Н-10. Опоры (быки) – массивные на естественном основании. Мостовое полотно состоит из однополосной проезжей части шириной 3,5 м. Верхний слой покрытия, выполненный из асфальтобетона, составляет 0,06 м. Водоотвод с проезжей части осуществляется за счет продольных и поперечных уклонов через водоотводные трубки под мост. Ограждения безопасности отсутствуют. Перильные ограждения секционные, декоративные, выполненные из чугуна, высотой 1,10 м. Деформационные швы в начале и в конце моста – закрытого типа. В качестве тротуаров используются служебные проходы шириной по 0,80 м с двух сторон. Общий вид моста приведен на рисунке 1, схема расположения моста – на рисунке 2.

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.

Для метода отрыва со скалыванием использовался прибор типа ПОС-50МГ4 с анкерным устройством II типа при глубине заделки анкера 48 мм., для метода упругого отскока – склерометр Proseq Digi_Schmidt type ND.



Рис. 1. Общий вид моста в составе шлюза
(фото Б.А. Бондарева)

Fig. 1. General view of the bridge as part of the lock
(photo by B.A. Bondarev)

Прочность бетона на отдельных участках определялась с помощью специальных графиков, которые были построены на основе исследований одних и тех же элементов конструкций с использованием метода отрыва со скалыванием, а также иных методов неразрушающего

контроля в соответствии с ГОСТ 22690-2015, ГОСТ 17624-2012 и другими нормативными документами. Это позволило включить в анализ участки с максимальной и минимальной величиной прочности, а также получить промежуточные значения. Схемы представлены на рисунках 3, 4.

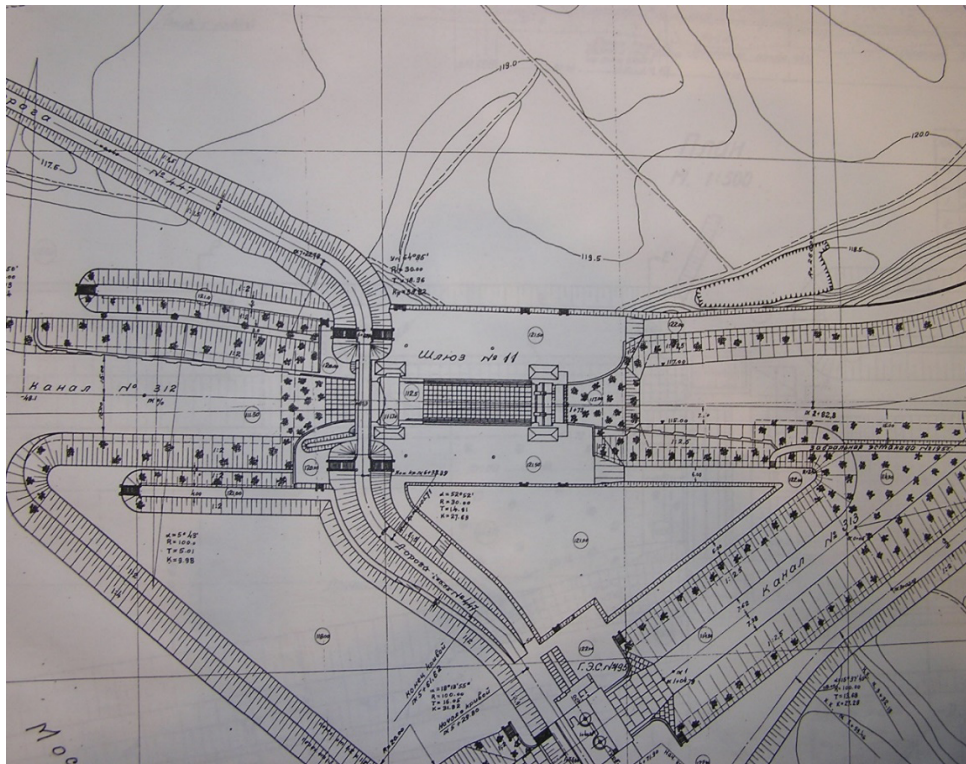


Рис. 2. Общая схема расположения моста и шлюза № 11 с подходами по проекту
 Fig. 2. General scheme of the layout of the bridge and lock No 11 with approaches according to the project

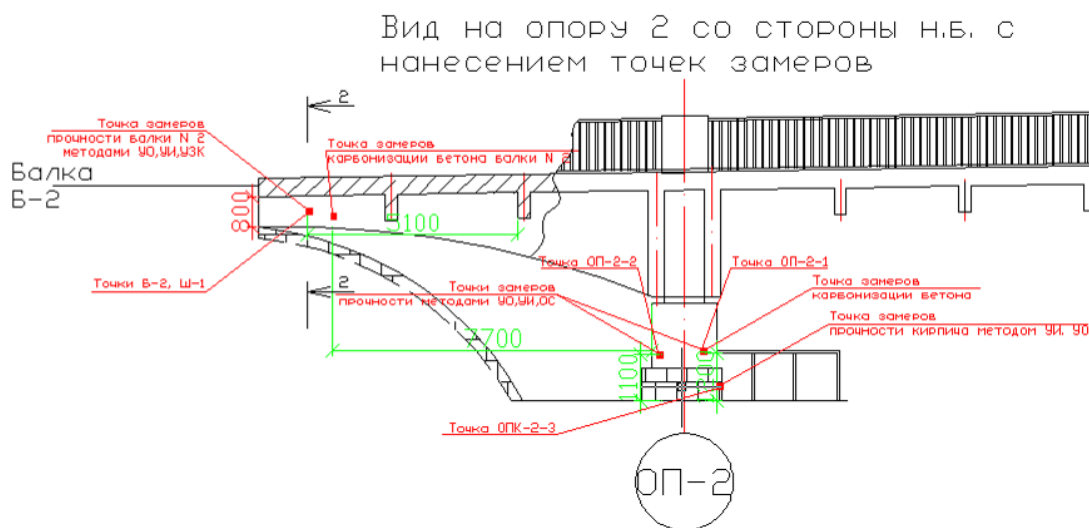


Рис. 3. Схема расположения точек замеров прочности конструкций опоры ОП-2 и балки Б-2 методами: УО – упругого отскока; УИ – ударного импульса; ОС – отрывом со скалыванием.
 Вид на опору со стороны нижнего бьефа

Fig. 3. Layout of the strength measurement points of the structures of the support OP-2 and beam B-2 by the following methods: УО – elastic rebound, УИ – shock pulse, ОС – separation with chipping.
 View of the support from the downstream side

Таблица 1. Определение прочности бетона методом отрыва со скалыванием
Table 1. Determination of concrete strength by the method of tearing off with chipping

№	Конструкция, отм., в/о Support, mark	Показания прибора Proceq Digi-Schmidt, Мпа The readings of the Proceq Digi-Schmidt device, Мpa	Прочность на сжатие по результатам испытаний методом отрыва со скалыванием, R_{if} Compression strength according to the results of the method of tearing off with chipping
1	Опора ОП-2 (средняя ступень), т.ОП-2-2 Support OP-2 (middle step), b. OP-2-2	27,8	30,7
2	Балка 2 у правого устоя, т.Б-2-1 Beam 2 at the right pier, b.B-2-1	26,7	29,1
3	Балка 2 у правого устоя, т.Б-2-2 Beam 2 at the right pier, b.B-2-2	22,1	26,8
4	Балка 2 у правого устоя, т.Б-2-3 Beam 2 at the right pier, b.B-2-3	29,3	30,0
5	Балка 1 у правого устоя, т.Б-1-1 Beam at the right pier, b. B-1-1	31,4	34,2
6	Балка 1 у правого устоя, т.Б-1-2 Beam 1 at the right pier, b.B-1-2	30,6	32,2

По результатам контроля прочности методами ОС и УО с обеспеченностью 95% класс бетона составляет: для пролетных балок – не ниже В31, для опор – не ниже В26,7.

Прочность штукатурки балок соответствует классу бетона В25.

Марка кирпича нижней ступени опоры ОП-2 соответствует М-150.

Расчет показателей технического состояния и безопасности шлюза производился на основе сценария, относящегося к 3-й группе аварий [9].

Развитие рассматриваемого сценария позволяет оценить 4 критерия безопасности (ϕ_i), выбранных из указанных групп:

a_2 – отметка верха пролетного строения моста;

a_6 – дефекты и повреждения бетона пролетных строений;

a_{16} – дефекты и повреждения промежуточной опоры (быка);

b_2 – трещины в бетоне конструкций промежуточных опор (быков) и устоев.

Остановимся на каждом из вышеперечисленных показателей и методах их определения. Отметка верха ездового полотна мостового сооружения определяется с помощью нивелирования проезжей части моста в 6 точках в поперечном направлении на опорах. В таблице 3 приведены результаты нивелирования.

Дефекты и повреждения конструкций балок пролетных строений определялись в соответствии с инструкцией [9] путем визуального и инструментального обследования. На рисунках 5-7

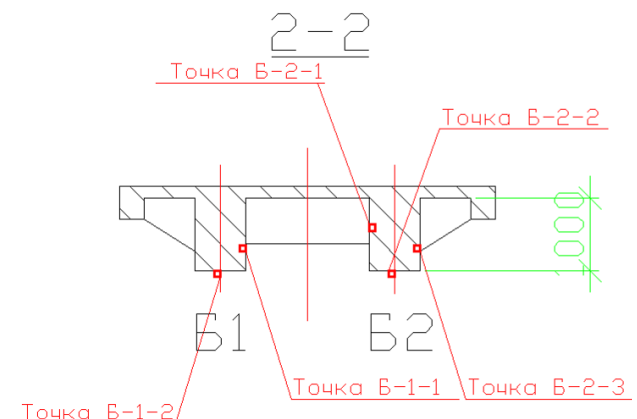


Рис. 4. Схема расположения точек замеров прочности конструкций балок Б-1 и Б-2
Fig. 4. Layout of strength measurement points of beam structures B-1 and B-2

приведены вышеуказанные дефекты. Трещины в бетонных конструкциях промежуточных опор и устоев, их параметры фиксировались и заносились в ведомость дефектов. Дефекты и повреждения опор представлены на рисунке 8.

Результаты и их обсуждение. После анализа результатов нивелирования нами была определена степень влияния каждого из отобранных параметров безопасности, причем расчеты производились для нестрогого ранжирования [10]. В таблице 4 приведены результаты оценки критериев безопасности.

На следующем этапе критерии располагаем в порядке убывания их предпочтения. Затем выстраиваем критерии таким образом, чтобы определить предпочтение одного критерия над другим (табл. 5).

Таблица 2. Определение прочности опоры ОП-2 методом УО при помощи склерометра Proceq Digi Schmidt

Table 2. Determination of the strength of the OP-2 support by the UO method using the Proceq Digi Schmidt sclerometer

№ опоры Support	Место измерения Place of measurement	Средняя прочность R_{cp} , МПа Average strength R_{av} , МПа	Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %	Класс бетона В, прочность с 95% обеспечен. Concrete B class, strength with 95% is provided
2	Тело опоры (средняя ступень) <i>Body of the support (middle step)</i>			
	- с правой стороны, т.ОП-2-4; <i>- from the right side, b. OP-2-4</i>	37,25	12,6	29,6
	- с левой стороны, т.ОП-2-5 <i>- from the left side, b.OP-2-5</i>	33,40	11,6	27,1
	- со стороны опоры 1, т.ОП-2-6; <i>from the support side 1, OP-2-6</i>	36,94	12,4	29,4
	- со стороны правого устоя, т.ОП-2-7. <i>- from the right pier, b. OP-2-7</i>	34,18	13,4	26,7

Таблица 3. Результаты нивелирования проезжей части моста

Table 3. Results of leveling the roadway of the bridge

Номера точек Numbers of points	Сечения нивелирования Cross-sections of leveling	Отсчеты по рейке, м Rod reading, m	Относительные отметки, м Relative marks, m	Номера точек Numbers of points	Сечения нивелирования Cross-sections of leveling	Отсчеты по рейке, м Rod reading, m	Относительные отметки, м Relative marks, m
1	1	2,024	0,976	21	5	0,919	2,081
2	1	1,918	1,082	22	5	0,920	2,080
3	1	1,925	1,075	23	5	0,880	2,120
4	2	1,378	1,622	24	5	0,860	2,140
5	2	1,368	1,362	25	5	0,882	2,118
6	2	1,925	1,075	26	5	0,910	2,090
7	3	0,951	2,049	27	5	0,890	2,110
8	3	0,960	2,040	28	6	0,970	2,030
9	3	0,943	2,057	29	6	0,942	2,058
10	3	0,930	2,070	30	6	0,930	2,070
11	3	0,941	2,059	31	6	0,903	2,079
12	3	0,929	2,071	32	6	0,911	2,089
13	3	0,952	2,048	33	6	0,970	2,030
14	4	0,960	2,040	34	6	0,928	2,072
15	4	0,960	2,040	35	7	1,240	1,760
16	4	0,940	2,060	36	7	1,280	1,720
17	4	0,900	2,100	37	7	1,360	1,640
18	4	0,920	2,080	38	8	1,500	1,500
19	4	0,900	2,100	39	8	1,470	1,530
20	4	0,925	2,075	40	8	1,420	1,580



Рис. 5. Горизонтальная трещина опоры в результате морозного разрушения левой консоли 1-й балки у правого устоя (фото Б.А. Бондарева)

Fig. 5. Horizontal crack of the support as a result of frosty destruction of the left console of the 1st beam at the right abutment (photo by B.A. Bondarev)



Рис. 6. Горизонтальная трещина до 1 мм в нижнем поясе балки № 2 в растянутой зоне в пролете 2 (фото Б.А. Бондарева)

Fig. 6. Horizontal crack up to 1 mm in the lower chord of beam No 2 in the stretched zone in span 2 (photo by B.A. Bondarev)

Далее рассчитываем стандартизованный ранг, разделив сумму рейтингов, имеющих равные критерии предпочтительности, на количество этих критериев. Затем производим вычисление приоритетов критериев w_i :

$$w_i = (n - r_i + 1) / \sum r_i, \quad (1)$$

где r_i – стандартизованный ранг критерия x_i ; $\sum r_i = 10$ – сумма стандартизованных рангов критериев; $n = 4$ – число критериев.

Затем определяем коэффициент значимости критериев $K_{зн,i}$:

$$K_{зн,i} = \frac{w_i}{w_{max}}, \quad (2)$$

где w_i – приоритет критерия x_i ; $w_{max} = 0,200$ – максимальный приоритет сопоставляемых критериев.

Далее уточняем фактическую оценку критериев с учетом их коэффициентов значимости по формуле (1) методики [9]:

$$\varphi_i = 2 + (\varphi_{\varphi_i} - 2) \times K_{зн,i}. \quad (3)$$

Вычисляем оценку показателя технического состояния (ТС) сооружения по формуле (2) методики [9]:

$$ТС = l_{max} - \Pi (l_{max} - \varphi_i), \quad (5)$$

где φ_i – уточненные значения критериев безопасности групп А, Б, В.

Значения критериев безопасности $\varphi_i \leq 3$ не учитываются, поскольку в этом случае они не оказывают существенного влияния на ТС [9].

Поскольку уточненные значения критериев безопасности располагаются в интервалах $3,0 \leq \varphi_i \leq 4,0$, то в соответствии с п. 5.16 методики [9] в формулу (5) подставляем только значения φ_i , расположенные в интервале $3,0 \leq \varphi_i \leq 4,0$. При этом $l_{max} = 4,0$. В результате получаем оценку показателя ТС сооружения:

$$ТС = 4,0 - (4,0 - 3,8) \times (4 - 3,2) = 3,84.$$

Затем проводим оценку показателя ТС сооружения с учетом уровня ответственности сооружения в соответствии с методикой [9]:

$$ТС_\gamma = 2,0 + (ТС - 2) \times K_\gamma, \quad (6)$$

где $K_\gamma = 1,05$ – коэффициент, зависящий от уровня ответственности сооружения;

$$ТС_\gamma = 2,0 + (3,84 - 2,0) \times 1,05 = 3,93.$$

Величина обобщающего критерия безопасности для групп Г и Д составила 4,0. Это свидетельствует о том, что эксплуатация данного сооружения лишь отчасти соответствует проектным и нормативным требованиям.

Коэффициент условия эксплуатации составляет $K_{\gamma_0} = 0,8$ (для сооружения II класса в соответствии с таблицей 6 методики [9]). Для рассматриваемого сооружения показатель соответствия проекта действующим нормам и правилам проектирования составил 3,8 балла.

Определение показателя безопасности сооружения (БС) выполнили по формуле (4) методики [9]:

$$БС = l_{max} - (l_{max} - ТС_\gamma) \times (l_{max} - K_{\gamma_0} \times \mathcal{U}\mathcal{E}) \times (l_{max} - \text{НП}). \quad (7)$$



Рис. 7. Повреждения левого устоя:

- 1 – оголение арматуры 1-й диафрагмы консоли 2-й балки;
- 2 – трещина, отраженная под 2-й диафрагмой 1-й балки со следами высолов, ширина раскрытия трещины – до 0,15 мм;
- 3 – горизонтальные трещины тротуарной балки № 4 (фото Б.А. Бондарева)

Fig. 7. Damage to the left pier:

- (1) exposure of the reinforcement of the 1st diaphragm of the 2nd beam console,
- (2) crack reflected under the 2nd diaphragm of the 1st beam with traces of efflorescence, crack opening width up to 0.15 mm,
- (3) horizontal cracks of paving beam No 4 (photo by B.A. Bondarev)



Рис. 8. Поверхностная коррозия опорных элементов (фото Б.А. Бондарева)

Fig. 8. Surface corrosion of support elements (photo by Bondarev B.A.)

Таблица 4. Критерии безопасности

Table 4. Safety criteria

Критерии безопасности групп А, Б и В <i>Safety criteria of groups A, B and V</i>	Величина оценки критерия ϕ_i <i>Value of safety criteria ϕ_i</i>
a_2	2,8
a_6	2,9
a_{16}	3,0
b_2	3,4

Таблица 5. Эквивалентность критериев

Table 5. Equivalence of criteria

Критерии безопасности групп А, Б и В <i>Safety criteria of groups A, B and V</i>	a_2	a_6	a_{16}	b_2
Ранг r_i / <i>Rank r_i</i>	3	1	2	4
Порядковое место / <i>Ordinary position</i>	3	1	2	4
Стандартизированный ранг r_{iy} / <i>Standardized rank r_{iy}</i>	3	1	2	4
Приоритет критерия w_i / <i>Priority of the criterion w_i</i>	0,2	0,4	0,3	0,1
Коэффициент важности $K_{зн,i}$ / <i>Importance factor $K_{зн,i}$</i>	1,0	2,0	1,5	0,5

Таблица 6. Уточнённая оценка критериев

Table 6. Updated assessment of criteria

Критерии безопасности групп А, Б и В <i>Safety criteria of groups A, B and V</i>	Величина оценки критерия ϕ_{ϕ_i} <i>Value of the assessment of criterion ϕ_{ϕ_i}</i>	Коэффициент значимости $K_{ан, i}$ <i>Importance factor $K_{ан, i}$</i>	Уточнённая оценка критерия ϕ_i <i>Updated assessment of criteria ϕ_i</i>
a_2	2,8	1,0	2,80
a_6	2,9	2,0	3,80
a_{16}	2,8	1,5	3,20
b_2	3,4	0,5	2,70

Таблица 6. Уточнённая оценка критериев

Table 6. Updated assessment of criteria

Критерии безопасности групп А, Б и В <i>Safety criteria of groups A, B and V</i>	Величина оценки критерия ϕ_{ϕ_i} <i>Value of the assessment of criterion ϕ_{ϕ_i}</i>	Коэффициент значимости $K_{ан, i}$ <i>Importance factor $K_{ан, i}$</i>	Уточнённая оценка критерия ϕ_i <i>Updated assessment of criteria ϕ_i</i>
a_2	2,8	1,0	2,80
a_6	2,9	2,0	3,80
a_{16}	2,8	1,5	3,20
b_2	3,4	0,5	2,70

Оценка показателя БС составляет:

$$БС = 4,0 - (4,0 - 3,93) \times (4,0 - 3,2) \times (4 - 3,8) = 3,98.$$

Показатель безопасности для рассматриваемого сценария аварии уточняется по формуле:

$$БС_{сц} = 2 + K_{сц} \times (БС - 2), \quad (8)$$

где $K_{сц} = 0,8$ – коэффициент, учитывающий степень опасности аварий для сооружения и окружающей среды;

$$БС_{сц} = 2 + 0,8 \times (3,98 - 2,0) = 2 + 0,8 \times 2,98 = 3,584.$$

Выполненные расчеты показывают, что по сценарию, относящемуся к III группе аварий, техническое состояние моста шлюза № 11 оценивается как ограниченно

Список использованных источников

1. О безопасности гидротехнических сооружений: Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ. <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=455852>.
2. Бальзаников М.И., Иванов Б.Г., Михасек А.А. Система управления состоянием гидротехнических сооружений // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 119-124.
3. Жарницкий В.Я., Смирнов А.П. Факторы, влияющие на интенсивность износа бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических объектов // Природообустройство. 2021. № 2. С. 43-49.
4. Жезмер В.Б. Факторы, определяющие целесообразность эксплуатации гидротехнического сооружения // Природообустройство. 2022. № 3. С. 77-82.
5. Бондарев Б.А., Бондарев А.Б., Борков П.В. Повышение транспортно-эксплуатационного состояния элементов мостовых конструкций // Строительство и реконструкция. 2017. № 5 (73). С. 81-85.

работоспособное ($ТС = 3,84$), а уровень безопасности – как пониженный ($БС_{сц} = 3,584$).

Максимальная расчетная вероятность возникновения аварии III группы на обследуемом сооружении составила $6,9 \times 10^{-4}$ 1/год.

Выводы

Результаты обследования состояния моста и оценки безопасности гидротехнического сооружения при эксплуатации в реальных условиях позволяют не только установить соответствие проектным и нормативным требованиям, но и определить влияющие на безопасность факторы. Приведенные результаты исследований могут быть «масштабированы» и для расчета других конструкций подобных сооружений.

References

1. Federal Law No. 117-FZ dated 07/21/1997 "On the safety of hydraulic structures".
2. Balzannikov M.I., Ivanov B.G., Mikhasek A.A. Management system for the condition of hydraulic structures // Bulletin of the MGSU. 2012. No. 7. P. 119-124.
3. Zharnitsky V.Ya., Smirnov A.P. Factors influencing the intensity of wear of concrete and reinforced concrete structures of hydraulic engineering facilities // Prirodobustrojstvo. 2021. No. 2. P. 43-49.
4. Zhezmer V.B. Factors determining the expediency of operation of a hydraulic structure // Prirodobustrojstvo. 2022. No. 3. P. 77-82.
5. Bondarev B.A., Bondarev A.B., Borkov P.V. Improving the transport and operational condition of bridge structure elements // Construction and reconstruction. 2017. No. 5(73). P. 81-85.
6. Bondarev B.A., Borkov P.V., Bondarev A.B. Assessment of the transport and operational

6. **Бондарев Б.А., Борков П.В., Бондарев А.Б.** Оценка транспортно-эксплуатационного состояния мостовых сооружений на основе теории риска // Сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции «Роль опорного вуза в развитии транспортно-энергетического комплекса Саратовской области (ТРАНСЭНЕРГОКОМ-2018)». Саратов, 2018. С. 269-273.

7. **Бондарев А.Б., Борков П.В., Бондарев Б.А., Жариков В.А.** Ремонт и восстановление элементов конструкций транспортных сооружений с использованием полимерных композиционных материалов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура». 2015. № 39 (58). С. 17-25.

8. **Бондарев Б.А., Ерофеев В.Т., Бондарев А.Б.** и др. Особенности оценки эксплуатационной надежности мостов в составе гидротехнических сооружений // Транспортные сооружения. 2021. Т. 8, № 1.

9. Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений / Министерство транспорта РФ. Федеральное Агентство морского и речного транспорта (РОСМОРРЕЧФЛОТ). М., 2011. 136 с.

10. Научно-технический отчет по результатам обследования технического состояния и расчету устойчивости железобетонных конструкций моста плюза № 11 Перевинского гидроузла канала им. Москвы. ООО «ЛипецкНИЦстройпроект». Липецк, 2017. 127 с.

Об авторах

Борис Александрович Бондарев, д-р техн. наук, профессор; SPIN-код: 3529-1603, ORCID0000-0001-7194-9270, linsp-48@mail.ru

Павел Валерьевич Борков, канд. техн. наук, доцент; SCOPUS57190971331, ORCID0000-0003-4081-3260, SPIN-код: 1875-1662, AuthorID: 278834, borkovpv@mail.ru

Иван Иванович Попов, PhD, директор центра межвузовской научной коммуникации, <https://orcid.org/0000-0003-0860-4311>; WOS Researcher ID: T-4467-2019; Scopus ID: 56763512000; 89042149140@mail.ru

Александр Борисович Бондарев, канд. техн. наук, доцент; SPIN-код: 4421-6450, ORCID0000-0002-2902-7528, ialex-86@mail.ru

Владимир Константинович Жидков, аспирант; SPIN-код: 8083-1937, Leader ID6038852, ORCID0009-0007-0681-5226, gidkov_vova_1999@mail.ru

Дмитрий Андреевич Хрипунков, магистрант, sm@stu.lipetsk.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Бондарев Б.А., Борков П.В., Попов И.И., Бондарев А.Б., Жидков В.К., Хрипунков Д.А. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests / Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов / Authors' contributions

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 26.03.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 07.06.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 07.06.2024

condition of bridge structures based on the theory of risk // In the collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference "The role of a reference university in the development of the transport and energy complex of the Saratov region (TRANSENERGOCOM-2018)", 2018. P. 269-273.

7. **Bondarev A.B., Borkov P.V., Bondarev B.A., Zharikov V.A.** Repair and restoration of structural elements of transport structures using polymer composite materials // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. 2015. No. 39 (58). P. 17-25.

8. **Bondarev B.A., Yerofeev V.T., Bondarev A.B.** Features of assessing the operational reliability of bridges as part of hydraulic structures / B.A. Bondarev, V.T. Yerofeev, A.B. Bondarev [et al.] // Transport structures. 2021. Vol. 8, No. 1.

9. Methodological recommendations for monitoring the technical condition and safety assessment of navigable hydraulic structures / Ministry of Transport of the Russian Federation. Federal Agency for Maritime and River Transport (ROSMORRECHFLOT) / Moscow: 2011 136 p.

10. Scientific and technical report on the results of a survey of the technical condition and calculation of the stability of reinforced concrete structures of the gateway bridge No. 11 of the Perervinsky hydroelectric complex of the Moscow Canal. – LLC "Lipetskknitsstroyproekt", Lipetsk, 2017. 127 p.

About the authors

Boris A. Bondarev, DSc (Eng), professor; SPIN-code: 3529-1603, ORCID0000-0001-7194-9270, linsp-48@mail.ru

Pavel V. Borkov, CSc, associate professor; SCOPUS57190971331, ORCID0000-0003-4081-3260, SPIN-код: 1875-1662, AuthorID: 278834, borkovpv@mail.ru

Ivan I. Popov, PhD, director of the center of the inter-universities scientific communication, <https://orcid.org/0000-0003-0860-4311>; WOS Researcher ID: T-4467-2019; Scopus ID: 56763512000; 89042149140@mail.ru

Alexander B. Bondarev, CSc (Eng), associate professor; SPIN-code: 4421-6450, ORCID0000-0002-2902-7528, ialex-86@mail.ru

Vladimir K. Zhidkov, post graduate student; SPIN-код: 8083-1937, Leader ID6038852, ORCID0009-0007-0681-5226, gidkov_vova_1999@mail.ru

Dmitry A. Khripunkov, holder of master's degree, sm@stu.lipetsk.ru

Bondarev B.A., Borkov P.V., Popov I.I., Bondarev A.B., Zhidkov V.K., Khripunkov D.A. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.