



## ВЛАГОЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ – ВАЖНЫЙ ФАКТОР ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

*А. В. Макаров, Д. В. Ивасик, А. А. Васильченко*

**Макаров Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация; e-mail: pr.makarov@mail.ru;

**Ивасик Дмитрий Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (903) 370-03-24; e-mail: jvc777@inbox.ru;

**Васильченко Анжелика Алексеевна** старший преподаватель кафедры «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений», Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (903) 370-03-29; e-mail: t766om@gmail.com

Цементный камень железобетонных конструкций, состоящий из минералов весьма неустойчивых и химически активных. При контакте с водой проявляется коррозия цементного камня. Описаны виды коррозии такие как сульфатная, хлоридная, кислотная. На коррозию цементного камня влияют растворенные в воде соединения хлора, серы, сульфаты, кислоты и углекислый газ в виде угольной кислоты. Это снижает долговечность железобетонного сооружения. Защита мостовых конструкций заключается в изоляции железобетонных поверхностей от контакта с влагой. Плита проезжей части моста, изолируется современными оклеечными изоляционными материалами. Однако влага проникает сквозь асфальтобетонное покрытие, застаивается на поверхности и накапливается в толще мостовые полотна. При замерзании влаги увеличиваются трещины и поры в конструктивных слоях мостового полотна. Влага способствует коррозии бетона. Вывести накапливающуюся влагу можно устройством дренажных устройств внутри, в толще мостового полотна.

**Ключевые слова:** гидроизоляция, дренаж, коррозия бетона, выщелачивание, долговечность, защита от влаги, цементный камень, хлоридная коррозия, сульфаты.

## WATERPROOFING OF CONCRETE BRIDGES IS AN IMPORTANT FACTOR IN THEIR DURABILITY

*A. V. Makarov, D. V. Ivasik, A. A. Vasilchenko*

**Makarov Aleksandr Vladimirovich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Construction and Operation of Transport Facilities Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation; e-mail: pr.makarov@mail.ru;

**Ivasik Dmitriy Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Construction and Operation of Transport Facilities Department, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (903) 370-03-24; e-mail: jvc777@inbox.ru;

**Vasilchenko Anzhelika Alekseyevna**, Senior Lecturer, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation, phone: + 7 (903) 370-03-29; e-mail: t766om@gmail.com

The cement stone of reinforced concrete structures consists of minerals that are highly unstable and chemically active. When exposed to water, the cement stone corrodes. There are several types of corrosion, including sulfate corrosion, chloride corrosion, and acid corrosion. The corrosion of the cement stone is influenced by the presence of dissolved chlorine, sulfur, and sulfate compounds in the water. Additionally, acids and carbon dioxide in the form of carbonic acid can also cause corrosion. This can reduce the durability of the reinforced concrete structure. The protection of bridge structures consists in isolating the reinforced concrete surfaces from contact with moisture. The bridge roadway slab, is isolated with modern adhesive insulation materials. However, moisture penetrates through the asphalt concrete pavement, especially if it stagnates on the surface and accumulates in the thickness of the bridge deck. When moisture freezes, cracks and pores in the structural layers of the bridge deck increase. Moisture seepage contributes to concrete corrosion. Drainage devices can be installed inside the bridge deck to remove accumulated moisture.

**Keywords:** waterproofing, drainage, concrete corrosion, leaching, durability, moisture protection, cement stone, chloride corrosion, sulfates.

### Введение

Долговечность железобетона зависит в значительной степени от структуры бетона, которая формируется в процессе твердения и зависит от многих факторов. Структура материала определяется качеством компонентов бетона и важнейшим водоцементным отношением (W/C) смеси. Какова долговечность сооружений из бетона и от чего она зависит? Нормативы определяют срок службы не материала, а сооружений из них. К примеру, срок службы моста из сборного железобетона 40–50 лет [1]. Хотя мосты служат гораздо больше, если за ними следят [2–4]. Бетонные мосты могут слу-

жить гораздо дольше чем считается. один из аспектов долговечности является структура бетона. Она не однородна и состоит из цементного камня, крупного заполнителя, пор и капилляров, местных разрыхлений и трещин. Цементный камень, сформированный из минералов продуктов гидратации и зерна цемента, не прошедшие гидратации, не является стабильной системой, так как здесь постоянно протекают химические и физико-химические реакции и превращения. Главные минералы портландцементного клинкера, представляющие собой твердые растворы:

• алит с формулой  $\text{Ca}_{106} \text{Mg}_2 (\text{Na}_{1/4} \text{K}_{1/4} \text{Fe}_{1/2}) \text{O}_{36} (\text{Al}_2 \text{Si}_{34} \text{O}_{44})$ ;

- белит –  $\text{Ca}_{87}\text{Mg}\cdot\text{Al}\cdot\text{Fe}(\text{Na}_{1/2}\cdot\text{K}_{1/2})(\text{Al}_3\text{Si}_{42}\text{O}_{180})$ .

Из-за большого количества примесей в структурах алита и белита минерал получается «дефектный», неустойчивый и главное химически активный. В процессе гидролиза этих минералов и в результате последовательного ряда химических реакций образуются такие соединения кальция как гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроалюмоферриты. Примеси, внедрившиеся во внутрь минералов, составляют активную часть структуры цементного камня. Тут и кроется причина коррозии цементного камня при контакте примесей с водой, находящейся в порах конструкций. Долговечность бетона определяется временем от начала его эксплуатации до наступления разрушения. И это время можно существенно увеличить если правильно эксплуатировать сооружение [5].

От проникновения влаги в конструкцию пролетного строения моста защищает гидроизоляция-

онный слой мостового полотна. Устройство гидроизоляции важнейший технологический процесс, контролируемый представителем строительного контроля. В настоящее время в России выпускаются прекрасные гидроизоляционные материалы специально разработанные для мостовых сооружений [6]. Качество гидроизоляционных материалов различных видов и фирм исследовались многими исследователями [7]. Наиболее часто применяется техноэластность – гидроизоляционный битумно-полимерный рулонный материал, обладающий высокими характеристиками по прочности, гибкости и надежности со сроком службы не менее 60 лет. Производится в двух модификациях: марки С и Б [5]. Технология устройства гидроизоляции плиты проезжей части предусматривает надежное приклеивание материала к подготовленной поверхности с продольными и поперечными нахлестами, как показано на рисунке 1.

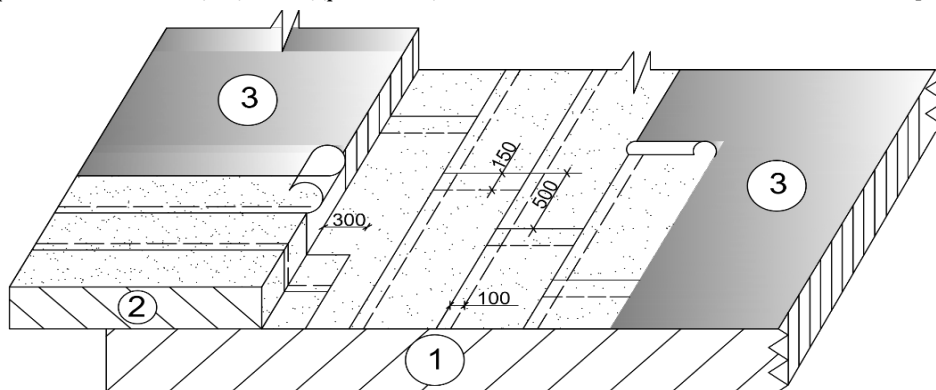


Рис. 1. Технология устройства гидроизоляции:

1 – плита проезжей части; 2 – тротуарной плиты; 3 – поверхности, покрытой слоем праймера (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Technology for waterproofing:

1 – roadway slabs; 2 – paving slab; 3 – surface covered with a layer of primer (illustration by the authors)

Если при устройстве гидроизоляции нарушена технология производства работ [8], был допущен брак или использовались не качественные материалы, тогда изоляция не справляется со своими функциями. Агрессивная среда начинает контактировать с цементным камнем,

что запускает процесс коррозии. Обследование моста в Волгограде выявили коррозионные процессы в плите проезжей части [9], представленные на рисунке 2. Эти выводы подтверждаются исследованиями других специалистов, полученных при обследовании мостов [10, 11].



а



б

Рис. 2. Коррозионные процессы в плите проезжей части:

а – карбонизация бетона плиты проезжей части, разрушение защитного слоя бетона, обнажение и коррозия арматуры; б – трещины в тротуарной консоли, высолы, образование карбонатов, коррозия стальных кронштейнов (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Corrosion processes in the roadway slab:

а – carbonization of concrete of the roadway slab, destruction of the protective layer of concrete, exposure and corrosion of reinforcement; б – cracks in the sidewalk console, efflorescence, formation of carbonates, corrosion of steel brackets (illustration by the authors)

### Метод

На цементный камень железобетонных конструкций моста, не защищенных от контакта с атмосферной влагой, влияет химически агрессивная воздушная среда. В зависимости от имеющихся в атмосфере соединений хлора, серы, сероводорода, углерода, которых в атмосфере

городов большое количество, образуются соединения, которые вступая в реакцию с водой, составляют вредные для бетонов среды – хлоридную, сульфатную, кислотную. Процессы, протекающие в бетоне при контакте с агрессивной средой представлены в таблице 1.

Таблица 1

Коррозионные процессы в бетоне		
Вид коррозии		Процессы в бетоне
1	2	3
1.	Хлоридная коррозия	Миграцией ионов хлора через области микротрещин, капилляров и открытые поры. Хлориды попадают в бетон антиобледенителями типа пескосолевой смеси. Хлор частично связывается в $\text{C}_3\text{A} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , но его большая часть остается в водном поровом растворе. Для портландцемента отношение $\text{Cl}^-/\text{OH}^-$ уменьшается с повышением содержания $\text{C}_3\text{A}$ . Скорость хлоридной коррозии для композиционных цементов несколько ниже, чем для обычного портландцемента. Связывание ионов $\text{Cl}^-$ и их диффузионная способность, определяет интенсивность хлоридной коррозии
2.	Сульфатная коррозия	Возникает под действием вод, содержащих сульфаты в виде сернокислых соединений $\text{CaSO}_4$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , $\text{MgSO}_4$ . При этом не происходит вымывание продуктов реакции из объема цементного камня, а, наоборот, образуются новые соединения, которые остаются в цементном камне и объем которых превышает исходный объем твердой фазы. Сульфат-ионы, содержащиеся в водных растворах, проникают в цементный камень и взаимодействуют с алюминатными минералами, что приводит к образованию этtringита $6\text{Ca}^{2+} + 2\text{Al}(\text{OH})_4^{1-} + 4\text{OH}^{1-} + 3\text{SO}_4^{2-} + 26\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{AS}_3\text{H}_{32}$ , который, кристаллизуясь, занимает объем в 4,76 раза больший, чем исходные соединения. Результатом этого являются внутренние напряжения, которые могут превысить предел прочности цементного камня на растяжение и вызвать трещины или разрушение материала. Сульфатная коррозия ведет также к образованию гипса $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CSH}_2$ . Этtringит и гипс образуются кристаллизацией из раствора [8]
3.	Кислотная коррозия	Портландцемент не является стойкими к действию кислот и наиболее сильное действие оказывают однопроцентные растворы соляной, серной, азотной кислот. Отрицательное воздействие кислот начинает проявляться уже при $\text{pH} = 6$ . Действие кислоты сводится к ее реакции с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и гидросиликатами кальция. В результате этого образуются легко растворимые соли, которые вымываются из тела бетона. Химические реакции взаимодействия бетона с кислыми средами рассмотрим на примере соляной кислоты. Реакции проходят по следующей схеме: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O};$ $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{CaCl}_2 + \text{SiO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}.$ Образующиеся в результате реакций нерастворимые соединения в виде рыхлых масс гидроксида кремния, алюминия или железа остаются в бетоне. Гидроалюминаты наименее стойки к действию кислот [8]
4.	Углекислотная коррозия	Кислые газы, находящиеся в атмосфере, главным образом углекислый газ, вызывающий углекислотную коррозию. Углекислый газ, находящийся в воздухе вступая в реакцию с водой, атмосферы образует угольную кислоту, которая в виде осадков попадает на проезжую часть мостов. Угольная кислота является очень слабой, но даже она может подвергнуть цементный камень химической коррозии. Этот вид коррозии отличается своеобразием и протекает в два этапа. Вначале идет реакция взаимодействия гидроксида кальция с $\text{CO}_2$ воздуха и водяными парами: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ , затем реакция продолжается с образованием кислого углекислого кальция: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Образующийся продукт растворим в воде. Процесс коррозии происходит с образованием кислого углекислого кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , и такой вид коррозии называют углекислотной
5.	Углекислая коррозия	Процесс может протекать и в воздушной среде, тогда, коррозию цементного камня называют углекислой
6.	Выщелачивание	При насыщении бетона не агрессивной, дождевой водой вначале происходит постепенное растворение содержащихся в цементном камне кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и вынос минерала из структуры бетона. Нарушается химическое равновесие между поровой жидкостью и основными составляющими цементного камня, которые подвергаются гидролизу, что приводит к образованию дополнительных пор и разрушению цементного камня. При периодическом воздействии пресной воды в виде дождя вначале на поверхности нижней грани плиты появляется белый известковый налет, затем в местах капельного стекания воды образуются известковые наросты в виде природных сталактитов



Развитие коррозионного процесса приводит к снижению плотности и соответственно происходит снижение прочности бетона. И тогда конструкция может потерять свои эксплуатационные качества и перейти в предельное состояние. Таким образом, видно, что влага является проводником агрессивных сред в бетон и необходимо не допустить ее проникновение в конструкцию моста.

Длительный процесс растворения вымывания кальция из цементного камня при постоянном просачивании влаги приводит к образованию и росту сталактитов, представленных на рисунке 3.



Рис. 3. Наросты-сталактиты на плите проезжей части (иллюстрация авторов)  
Fig. 3. Growths-stalactites on the roadway slab (illustration by the authors)

### Результаты и обсуждения.

Важнейшей проблеме – устройству водоотвода с проезжей части мостов посвящено много работ разных авторов [12–18]. Это подчеркивает то, что проблема актуальна и встречается повсеместно. Устройство водоотвода с поверхности проезжей части моста и тротуаров не всегда решает проблему защиты конструкций от проникновения влаги. Влага дренирует сквозь асфальтобетон покрытия, особенно когда атмосферные воды застаиваются на поверхности моста [19]. Эта общая проблема железобетонных мостов, встречается в разных городах. Например, в Волгограде (рис. 4а), в Красноярске (рис. 4б). Такое случае если уклоны не соответствуют нормативным требованиям. Влага при этом накапливается

в конструкции мостового полотна и просачивается через трещины гидроизоляционного слоя. В зимний период влага замерзает, разрушая поры и увеличивая трещины, в которых собирается еще больше влаги [20].

Защитить конструкцию мостового полотна и вместе с ней и плиту проезжей части можно, если удалять собирающуюся там влагу. Сконцентрировать воду мостового полотна в одном месте можно с помощью дренажа. Дренажный канал заделывается внутри мостового полотна непосредственно на гидроизоляционном слое [21]. Представляет собой пористую и вместе с тем прочную структуру, выдерживающую строительную и временные нагрузки и позволяющая дренирующей через асфальтобетон воде собираться в ее пустотах. Далее вода удаляется через трубку, закрепленную в железобетонной плите. Конструкция мостового полотна с дренажным каналом представлена на рисунке 5. Дренажный канал заполнен специально изготовленной структурой, обладающей прочностью и пористостью для сбора просочившейся влаги. Пористость материала возникает из-за пустот между зернами щебня.



Рис. 4. Дождевая вода на тротуаре моста:  
а – мост через реку Царицу в Волгограде; б – нет водоотвода с тротуара моста в Красноярске  
(иллюстрация авторов)  
Fig. 4. Rainwater on the sidewalk of the bridge:  
а – bridge over the Tsarina River in Volgograd; б – there is no drainage from the sidewalk of the bridge in Krasnoyarsk (illustration by the authors)

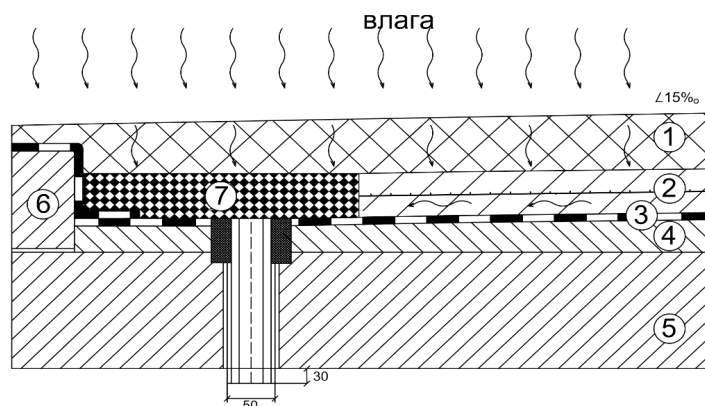


Рис. 5. Дренаж для сбора и удаления влаги из мостового полотна:  
1 – асфальтобетонное покрытие; 2 – защитный слой; 3 – гидроизоляция; 4 – выравнивающий слой;  
5 – плита проезжей части; 6 – тротуарная плита; 7 – дренажный канал (иллюстрация авторов)  
Fig. 5. Drainage for collecting and removing moisture from the bridge deck:  
1 – asphalt concrete coating; 2 – protective layer; 3 – waterproofing; 4 – leveling layer; 5 – roadway slab; 6 – paving slab;  
7 – drainage channel (illustration by the authors)

В составе структуры дренажа гранитный щебень фракции 10–15 мм и эпоксидный клей в качестве связующего. Соотношение щебень – эпоксидный клей 16:1. Клей на основе эпоксидной смолы ЭД-20 и отвердитель полиэтиленпо-

лиамин и пластификатор дибутилфталат в соотношении 100:11:10. Пустотность такой структуры более 50 %, а прочность около 5 МПа, что в полной мере отвечает требованиям к структуре дренажа. Такой конгломерат, условно называемый «козинаки» [22], представлен на рисунке 6.



Рис. 6. «Козинаки»:

а – вид; б – дренажный канал с ним (иллюстрация авторов)

Fig. 6. "Kozinaks": a – type; b – drainage channel with it (illustration by the authors)

### Заключение

Увеличение долговечности мостовых сооружений позволит снизить затраты на демонтаж старых отслуживших сооружений и новое строительство. Кроме этого, увеличится период между текущими и капитальными ремонтами мостов. Дополнительные затраты на устройство при строительстве или ремонте мостов дренажных каналов в мостовом полотне ничтожны по сравнению с увеличением срока службы мостов. Разумеется, на увеличение долговечности железобетонных сооружений оказывает влияние не только изоляция конструкций от проникновения агрессивной влаги. Нельзя

сбрасывать со счетов качество используемых материалов, соблюдение технологии строительства, качество изыскательских работ и другие факторы. Но защита конструкций от влаги остается важнейшим фактором сохранения функциональности мостовых сооружений. Влага, дренирующая через асфальтобетонное покрытие, имеет малый объем и удаляется с конструкций без сбора и очистки. Таким образом, устройство дренажных систем в мостовом полотне позволит увеличить долговечность мостовых сооружений.

### Список литературы

1. Саламахин П. А. Мосты и сооружения на дорогах : учебник : в 2 ч. / П. А. Саламахин, О. В. Воля, Н. П. Лукин и др. ; под ред. П. М. Саламахина. – Москва : Транспорт. 1991. – Ч. 2. – 448 с.
2. Макаров А. В. Вопросы экономичного восстановления эксплуатационных свойств мостов / А. В. Макаров, С. А. Калиновский, Т. В. Ерещенко, М. А. Павлова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – Вып. 4 (81). – С. 96–103.
3. Габова В. В. Исследование и повышение эффективности защитных строительных конструкций на автомобильной заправочной станции / В. В. Габова, В. Г. Поляков, В. П. Савенкова, И. А. Засадченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2024. – Вып. 2(95). – С. 14–23. – DOI: 10.35211/18154360\_2024\_2\_14.
4. Макаров А. В., Васильченко А. А., Магомедов Х. И. Роль опорных частей в долговременной работе мостов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 4 (46). – С. 5–8.
5. Овчинников И. Г. Обеспечение долговечности автодорожных мостов - пути решения проблемы / И. Г. Овчинников, О. Н. Распоров, И. И. Овчинников // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог : сборник научных трудов ОАО «ГИПРОДОРНИИ». – 2014. – № 5 (64). – С. 36–43.
6. ТЕХНОНИКОЛЬ. – Режим доступа: <https://www.tn.ru/catalogue/dlya-fundamentov/208/> (дата обращения: 12.04.2025), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Овчинников И. Г. Систематизация и сравнительный анализ различных типов гидроизоляции, применяемых на автодорожных мостовых сооружениях / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, Ш. Н. Валиев, С. В. Жеденова // Науковедение. – 2013. – №5 (18). – Идент. ном. ст. 56ТВН513.
8. Сахарова И. Д. О конструкциях дорожных одежд на мостовых сооружениях с железобетонной плитой проезжей части / И. Д. Сахарова // Информационный вестник «Мособлгосэкспертиза». – 2009. – Вып. № 4 (27). – С. 35–38.
9. Макаров А. В. Гидроизоляция железобетонных мостов – основная защита конструкций от коррозии / А. В. Макаров, С. В. Шатлаев, Г. Г. Гулуев // Инженерный Вестник Дона: электрон. журнал. – 2017. – № 2. – Режим доступа : <http://www.ivdon.ru>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

10. Пискун А. С. Методы натурного обследования железобетонного моста на примере моста через реку Косопаша / А. С. Пискун, Г. В. Ганец, Г. А. Аверченко // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, вып. 7. – С. 957–967.
11. Овчинников И. Г. Анализ особенностей устройства гидроизоляции некоторых типов на мостовых сооружениях с железобетонной плитой проезжей части / И. Г. Овчинников, Е. В. Зинченко // Проблемы водопостачания, водовідведення та гідраліки: Науково-технічний збірник. – Киев : КНУБА, 2011. – Вып. 17. – С. 55–59.
12. Петропавловских О. К. Совершенствование систем водоотвода с мостового полотна автодорожных мостов / О. К. Петропавловских, А. А. Ибрагимова, Р. Р. Садыков, А. Р. Галиев, Р. Ф. Губайдуллин // Известия КГАСУ. – 2022. – №1 (59). – С. 113–125.
13. Малышкина А. В., Овчинников И. И. Современные конструкции дорожных одежд на мостовых сооружениях с железобетонной плитой проезжей части / А. В. Малышкина, И. И. Овчинников // Вестник Евразийской науки. – 2021. – №3, – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/20SAVN321.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
14. Vlček P. Water Impact Reduction on the Deck of the Bridge Structure by Using Complete Drainage Installation / P. Vlček, J. Končický // Procedia Engineering. – 201240. – DOI: 10.1016/j.proeng.2012.07.130.
15. Пузанкова К. А. Обзор существующих методик гидравлических расчетов водоотводных подвесных лотков мостовых сооружений / К. А. Пузанкова, О. А. Логинова // Техника и технология транспорта. – 2021. – № 2 (21).
16. Костинский В. А. Гидроизоляция транспортных сооружений / В. А. Костинский. – Режим доступа: [grsm.narod.ru/Publications/Gidroizol.htm](http://grsm.narod.ru/Publications/Gidroizol.htm), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
17. Макаров А. В. Обследование мостовых сооружений с помощью современного оборудования / А. В. Макаров, Е. В. Крошнева, А. Ф. Файзалиев, М. А. Павлова, Д. М. Лепехина // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 7. – С. 10. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7095>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
18. Калиновский С. А. Роль мостов в повышении качества городской среды и создании архитектурного ансамбля города / С. А. Калиновский, А. В. Макаров, Д. А. Гурова, И. В. Шестопалов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 1 (39). – С. 90–94.
19. Макаров А. В. Астраханский мост в Волгограде: символ и проблемы / А. В. Макаров, В. Ю. Тян, А. В. Журавлев // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 4. – 9 с. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5320>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
20. Yang Z. J. Seasonal freezing effects on the dynamic behavior of highway bridges / Z. J. Yang, Li Q., G. Xu, J. L. Hulsey // Geotechnical Special Publication 2010 GeoShanghai International Conference – Soil Dynamics and Earthquake Engineering : Proceedings of the 2010 GeoShanghai International Conference. – Shanghai, 2010. – P. 162–168.
21. Сахарова И. Д. О конструкциях дорожных одежд на мостовых сооружениях с железобетонной плитой проезжей части / И. Д. Сахарова // Информационный вестник «Мособлгосэкспертиза». – 2009. – Вып. № 4 (27). – С. 35–38.
22. Сахарова И. Д. Новые конструктивно-технологические решения в мостовом полотне / И. Д. Сахарова, В. Ю. Казарян // Дороги. Инновации в строительстве. – Апрель 2013. – С. 36–39.

© А. В. Макаров, А. А. Васильченко, Д. В. Ивасик

#### Ссылка для цитирования:

Макаров А. В., Ивасик Д. В., Васильченко А. А. Влагозащита железобетонных мостов важный фактор их долговечности // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2025. № 4 (54). С. 12–17.

УДК 628.16:69.059.36:902/904

DOI 10.52684/2312-3702-2025-54-4-17-23

## ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПОДХОДЫ К ВОДОПОДГОТОВКЕ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ НА ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

**И. Н. Гарькин, Т. Ю. Мамелина**

**Гарькин Игорь Николаевич**, кандидат исторических наук, кандидат технических наук, заведующий кафедрой архитектуры, реставрации и дизайна, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: [igor\\_garkin@mail.ru](mailto:igor_garkin@mail.ru);

**Мамелина Татьяна Юрьевна**, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой «Защита в чрезвычайных ситуациях», Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет), г. Пенза, Российская Федерация; e-mail: [tmamelina@yandex.ru](mailto:tmamelina@yandex.ru)

Анализируется проблема деградации и разрушения аутентичных инженерных систем объектов культурного наследия под воздействием воды, подготовленной по стандартным современным методикам. Объекты культурного наследия анализируются как сложные инженерно-технические комплексы, чьи инженерные системы выполнены из исторически специфичных материалов (чугун, свинец, медь, ранние стали), обладающих