

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2023, Том 10, № 4 / 2023, Vol. 10, Iss. 4 <https://t-s.today/issue-4-2023.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/19SATS423.pdf>

DOI: 10.15862/19SATS423 (<https://doi.org/10.15862/19SATS423>)

2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (технические науки)

Вопросы проектирования, строительства и эксплуатации железобетонных мостовых сооружений в условиях сухого жаркого климата Республики Узбекистан

^{1, 2, 3}Валиев Ш.Н., ¹Ахмаджонов М.З., ^{2, 4, 5}Овчинников И.Г.

¹ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

³ООО «Малое инновационное предприятие

«Научно-Инженерный Центр Мостов и Сооружений», Москва, Россия

⁴ФГАОУ ВО «Пермский национальный

исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия

⁵ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Ахмаджонов Мирали Зафар угли, e-mail: miralee7@mail.ru

Аннотация. Отмечается, что в Узбекистане климат сухой и жаркий, сам регион сейсмически активный, что накладывает особые требования к проектированию, строительству и эксплуатации мостов. Приводятся характерные типы пролетных строений железобетонных мостов в республике. Рассмотрены особенности применения железобетона в условиях сухого жаркого климата. Описываются рекомендуемые приемы снижения отрицательных эффектов при создании железобетонных конструкций и преимущества применения монолитного бетона в мостостроении Узбекистана. Рассмотрены характерные повреждения железобетонных мостовых сооружений республики Узбекистан и приведены примеры их проявления на мостах. Анализируются особенности организации эксплуатации в республике и рассматриваются три периода эксплуатации (до 1955 года, с 1955 по 1990 год, и после 1991 года по настоящее время. Далее анализируются недостатки метода расчета по

предельным состояниям, и обсуждается необходимость применения деформационного подхода, согласно которому к известным трем сторонам задачи расчета конструкций: статической, геометрической и физической добавляются уравнения, описывающие кинетику процессов взаимодействия конструкций и составляющих их материалов с агрессивными внешними средами и полями, зависимости, связывающие характеристики материалов конструкции с параметрами внешних воздействий, и уравнения, описывающие развитие повреждений, приводящих к постепенному разрушению конструкции.

Ключевые слова: железобетонные мосты; монолитное мостостроение; эксплуатационное состояние мостов; повреждения мостовых сооружений; влияние сухого жаркого климата на железобетон; ограничения метода предельных состояний; применение деформационных моделей

Design, construction and operation issues of reinforced concrete bridge structures in dry hot climate conditions of the Republic of Uzbekistan

^{1, 2, 3}Sherali N. Valiev, ¹Mirali Z. Akhmadjonov, ^{2, 4, 5}Igor G. Ovchinnikov

¹Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia

²Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

³Small Innovative Enterprise «Scientific and Engineering Center of Bridges and Structures», Moscow, Russia

⁴Perm National Research Polytechnic University, Perm Russia

⁵Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

Corresponding author: Mirali Z. Akhmadjonov, e-mail: miralee7@mail.ru

Abstract. It is noted that in Uzbekistan the climate is dry and hot, the region itself is seismically active, which imposes special requirements to design, construction and operation of bridges. Characteristic types of reinforced concrete bridge superstructures in the republic are given. Peculiarities of reinforced concrete application in conditions of dry hot climate are considered. Recommended methods of reducing negative effects when creating reinforced concrete structures and advantages of using monolithic concrete in bridge construction in Uzbekistan are described. Characteristic damages of Uzbekistan reinforced concrete bridge structures are considered and examples of their manifestation on bridges are given. Maintenance organization peculiarities in the republic are analyzed and three operation periods are considered (before 1955, from 1955 to 1990, and after 1991 up to the present time). Further the disadvantages of the calculation by limit states

method are analyzed, and the necessity of deformation approach application is discussed, according to which to the known three sides of the structures calculation problem: static, geometrical and physical are added equations describing kinetics of structures interaction processes and their constituent materials with aggressive external media and fields, dependences connecting characteristics of structure materials with external influences parameters, and equations describing damages development, leading to the gradual collapse of the structure.

Keywords: reinforced concrete bridges; monolithic bridge construction; operational condition of bridges; damage of bridge structures; influence of dry hot climate on reinforced concrete; limitations of limit state method; application of deformation models

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons “Attribution” 4.0 Global License



Анализ состояния проблемы

The problem state analysis

Узбекистан располагается в Среднеазиатском районе и граничит с такими республиками как: Афганистан, Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан. Столица Узбекистана город Ташкент. На юге республики располагается Аральское море площадью 66 тысяч квадратных километров, в которое впадают реки Амударья и Сырдарья. Меньшая часть территории республики Узбекистан (порядка 40 %) представляет собой пустынную местность, а на востоке и юго-востоке располагаются горные области, к которым относятся предгорья и горы Тянь-Шаня. Такое расположение и состав территории Узбекистана приводит к тому, что климат в республике сухой и жаркий, то есть резко континентальный, причем температура воздуха в летние месяцы может превышать 42 градуса по Цельсию, а в пустынных регионах в жаркий период даже может достигать 70 градусов по Цельсию. В результате Узбекистан является засушливым регионом с небольшим суммарным количеством осадков, которое в подавляющей части территории составляет не больше 200–300 мм. Также следует отметить, что территория Узбекистана относится к высоко сейсмичным, причем сейсмичность может достигать 8–9 баллов, и в столице Узбекистана за год может быть зарегистрировано не менее 700 толчков.

Суммарная протяжённость автомагистралей в Узбекистане достигает 183 тысячи км, причем к дорогам общего пользования относится 42,6 тысячи км. Мосты в Узбекистане преимущественно железобетонные, этот материал широко применяется в балочных пролетных строениях длиной до 50 метров. Распределение мостов по длинам пролетов показано на рисунке 1.

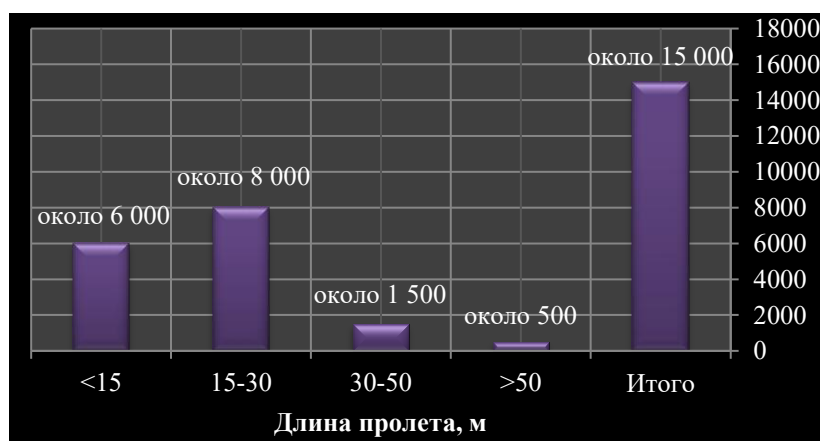


Рисунок 1. Количество мостовых сооружений в Узбекистане в зависимости от длины пролета (составлен авторами)

Figure 1. Number of bridge structures in Uzbekistan depending on span length (compiled by the authors)

До недавних пор при изготовлении мостовых сооружений Узбекистана использовались в основном сборные плитные и ребристые железобетонные пролетные строения, характерные типы поперечных сечений которых приведены на рисунках 2 и 3.

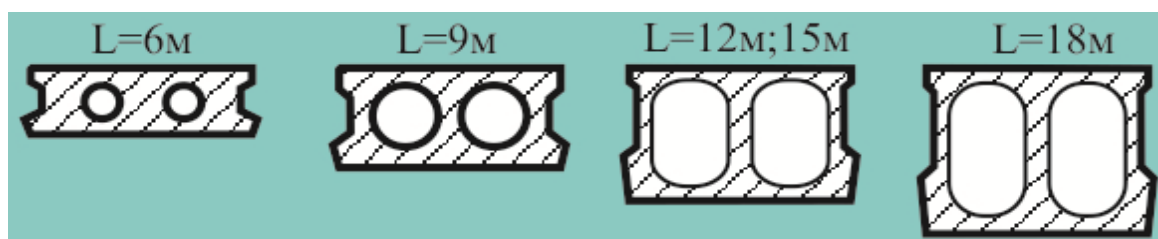


Рисунок 2. Характерные типы плитных поперечных сечений для пролетных строений различной длины (составлен авторами)

Figure 2. Characteristic types of slab cross-sections for different lengths spans (compiled by the authors)

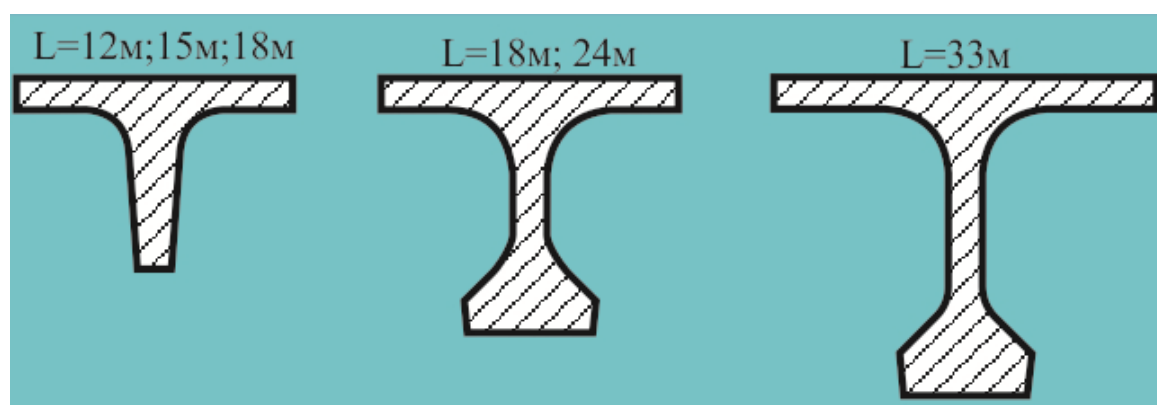


Рисунок 3. Характерные типы ребристых поперечных сечений для пролетных строений различной длины (составлен авторами)

Figure 3. Characteristic types of gilled cross-sections for different lengths spans (compiled by the authors)

Особенности применения железобетона в сухом жарком климате

Peculiarities of reinforced concrete application in dry hot climate

Как уже говорилось, для сооружения мостов в Узбекистане интенсивно использовался и продолжает использоваться железобетон, причем в последнее время монолитный железобетон. Следует заметить, что сухая жаркая погода, характерная для республики, приводит к необходимости корректировать обычные технологии создания и даже эксплуатации железобетонных мостовых сооружений. Например, следует учитывать довольно быструю потерю подвижности бетонной смеси при ее транспортировке и выдерживании до укладки, возможное растрескивание бетона в процессе твердения и набора прочности, из-за значительной

начальной усадки бетонной смеси, неравномерность температурного поля в железобетонных конструкциях из-за меняющегося направления освещения и нагрева солнечными лучами. Все это может привести к сокращению долговечности мостовых железобетонных сооружений.

Поэтому воздействие сухого и засушливого климата, характерного для Узбекистана, представляет собой весьма важный фактор, недоучет которого может привести к снижению грузоподъемности, потере устойчивости, сокращению долговечности, как опор, так и пролетных строений, что, в конечном счете, вызовет повышение аварийности мостовых сооружений.

Следовательно, учет воздействия сухого и засушливого климата на кратковременные (прочность и жесткость) и длительные (ползучесть, релаксация) механические характеристики материалов мостовых сооружений (бетона и железобетона), работающих в условиях Узбекистана, необходим.

Следует заметить, что жаркая и сухая погода интенсивно действует на монолитный бетон, так как для сборного бетона, изготавливающегося на заводе МЖБК, должны быть созданы все нормальные условия для изготовления и хранения пролетных строений.

Отметим, что исследования проблемы влияния сухого жаркого климата на железобетонные конструкции при различных схемах нагружения проводятся уже довольно давно. Сошлемся на авторефераты диссертационных исследований¹ и публикации [1–3].

Особенности технологии возведения железобетонных пролетных строений мостовых сооружений в условиях сухого жаркого климата рассмотрены в книге [4] и статьях [5–8].

Сухая и жаркая погода оказывает неблагоприятное воздействие на технологию выполнения бетонных работ при изготовлении мостовых конструкций, приводя к быстрой потере подвижности бетонной смеси при

¹ Зезари С.Ф. Прочность и деформативность изгибаемых железобетонных конструкций в условиях сухого жаркого климата. Автореферат дис. ... кандидата технических наук. Москва. 1992. 21 с.

Ризаев Б.Ш. Прочность, деформативность и трещиностойкость внецентренно-сжатых железобетонных элементов в условиях сухого жаркого климата. Автореферат дис. ... кандидата технических наук. Ташкент. 1995. 19 с.

Камбаров Х.У. Железобетонные конструкции в условиях жаркого климата. Автореферат дис. ... доктора технических наук. Ташкент. 1998. 38 с.

Седнави Гассан. Напряженно-деформированное состояние железобетонных пролетных строений мостов с учетом ползучести бетона в условиях жаркого климата. Автореферат дис. ... кандидата технических наук. Москва. 2010. 25 с.

Холмирзаев С.А. Деформативность, трещиностойкость и прочность сжатых железобетонных элементов из керамзитобетона в сухом жарком климате. Автореферат дис. ... кандидата технических наук. Ташкент. 2023.

ее транспортировке, а также во время выдерживания ее до укладки; к интенсивному обезвоживанию свежесуложенного бетона; к увеличению водопотребности бетонной смеси; значительному растрескиванию твердеющего бетона. Значительная начальная пластическая усадка бетона может приводить к раннему растрескиванию бетонных и особенно железобетонных конструкций, снижению механических характеристик бетона и в результате к резкому снижению его долговечности. И это не весь перечень отрицательных последствий воздействия указанных погодных условий.

Пластическая усадка уложенной бетонной смеси приводит к неравномерным послойным усадочным деформациям (изменению формы и размеров), значительно различающиеся по величине и скорости проявления. В результате в поверхностных слоях бетона возникают растягивающие напряжения, превышение которыми прочности бетона на растяжение приводит к появлению довольно значительных по длине и ширине усадочных трещин (макротрещин), которые могут достигать в длину 1–1,5 м, в глубину до 100–200 мм с шириной раскрытия до 3–4 мм и более.

С целью снижения отрицательных эффектов при транспортировке и твердении бетона следует соблюдать такие правила:

- продолжительность перемешивания бетона в условиях жаркого и сухого климата увеличивается на 30–50 %;
- транспортировка бетонной смеси производится автобетоносмесителями или в автобетоновозах, причем бетонная смесь в сухом виде загружается в автобетоносмесители и перевозится к месту производства работ и там бетон перемешивается;
- использовать ПАВ — добавки (поверхностно-активные, пластифицирующие, пластифицирующе-воздухововлекающие);
- бетон увлажняется раз в два часа, при температуре воздуха от 30 до 35 градусов, при температуре 35–40 градусов увлажнение раз в полтора часа, при температуре выше 40 увлажнение раз в час. Ночью можно в два раза увеличивать перерывы между поливами бетона;
- Наиболее эффективным способом ускорения процесса затвердевания бетона в последнее время считается применение солнечной энергии при одновременном использовании полимерных защитных покрытий (при использовании такой технологии нужный уровень прочности достигается бетонными конструкциями в течение двух — трех дней.

Интенсивное применение монолитного бетона в мостостроении республики Узбекистан обусловлено такими его преимуществами [9]:

- позволяет увеличить длину пролетных строений мостов до 42 метров при использовании бетона класса В55, арматуры класса К7, причем с учетом сейсмических условий Узбекистана;
- повышается надежность монолитных железобетонных конструкций при действии значительных нагрузок, в том числе и сейсмического характера;
- появляется возможность создавать конструкции эстетически привлекательной формы, что особенно важно для городских условий.

Характерные повреждения железобетонных мостовых сооружений республики Узбекистан

Characteristic damages of reinforced concrete bridge structures in the Republic of Uzbekistan

Представляет большой интерес оценка эксплуатационного состояния и характерных повреждений железобетонных мостовых сооружений республики Узбекистан. По данным ряда исследований [10; 11] можно отметить, что на 2022 год имеем следующее:

- 52,7 % мостов находятся в удовлетворительном состоянии;
- 40,9 % мостов требуют ремонта;
- 6,4 % мостов — не пригодны к эксплуатации, то есть относятся к аварийным.

Как известно, существующие нормативные документы республики Узбекистан, требуют проведения регулярных обследований и оценки эксплуатационного состояния мостовых сооружений с целью разработки и реализации мероприятий по обеспечению их дальнейшей безопасной эксплуатации. Однако в Узбекистане до недавнего времени такая работа практически не проводилась, в результате чего эксплуатационное состояние многих мостов Узбекистана неудовлетворительное, хотя ресурс их еще далеко не исчерпан.

Отметим наиболее характерные повреждения железобетонных мостовых сооружений республики Узбекистан:

- Нарушение устойчивости мостовых опор вследствие общего и местного размыва грунта во время паводков; рисунок 4 иллюстрирует последствия размыва устоя моста через реку Сангзар.



Рисунок 4. Размыв береговой опоры моста через реку Сангзар [10]

Figure 4. Fender pier erosion of the bridge over the Sangzar River [10]

- Карбонизация и хлоридная коррозия железобетонных конструкций мостовых сооружений, причиной которых является недостаточная толщина защитного слоя бетона (рис. 5).



Рисунок 5. Отслоение защитного слоя бетона и коррозия арматуры, вызванные совместным действием хлоридов и карбонизации [10]

Figure 5. Detachment of concrete protective layer and corrosion of reinforcement caused by combined action of chlorides and carbonisation

- Повреждения плит проезжей части, оголовков опор и деформационных швов, причиной которых является некачественная гидроизоляция и плохо организованный водоотвод с проезжей части и от деформационных швов (рис. 6).



Рисунок 6. Замачивание ригеля мостовой опоры из-за нарушения водоотвода [10]

Figure 6. Moistening of the bridge abutment transom due to water drainage failure [10]

- Усадочные, температурные, силовые и коррозионные трещины в железобетонных пролетных строениях и опорах, вызванные различными

причинами технологического и эксплуатационного характера (некачественный уход при бетонировании, пропуск сверхнормативной нагрузки, коррозия арматуры, вызванная действием карбонизации и хлоридов.

- Повреждения деформационных швов, вызванные неправильным их подбором, некачественной установкой и анкерровкой, отсутствием переходных участков для сглаживания перепадов жесткостей при проезде с дорожной одежды на деформационные швы, быстрым уплотнением дорожной одежды на подходах к деформационным швам.²

- Повреждения опорных частей из-за использования недолговечных конструкций опорных частей, неправильного их подбора и установки; в результате происходит коррозионное разрушение металлических элементов опорных частей, наблюдаются сколы торцов пролетных строений, заклинивание опорных частей.³

- Повреждения дорожной одежды из-за неправильного назначения конструкции дорожной одежды (заметим, что дорожная одежда на мостовых сооружениях должна отличаться от дорожной одежды на дорогах), использования некачественных материалов, плохого водоотвода [12].⁴

- Повреждения перильных ограждений, вызванные некачественным бетонированием, отсутствием антикоррозионной защиты (рис. 7) [13].



Рисунок 7. Пример повреждения железобетонных перильных ограждений моста [10]

Figure 7. Example of damage to reinforced concrete bridge railings [10]

² Овчинников И.Г., Раткин В.В., Макаров В.Н., Пискунов А.А. Деформационные швы автодорожных мостов. Казань. Изд-во КазГАСА 2003. 136 с. http://www.bridgeart.ru/defshov/books_ej_01.htm.

Ефанов А.В., Овчинников И.Г., Шестериков В.И., Макаров В.Н. Деформационные швы автодорожных мостов: особенности конструкции и работы. Саратов: СГТУ, 2005. — 174 с. <https://knigogid.ru/books/1867212-deformacionnye-shvy-avtodorozhnyh-mostov-osobennosti-konstrukcii-i-raboty>.

³ Овчинников И.Г., Раткин В.В., Алексеенко И.В., Макаров В.Н., Дядькин С.Н. Современные конструкции опорных частей автодорожных мостов. Саратов. Изд-во СГТУ. 2004. 130 с. https://rusneb.ru/catalog/000219_000026_RU_ГПНТБ+России_IBIS_0000376660/.

⁴ Овчинников И.Г., Щербаков А.Г., Дядькин С.Н., Раткин В.В., Макаров В.Н., Сахарова И.Д., Бец В.А., Горшков В.П. Проезжая часть автодорожных мостов: дорожная одежда, гидроизоляция, водоотвод. Саратов. Изд-во СГТУ. 2003. 207 с. <https://elibrary.pstu.ru/Author/Home?author=Дядькин+С.+Н.>

Об организации эксплуатации мостовых сооружений в республике Узбекистан

On the organization of bridge structures operation in the Republic of Uzbekistan

Следуя источнику [11] можно выделить три таких периода в эксплуатации мостов Узбекистана:

Первый период (до 1955 года). В это время мосты проектировались и строились в соответствии с нормативными документами советского периода, так как Узбекистан был частью Советского Союза.

Второй период (с 1955 по 1990 год). В это время интенсивно развивалась «железобетонная» наука, в 1955 году был принят как основной метод расчета конструкций — метод расчета по предельным состояниям. В этом методе основное внимание уделялось только анализу сечений конструктивных элементов, причем нагрузки рассматривались не рабочие, а предельные.

Таким образом, в методе предельных состояний анализировалось только предельное состояние, а вот путь, который приводил к наступлению такого предельного состояния не рассматривался и не исследовалось поведение конструкций при рабочих уровнях нагружения без учета причин, которые делали эти рабочие нагрузки предельными.

Третий период (с 1991 года по настоящее время). Вследствие распада Советского Союза Туркменистан стал отдельной республикой, и в нем появилась огромная потребность в мостовых сооружениях, запроектированных и построенных в соответствии с новыми нормативами.

Заключение

Conclusion

Начиная с 1991 года, в республике ведется интенсивный ремонт и строительство новых мостовых сооружений, отремонтировано и построено более 175 мостовых сооружений, путепроводов, а также транспортных развязок. Причем в последнее время реализуется переход от сборного, к монолитному железобетонному мостостроению.

Обращаясь к методу предельных состояний, отметим три его особенности применительно к бетонным и железобетонным конструкциям.

Во-первых, в этом методе разработана методика расчетной оценки несущей способности железобетонных конструкций, а вот задача оценки действующих на конструкции нагрузок рассматривается только в нормативных документах, которым по известной привычке расчетчиков преклоняться перед нормативными документами принято доверять

полностью. Правда, в последнее время появилась книга [14], однако и в ней проблема нагрузок на транспортные сооружения рассмотрена поверхностно.

Во-вторых, в методе предельных состояний не рассматривается процесс достижения предельного состояния за счет изменения механических характеристик материалов под влиянием условий эксплуатации, как реально имеет место в большинстве конструкций.

В-третьих, при использовании метода предельных состояний прочностной расчет производится с использованием одного набора гипотез, который отбрасывается при деформационном расчете и определении перемещений.

Поэтому мы полагаем, что расчеты железобетонных конструкций должны учитывать не только действие нагрузок, но и воздействие агрессивной эксплуатационной среды, приводящей к изменению механических и геометрических характеристик конструкций и материалов (и бетона и арматуры), то есть расчеты следует производить с учётом изменения расчетных схем, вызванных совместным действием нагрузок и эксплуатационной среды.

В строительной отрасли для расчета железобетонных конструкций сейчас широко применяется деформационный подход, обеспечивающий корректную увязку и деформационной и прочностной сторон задачи расчета конструкций.

При этом в дополнение к уравнениям равновесия (статической стороне задачи), геометрическим соотношениям и уравнениям неразрывности, а также нелинейным физическим соотношениям добавляется комплекс кинетических уравнений, моделирующих процесс воздействия агрессивных эксплуатационных сред на эксплуатируемые конструкции. К полученной системе уравнений добавляются также кинетические уравнения относительно скалярных или тензорных параметров поврежденности, моделирующих процесс развития повреждений того или иного вида и вызывающих в конечном счете разрушение конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ризаев, Б.Ш.** Деформативные характеристики тяжелого бетона в условиях сухого жаркого климата / Б.Ш. Ризаев, Р.А. Мавлонов // Вестник Науки и Творчества. — 2017. — № 3. — С. 114–118. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28915446>. — EDN YITRHH. (дата обращения: 12.10.2023).
2. **Ризаев, Б.Ш.** Анализ влияния сухого жаркого климата на работу железобетонных элементов / Б.Ш. Ризаев, Т.И. Эгамбердиева // Экономика и социум. — 2021. — № 6-2. — С. 191–196. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46425852>. — EDN BDETAW. (дата обращения: 12.10.2023).
3. **Ризаев, Б.Ш.** Деформации усадки бетона в условиях сухого жаркого климата / Б.Ш. Ризаев, А.Т. Мамадалиев, И.И. Умаров // Экономика и социум. — 2022. — № 1-2. — С. 455–462. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48005890>. — EDN JPAHAV. (дата обращения: 12.10.2023).

4. Липсмайер, Г. Строительство в условиях жаркого климата / Г. Липсмайер. — Пер. с англ. А.С. Брига. — М.: Стройиздат, 1984. — 189 с.
5. Чижов, С.В. Метод возведения дисперсно-армированных железобетонных пролётных строений мостов в условиях сухо-жаркого климата / С.В. Чижов, Э.Т. Яхшиев // Наукоедение. — 2016. — Т 8. — № 5. — С. 05TVN516. — URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/05TVN516.pdf>. — EDN XCMQUB. (дата обращения: 12.10.2023).
6. Тринкер, А.Б. Технологии бетонов в жарком климате / А.Б. Тринкер // Технологии бетонов. — 2018. — № 1-2. — С. 47–49. — URL: <http://www.tehnoibeton.ru/pdf/2018-1-2/47-49.pdf>. — EDN OULMKH. (дата обращения: 12.10.2023).
7. Арчакова, В.А. Особенности производства бетонных работ в жарком и сухом климате / В.А. Арчакова, А.Ю. Давиденко // Наука молодых — будущее России: сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 томах, Курск, 11–12 декабря 2018 года. Том 4. / Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2018. — С. 19–22. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36764128>. — EDN YTPULJ. (дата обращения: 12.10.2023).
8. Бельхадж, С. Технология бетонирования в условиях жаркого климата Марокко / С. Бельхадж, Р.А. Ибрагимов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. — 2020. — № 2. — С. 41–48. — URL: https://izvestija.kgasu.ru/files/2_2020/41_48_Belkhadj_Said_Ibragimov.pdf. — EDN KDBJYP. (дата обращения: 24.10.2023).
9. Шермухамедов, У.З. Современные подходы проектирования и строительства мостов и путепроводов в республике Узбекистан / У.З. Шермухамедов, А.Б. Каримова. — DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.742252> // Science and innovation. — 2022. — Т 1. — № 8. — С. 647–656. — URL: <https://zenodo.org/records/7422524>. (дата обращения: 24.10.2023).
10. Ганиев, И.Г. Эксплуатационное состояние железобетонных мостов под эксплуатационными нагрузками / И.Г. Ганиев // The scientific journal vehicles and roads. — 2022. — Т 2. — № 2. — С. 108–124. — URL: <https://transportjournals.uz/index.php/vihles/article/view/86>. (дата обращения: 24.10.2023).
11. Хамдамов, У.Ю. Общее техническое состояние мостов и путепроводов на сети автомобильных дорог Республики Узбекистан / У.Ю. Хамдамов, Х.А. Байбулатов, З.Д. Калпенова // Тенденции и инновации современной науки: материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск, 19 октября 2022 года. / Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2022. — С. 17–21. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49706104&pff=1>. — EDN HLCXWL. (дата обращения: 24.10.2023).
12. Овчинников, И.Г. Мостовое полотно автодорожных мостов с применением литого асфальтобетона и современных деформационных швов / И.Г. Овчинников, В.П. Макаров, С.Л. Согоцян [и др.]. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2004. — 214 с.
13. Овчинников, И.Г. Защита от коррозии металлических и железобетонных мостовых конструкций методом окрашивания / И.Г. Овчинников, А.И. Ликверман, О.Н. Распоров [и др.]. — Саратов: КУБиК, 2014. — 504 с.
14. Гордеев, В.Н. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А. Пашинский [и др.]. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. — 482 с.

Сведения об авторах:

Валиев Шерали Назаралиевич — кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Мосты, тоннели и строительные конструкции», ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия, доцент Базовой кафедры «АО Мостострой-11», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия, ООО «Малое инновационное предприятие «Научно-Инженерный Центр Мостов и Сооружений», Москва, Россия, e-mail: vshn2014@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6326-2233>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=284723
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/HLX-1425-2023>

Ахмаджонов Мирали Зафар угли — аспирант кафедры «Мосты, тоннели и строительные конструкции», ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия, e-mail: miralee7@mail.ru

Овчинников Игорь Георгиевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор Базовой кафедры «АО Мостострой-11», ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия, профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты», ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия, профессор кафедры «Мосты и транспортные тоннели», ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург, Россия, e-mail: bridgesar@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0617-3132>
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=2922
WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/J-5539-2013>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7102605749>
SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191523105>

Статья получена: 31.01.2024. Принята к публикации: 16.02.2024. Опубликовано онлайн: 01.03.2024.

REFERENCES

1. Rizayev B.Sh., Mavlonov R.A. [Deformation characteristics of heavy concrete in dry, hot climates]. *Vestnik Nauki i Tvorchestva*. 2017; (3): 114–118. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28915446> (accessed 12th October 2023). (In Russ.).
2. Rizaev B.Sh., Egamberdieva T.I. Analysis of the Influence of a Dry Hot Climate on The Work of Reinforced Concrete Elements. *Ekonomika i sotsium*. 2021; (6-2): 191–196. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46425852> (accessed 12th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
3. Rizaev B.Sh., Mamadaliev A.T., Umarov I.I. Shrinkage Deformations of Concrete Under Conditions of Dry Hot Climate. *Ekonomika i sotsium*. 2022; (1-2): 455–462. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48005890> (accessed 12th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
4. Lippsmeier G. Tropenbau. Buildings in the Tropics. München: Callwey Verlag; 1969. (In German).
5. Chizhov S.V., Yahshiev E.T. The method of construction of the dispersion-reinforced concrete bridge spans in a dry, hot climate. *Naukovedenie*. 2016; 8(5): 05TVN516. Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/05TVN516.pdf> (accessed 12th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
6. Trinker A.B. Technologies of Concrete in Hot Climates. *Concrete Technologies*. 2018; (1-2): 47–49. Available at: <http://www.tehnobeton.ru/pdf/2018-1-2/47-49.pdf> (accessed 12th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Archakova V.A., Davidenko A.Yu. [Features of concrete work in hot and dry climates]. In: [Science of the young — the future of Russia: collection of scientific articles of the 3rd International Scientific Conference of Advanced Developments of Young Scientists: in 6 volumes, Kursk, December 11–12, 2018. Volume 4.]. Kursk: Universitetskaya kniga; 2018. p. 19–22. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36764128> (accessed 12th October 2023). (In Russ.).
8. Belhaj S., Ibragimov R.A. Concrete technology in the hot climate of Morocco. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2020; (2): 41–48. Available at: https://izvestija.kgasu.ru/files/2_2020/41_48_Belkhadj_Said_Ibragimov.pdf (accessed 24th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
9. Shermukhamedov U.Z., Karimova A.B. Modern Approaches to Design and Construction of Bridges and Overpasses in The Republic of Uzbekistan. *Science and innovation*. 2022; 1(8): 647–656. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.742252>.
10. Ganiev I.G. Operational Condition of Reinforced Concrete Bridges Under Operational Loads. *The scientific journal vehicles and roads*. 2022; 2(2): 108–124. Available at: <https://transportjournals.uz/index.php/vihles/article/view/86> (accessed 24th October 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

11. Khamdamov U.Yu., Baybulatov Kh.A., Kalpenova Z.D. [General technical condition of bridges and overpasses on the highway network of the Republic of Uzbekistan]. In: [*Trends and innovations of modern science: materials of the International (correspondence) scientific and practical conference, Neftekamsk, October 19, 2022.*]. Neftekamsk: Scientific Publishing Center "World of Science"; 2022. p. 17–21. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49706104&pff=1> (accessed 24th October 2023). (In Russ.).
12. Ovchinnikov I.G., Makarov V.P., Sogots'yan S.L., Efanov A.V., Sogots'yan L.S. Mostovoye polотно avtodorozhnykh mostov s primeneniym litogo asfal'tobetona i sovremennykh deformatsionnykh shvov [Bridge deck of road bridges using cast asphalt concrete and modern expansion joints]. Saratov: Yuri Gagarin State Technical University of Saratov; 2004. (In Russ.).
13. Ovchinnikov I.G., Likverman A.I., Rasporov O.N. Corrosion protection of steel and reinforced concrete bridge structures by staining method. Saratov: KUBiK; 2014. (In Russ.).
14. Gordeyev V.N., Lantukh-Lyashchenko A.I., Makhin'ko A.V., Pashinskiy V.A., Perel'muter A.V., Pichugin S.F. Nagruzki i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya [Loads and impacts on buildings and structures]. Moscow: Izdatel'stvo Assotsiatsii stroitel'nykh vuzov; 2007. (In Russ.).

Information about the authors:

Sherali N. Valiev — Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, Small Innovative Enterprise «Scientific and Engineering Center of Bridges and Structures», Moscow, Russia, e-mail: vshn2014@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6326-2233>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=284723

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/HLX-1425-2023>

Mirali Z. Akhmadjonov — Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia, e-mail: miralee7@mail.ru

Igor G. Ovchinnikov — Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia, Perm National Research Polytechnic University, Perm Russia, Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia, e-mail: bridgesar@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0617-3132>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=2922

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/J-5539-2013>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7102605749>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57191523105>

Submitted: 31st January 2024. Revised: 16th February 2024. Published online: 1st March 2024.