

УДК 624.04

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

И. Г. Овчинников^{1, 2}, И. И. Овчинников¹, Б. Б. Жаналиев¹, Н. Б. Кудайбергенов³

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

³ Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

ISSUES OF APPLICATION OF MODERN REGULATORY DOCUMENTS FOR THE CALCULATION OF TRANSPORTATION STRUCTURES

Igor G. Ovchinnikov^{1, 2}, Ilya I. Ovchinnikov¹, Bekzat B. Zhanaliev¹, Nurlan B. Kudaibergenov³

¹ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

³ L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Аннотация. В сфере транспортного строительства разработано порядка 400 нормативных документов, однако корректность и актуальность некоторых из них вызывает сомнение. Отсутствие единой терминологии, наличие противоречий, увеличение объемов создаваемой документации существенно осложняют ее применение. Помимо недостатков общего характера, существует и ряд частных проблем. Например, авторы настоящего исследования указывают на некорректность применения положений методики предельных состояний для расчета конструкций, так как в данной методике рассматриваются предельные (экстремальные) нагрузки, а закономерности реального поведения конструкции при более низких, то есть рабочих уровнях нагрузок остаются неизвестными. Кроме того, в методике расчета по предельным состояниям не учитывается долговечность – она не определяется. При расчете по методике предельных состояний на действие только нагрузок при неизвестных других эксплуатационных воздействиях предельное состояние реализуется путем достижения этой нагрузкой некоторой предельной ве-

Abstract. About 400 normative documents were developed in the field of transportation construction, but the correctness and relevance of some of them is questionable. The lack of a unified terminology, the presence of contradictions and the increasing volume of documentation significantly complicate its use. In addition to general disadvantages, there are a number of private problems. For example, the authors point out the incorrect use of the limit states methodology for the calculation of structures, since this methodology considers limit (extreme) loads, and the regularities of the real behavior of the structure at lower levels of loads are unknown. In addition, the calculation according to limit states methodology does not take into account durability (it is not defined). When calculating using this methodology for the action of only loads with other unknown operating influences, the limit state is realized by reaching a certain limit value by this load. In reality, the limit state may occur due to changes in the shape of the structure, dimensions of cross-sections of structural elements and, more often, due to degradation of its material properties

личины. В реальных же условиях предельное состояние может наступить вследствие изменения формы конструкции, размеров сечений элементов конструкции и чаще – деградации свойств ее материала под влиянием условий эксплуатации. Для расчета конструкций необходимо более широкое применение деформационного подхода, согласно которому и прочностная, и деформационная задачи расчета конструкций корректно взаимосвязаны, и их гипотезы не противоречат друг другу.

Ключевые слова: нормативные документы, предельные состояния, деформационный подход, учет воздействия агрессивных сред, долговечность

Для цитирования: Проблемы применения современных нормативных документов для расчета транспортных сооружений / И. Г. Овчинников, И. И. Овчинников, Б. Б. Жаналиев, Н. Б. Кудайберген. – DOI 10.31660/2782-232X-2024-1-116-122. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2024. – № 1 (107). – С. 116–122.

For citation: Ovchinnikov, I. G., Ovchinnikov, I. I., Zhanaliev, B. B., & Kudaibergenov, N. B. (2024). Issues of application of modern regulatory documents for the calculation of transportation structures. Architecture, Construction, Transport, (1(107)), pp. 116-122. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-2024-1-116-122.

1. Введение

Анализ нормативных документов, регламентирующих отрасль транспортного строительства, позволил выявить ряд причин, которые затрудняют их применение. Игнорирование и замалчивание существующей проблемы способно привести к неблагоприятным последствиям. Чтобы обратить на нее внимание специалистов отрасли, осветим некоторые аспекты обозначившейся проблемы в данном исследовании.

Например, некоторые нормативные документы противоречат друг другу, что признает даже Главгосэкспертиза [1]. Кроме того, по имеющейся информации, при проверке представленной нормативной документации Главгосэкспертиза руководствуется не гостами, а сводами правил (например, СП 35.13330.2011¹). В связи с этим мы

under the influence of service conditions. For the calculation of structures, it is necessary to apply the deformation approach more widely. According to it, both strength and deformation problems of structural calculation are correctly interrelated, and their hypotheses do not conflict with each other.

Key words: regulatory documentation, limit state, deformation approach, consideration of exposure to corrosive environments, durability

полагаем, что имеет смысл создать такую иерархию нормативных документов, которая бы четко указывала на необходимость применения тех или иных документов в соответствующих ситуациях.

Выбор нужного документа осложняется еще и тем, что их количество постоянно растет. В настоящее время в сфере транспортного строительства разработано порядка 400 нормативных документов. При этом еще несколько десятилетий назад практикующим инженерам для нормальной работы достаточно было знать несколько СНиПов.

Изменился и процесс экспертизы проектной документации. Ранее проекты, подлежащие экспертизе, проверялись на соответствие строгим нормам проектирования, а эксперты гарантировали соблюдение этих требований для обеспечения безопасности сооружений. В настоящее время

¹ Мосты и трубы = Bridges and culverts : актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* : СП 35.13330.2011 : утвержден приказом Министерства регионального развития РФ (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. № 822 и введен в действие с 20 мая 2011 г. / исполнитель – ОАО «ЦНИИС». – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084849> (дата обращения: 12.09.2023).

мя эксперты вынуждены анализировать проекты не только с точки зрения соблюдения норм, но и правильности проектных решений, основанных на сложных расчетах с использованием современных программных комплексов. Это происходит из-за отсутствия унифицированных методов компьютерного моделирования в отечественной практике, которые могли бы быть представлены в нормативных документах или рекомендациях компетентных организаций.

Еще одна проблема обусловлена отсутствием единой терминологии. Согласно анализу нормативных документов РФ, при расчете прочности нежестких дорожных одежд [2] используется терминология, не соответствующая принятой при расчете строительных конструкций. В [2] авторы отмечают, что методики расчета дорожных одежд, разработанные еще в 1950-е годы, устарели, а в нормах проектирования применяется специфическое определение прочности, отличное от принятого в строительстве.

Согласно п. 7.7.2 СП 121.13330.2019², покрытия аэродромов рассчитываются по методике предельных состояний, причем принимается, что расчетные предельные состояния жестких аэродромных покрытий (бетонных и армобетонных) являются предельными состояниями по прочности. Кроме того, некоторые специалисты по расчету бетона и железобетона утверждают, что в соответствии с современными воззрениями бетон при растяжении и сжатии работает с одинаковым модулем упругости до проявления нелинейности. То же относится к железобетону.

Данная статья посвящена исследованию применимости методики предельных состояний

при расчетах конструкций, которая не отражает реальных условий их работы, и выработке предложений по таким методикам расчетного анализа, применение которых более корректно в современных условиях.

Методом исследования можно считать анализ применяемых в настоящее время методик расчета с оценкой их соответствия реальным условиям нагружения и работы эксплуатируемых конструкций, которые обычно работают не в предельном, а в некотором рабочем состоянии и при этом подвергаются воздействию агрессивной эксплуатационной среды, приводящей к появлению наведенной неоднородности и анизотропии материала, что в конечном счете уменьшает долговечность анализируемой конструкции.

2. Результаты и обсуждение

Важно отметить, что расчет бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений обычно производился с использованием методики предельных состояний, которая сводилась к анализу поведения опасных сечений конструкции, нагруженной некоторой предельной нагрузкой. При этом характер эпюр напряжений в бетоне и арматуре задавался заранее, и определялись характерные точки этих эпюр из условия соответствия несущей способности сечений прикладываемым предельным нагрузкам.

Методика расчета конструкций по предельным состояниям была разработана в СССР и введена в качестве основной методики строительных конструкций с 1 января 1955 года. Затем она получила признание в других странах и была положена в основу ISO ST 2394³ и системы ENV 1991-1⁴.

² Аэродромы = Aerodromes : СНиП 32-03-96 : СП 121.13330.2019 : утвержден приказом Министерства строительства и ЖКХ РФ от 30 января 2019 г. № 64/пр и введен в действие с 31 июля 2019 г. / исполнители – ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ», ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект». – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/560641612> (дата обращения: 12.09.2023).

³ General principles on reliability for structures = Principes généraux de la fiabilité des constructions : ISO 2394 : publication date 11 June 1998. – Текст : электронный // European, American and International Standards online – Iteh Standards : сайт. – URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c1346b1-d70c-4c56-a967-2aa55ee1e50e/iso-2394-1998> (date of the application: 10.09.2023).

⁴ ENV 1991-1:1994 Eurocode 1: Basis of Design and Actions on Structures – Part 1: Basis of Design : publication date 30 October 1994. – Текст : электронный // European, American and International Standards online – Iteh Standards : сайт. – URL: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/c197b30f-9194-4f22-9eba-187d9ad37399/env-1991-1-1994> (date of the application: 10.09.2023).

За рубежом методика расчета по предельным состояниям получила широкое распространение под названием методики частных коэффициентов надежности.

Суть методики, как уже отмечалось, заключалась в том, что рассматривались только предельные состояния конструкций, и требования к ним формулировались на основе этих состояний. При этом один общий коэффициент запаса заменялся несколькими частными коэффициентами, отвечающими за различные стороны работы конструкции. Например, использовался коэффициент надежности по материалу (ранее он назывался коэффициентом неоднородности), коэффициент надежности по нагрузке (ранее – коэффициент перегрузки), и другие коэффициенты, отвечающие за разные аспекты безопасности конструкции.

При использовании для расчета сооружений методики предельных состояний расчет производится по двум группам предельных состояний.

Первая группа – расчет по несущей способности, при этом в расчетах исследуется потеря несущей способности или наступление полной непригодности конструкции к эксплуатации, то есть выполняется расчетный анализ прочности, устойчивости, выносливости конструкций. Задача расчета заключается в определении такой формы и размеров конструкции, при которых обеспечивается ее прочность при любом характере разрушения, потере устойчивости формы и положения конструкции, ее усталостном разрушении, а также при разрушении от совместного воздействия нагрузки и внешней среды.

Вторая группа – это расчетный анализ пригодности к нормальной эксплуатации. В этом случае расчеты выполняются на трещинообразование, проверяются недопустимые перемещения. Задача расчета заключается в недопущении в конструкции чрезмерных перемещений, появления трещин, приводящих к ограничению возможности нормальной эксплуатации или же приводящих к уменьшению долговечности конструкции. Расчет по этой группе предельных состояний обеспечивает сохранность эксплуатационных свойств конструкций при изменчивости механических свойств материалов. Для выполнения условий второй группы предельных состояний необходимо выполнять расчеты по деформациям, а также появлению и росту трещин.

Анализируя подход, основанный на применении методики предельных состояний, можно прийти к выводу, что анализ только предельных состояний конструкции не дает полной информации об особенностях ее поведения в процессе эксплуатации. Дело в том, что при такой методике расчетного анализа мы анализируем работу конструкции под действием предельных нагрузок, в то время как подавляющее время конструкция эксплуатируется при более низких, чем предельные, то есть при рабочих уровнях нагрузки. При этом поведение конструкции при действующих на нее длительное время рабочих нагрузках остается неизвестным. Заметим также, что при использовании методики расчета по предельным состояниям определению несущей способности конструкций уделяют больше внимания, чем корректному определению действующих на конструкцию реальных нагрузок и воздействий. Интересно, что длительное время основная информация о нагрузках (обычно без каких бы то ни было пояснений) содержалась в нормах проектирования, безоговорочно доверять которым расчетчиков учат еще в вузе. В определенной мере шагом вперед в проблеме определения нагрузок является книга [3], в которой рассмотрены вопросы определения нагрузок на различные, в том числе и транспортные, сооружения.

Есть и другой нюанс. Очень часто не учитывается, что предельное состояние большинства сооружений достигается не за счет увеличения нагрузок до опасного значения, а из-за изменения свойств материалов конструкций под воздействием агрессивной эксплуатационной среды, появления дефектов, повреждений, то есть из-за того, что рабочие нагрузки из-за деградации материала сооружений становятся предельными.

Стоит также обратить внимание на то, что в методике расчета по предельным состояниям прочностной и деформационный расчеты проводятся по разным расчетным схемам, при построении которых нередко используются противоречащие друг другу гипотезы, что может привести к несоответствиям между ними.

Поэтому важно учитывать все эти особенности при анализе конструкций и принятии решений об их безопасности и надежности. Необходимо учитывать не только предельные состояния, но и рабочие уровни нагрузок, а также измене-

ния свойств материалов и другие факторы, влияющие на поведение конструкции. Учет всех этих аспектов поможет выполнить комплексный и более точный анализ, который позволит обеспечить безопасность сооружений в любых эксплуатационных условиях, учтенных при построении расчетных схем.

3. Заключение

Проведенный анализ позволяет утверждать, что выполнение расчетов только по методике предельных состояний, вызванных действием предельных нагрузок, создает некорректное представление о реальных условиях работы конструкций, что может ввести инженера в заблуждение.

Как видно из анализа, в процессе эксплуатации предельное состояние конструкции может наступить не только из-за приложенной предельной нагрузки, но и из-за изменения формы конструкции, размеров и свойств материала под воздействием различных факторов, причем нагрузка при этом может быть не предельной, а рабочей. Поэтому при расчете бетонных и железобетонных конструкций необходимо учитывать кинетику деградационных процессов и эксплуатационные повреждения, что позволит более точно оценить их состояние [4–13].

Современный более корректный подход к расчетам строительных конструкций опирается

на использование деформационных моделей, которые учитывают взаимосвязь между прочностными и деформационными характеристиками материалов. Для учета процессов деформирования конструкций, включая возможные деградационные процессы, необходимо добавить уравнения, описывающие взаимодействие конструкции с внешними воздействиями и развитие повреждений. С учетом возможного разброса различных характеристик материалов и изменений параметров во время эксплуатации, моделирование деформирования и разрушения конструкций во времени может потребовать сочетания деформационных моделей с вероятностными характеристиками и метода Монте-Карло, как это сделано в [14].

Таким образом, развитие теории расчета бетонных и железобетонных конструкций направлено на учет различных воздействий и долговечности конструкций, что является ключевым аспектом в обеспечении их надежности и безопасности в условиях эксплуатации [15].

При этом приходится признать, что расчеты транспортных сооружений в отличие от расчета промышленных и гражданских объектов пока еще проводятся с использованием метода предельных состояний, в который не заложена возможность учета влияния агрессивных эксплуатационных сред и оценки долговечности сооружений.

Библиографический список

1. Овчинников, И. Г. Во избежание ошибок / И. Г. Овчинников, Ш. Н. Валиев, И. И. Овчинников. – Текст : непосредственный // Дорожная Держава. – 2023. – № 120. – С. 28–32.
2. Анализ сложившейся терминологии при расчете дорожных одежд на прочность / С. А. Матвеев, Ю. В. Краснощеков, Г. М. Кадисов [и др.] // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2019. – № 3 (89). – С. 37–39.
3. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В. Н. Гордеев, А. И. Лантух-Лященко, В. А. Пашинский [и др.]. – Москва : Издательство АСВ. – 2007. – 482 с. – Текст : непосредственный.
4. Раткин, В. В. Модель деформирования и расчет сжимаемого конструктивного железобетонного элемента, подвергающегося воздействию агрессивной хлоридсодержащей среды / В. В. Раткин, В. И. Кононович // Проблемы прочности элементов конструкций под действием нагрузок и рабочих сред : межвузовский научный сборник. – Саратов, 2000. – С. 58–64. – Текст : непосредственный.
5. Овчинников, И. Г. Влияние хлоридсодержащих сред на прочность и долговечность пластин на упругом основании : монография / И. Г. Овчинников, А. В. Кривцов, Ю. П. Скачков. – Пенза : Издательство ПГАСА, – 2002. – 214 с. – Текст : непосредственный.
6. Байков, В. Н. Расчет изгибаемых элементов с учетом экспериментальных зависимостей между напряжениями и деформациями для бетона и высокопрочной арматуры / В. Н. Байков. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1981. – № 5. – С. 26–32.

7. Гарибов, Р. Б. Сопротивление железобетонных элементов конструкций воздействию агрессивных сред / Р. Б. Гарибов ; под науч. ред. И. Г. Овчинникова ; Министерство образования РФ. – Саратов : Саратовский государственный технический университет, 2003. – Текст : непосредственный.
8. Маринин, А. Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов конструкций в условиях хлоридной коррозии и карбонизации / А. Н. Маринин, Р. Б. Гарибов, И. Г. Овчинников. – Саратов : Издательский центр «Рица», 2008. – 296 с. – Текст : непосредственный.
9. Полак, А. Ф. Основы моделирования коррозии железобетона / А. Ф. Полак. – Уфа : Издательство Уфимского нефтяного института, 1986. – 69 с. – Текст : непосредственный.
10. Полак, А. Ф. Моделирование коррозии железобетона и прогнозирование его долговечности / А. Ф. Полак. – Текст : непосредственный // Коррозия и защита от коррозии (Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР), 1986. – Вып. 12. – С. 136–184.
11. Васильев, А. И. Прогноз коррозии арматуры железобетонных конструкций автодорожных мостов в условиях хлоридной агрессии и карбонизации / А. И. Васильев, А. М. Подвальный. – Текст : электронный // Бетон и железобетон. – 2002. – № 6. – С. 27–32. – URL: https://science.totalarch.com/magazine/concrete/concrete_2002_06.pdf (дата обращения: 07.02.2024).
12. Пухонто, Л. М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен) / Л. М. Пухонто. – Москва : Издательство АСВ, 2019. – 424 с. – Текст : непосредственный.
13. Овчинников, И. И. Моделирование и оптимальное проектирование круглых пластинок, взаимодействующих с агрессивными средами / И. И. Овчинников, И. Г. Овчинников. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 198 с. – Текст : непосредственный.
14. Межнякова, А. В. Вероятностный расчет железобетонных элементов конструкций с учетом воздействия хлоридсодержащих сред / А. В. Межнякова, И. Г. Овчинников, Ю. П. Скачков. – Пенза : ПГУ. – 2011. – 188 с. – Текст : непосредственный.
15. Прочность и деформативность железобетонных конструкций при запроектных воздействиях / Г. А. Гениев, В. И. Колчунов, Н. В. Ключева [и др.]. – Москва : Издательство АСВ, 2004. – 215 с. – Текст : непосредственный.

Reference

1. Ovchinnikov, I. G., Valiev, Sh. N., & Ovchinnikov, I. I. (2023). Vo izbezhanie oshibok. Dorozhnaya Derzhava, (120), pp. 28-32. (In Russian).
2. Matveev, S. A., Krasnoshchekov, Yu. V., Kadisov, G. M., Martynov, E. A., & Malofeyev, A. G. (2019). Analysis of developed terminology while designing the road pavements for strength. Advanced Science and Technology for Highways, (3(89)), pp. 37-39. (In Russian).
3. Gordeev, V. N. Lantukh-Lyashchenko, A. I. Pashinskiy, V.A. Perel'muter, A. V., & Pichugin, S. F. (2007). Nagruzki i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya. Moscow, ASV Publ., 482 p. (In Russian).
4. Ratkin, V. V., & Kononovich, V. I. (2000). Model' deformirovaniya i raschet szhimaemogo konstruktivnogo zhelezobetonnoogo elementa, podvergayushchegosya vozdeystviyu agressivnoy khloridsoderzhashchey sredy. Problemy prochnosti elementov konstruktsiy pod deystviem nagruzok i rabochikh sred: mezhvuzovskiy nauchnyy sbornik, Saratov, pp. 58-64. (In Russian).
5. Ovchinnikov, I. G., Krivtsov, A. V., & Skachkov, Yu. P. (2002). Vliyanie khloridsoderzhashchikh sred na prochnost' i dolgovechnost' plastin na uprugom osnovanii. Penza, PSAASE Publ., 214 p. (In Russian).
6. Baykov, V. N. (1981). Raschet izgibaemykh elementov s uchetom eksperimental'nykh zavisimostey mezhdunarpyazheniyami i deformatsiyami dlya betona i vysokoprochnoy armatury. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura, (5), pp. 26-32. (In Russian).
7. Garibov, R. B. (2003). Soprotivlenie zhelezobetonnykh elementov konstruktsiy vozdeystviyu agressivnykh sred. Saratov, Saratov State Technical University Publ. (In Russian).
8. Marinin, A. N., Garibov, R. B., & Ovchinnikov, I. G. (2008). Modelirovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya zhelezobetonnykh elementov konstruktsiy v usloviyakh khloridnoy korrozii i karbonizatsii. Saratov, «Ritsa» Publ., 296 p. (In Russian).
9. Polak, A. F. (1986). Osnovy modelirovaniya korrozii zhelezobetona. Ufa, Ufa Oil Institute Publ., 69 p. (In Russian).
10. Polak, A. F. (1986). Modelirovanie korrozii zhelezobetona i prognozirovaniye ego dolgovechnosti. Korroziya i zashchita ot korrozii (Itogi nauki i tekhniki VINITI AN SSSR), 12, pp. 136-184. (In Russian).

11. Vasil'ev, A. I., & Podval'nyy, A. M. (2002). Prognoz korrozii armatury zhelezobetonnykh konstruktsey avtodorozhnykh mostov v usloviyakh khloridnoy agressii i karbonizatsii. Beton i zhelezobeton, (6), pp. 27-32. (In Russian). Available at: https://science.totalarch.com/magazine/concrete/concrete_2002_06.pdf (accessed 07.02.2024).
12. Pukhonto, L. M. (2019). Dolgovechnost' zhelezobetonnykh konstruktsey inzhenernykh sooruzheniy (silosov, bunkerov, rezervuarov, vodonapornykh bashen, podpornykh sten), Moscow, ASV Publ., 424 p. (In Russian).
13. Ovchinnikov, I. I., & Ovchinnikov, I. G. (2023). Modelirovanie i optimal'noe proektirovanie kruglykh plastinok, vzaimodeystvuyushchikh s agressivnymi sredami. Tyumen, Industrial University of Tyumen, 198 p. (In Russian).
14. Mezhenyaykova, A. V., Ovchinnikov, I. G., & Skachkov, Yu. P. (2011). Veroyatnostnyy raschet zhelezobetonnykh elementov konstruktsey s uchedom vozdeystviya khloridsoderzhashchikh sred. Penza, Penza State University Publ., 188 p. (In Russian).
15. Geniev, G. A., Kolchunov, V. I., Klyueva, N. V., Nikulin, A. I., & Pyatikrestovskiy, K. P. (2004). Prochnost' i deformativnost' zhelezobetonnykh konstruktsey pri zaproektnykh vozdeystviyakh. Moscow, ASV Publ., 215 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Овчинников Игорь Георгиевич, д-р техн. наук, профессор, профессор базовой кафедры АО «Мостострой-11», Тюменский индустриальный университет, профессор кафедры автомобильных дорог и мостов, Пермский национальный политехнический университет, e-mail: bridgesar@mail.ru. ORCID 0000-0003-0617-3132

Овчинников Илья Игоревич, канд. техн. наук, доцент, доцент базовой кафедры АО «Мостострой-11», Тюменский индустриальный университет, e-mail: bridgeart@mail.ru. ORCID 0000-0001-8370-297X

Жаналиев Бекзат Бактыбекович, аспирант кафедры строительной механики, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zhanaliiem2211@mail.ru

Кудайбергенов Нурлан Баязитович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры строительства, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, e-mail: knb_1955@mail.ru

Information about the authors

Igor G. Ovchinnikov, D. Sc. in Engineering, Professor, Professor at the Basic Department of JSC "Mostostroy-11", Industrial University of Tyumen, Professor at the Department of Highways and Bridges, Perm National Research Polytechnic University, e-mail: bridgesar@mail.ru. ORCID 0000-0003-0617-3132

Ilya I. Ovchinnikov, Cand. Sc. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Basic Department of JSC "Mostostroy-11", Industrial University of Tyumen, e-mail: bridgeart@mail.ru. ORCID 0000-0001-8370-297X

Bekzat B. Zhanaliev, Postgraduate at the Department of Construction Mechanics, Industrial University of Tyumen, e-mail: zhanaliiem2211@mail.ru

Nurlan B. Kudaibergenov, D. Sc. in Engineering, Professor, Professor at the Department of Construction, L. N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: knb_1955@mail.ru