

Научная статья

DOI 10.15593/24111678/2022.02.08

УДК 624.21

М.А. Коротков¹, И.Г. Овчинников^{1,2}¹Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия²Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ-РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОТРАСЛЬ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Постоянное увеличение передвижения транспорта в сочетании с ухудшающимся состоянием искусственных сооружений представляет собой трудности для поддержания здоровой транспортной сети. Это охватывает широкий спектр экономических, экологических и социальных проблем, выходящих за технические границы транспортного строительства, в частности мостостроения. Такие ограничения усложняют проекты мостов и мотивируют применение инноваций для проектирования и строительства безопасных мостов. Экологически рациональное проектирование направлено на минимизацию стоимости проектов строительства мостов и связанного с этим воздействия на окружающую среду и общество. Чтобы способствовать устойчивому развитию транспортной инфраструктуры, уменьшению влияния на окружающую среду и нарушения мобильности, строительным компаниям необходимо анализировать свою деятельность не только в рамках строительства объектов на сегодняшний день, но и на перспективу. Инженеры-строители отвечают за улучшение жизни населения за счет инфраструктуры. Они несут ответственность за выполнение этого действенным и рентабельным способом, кроме того, все это должно осуществляться экологически рациональным способом или, как говорят за рубежом, «зеленым». В статье проводится краткий анализ терминологии устойчивого развития с позиции инженерных подходов в строительстве, а также обзор методов улучшения экологических показателей транспортного строительства и ограничения его воздействия на окружающую среду. Сформулирована многоцелевая оптимизация для обеспечения множества компромиссов и высокоэффективных решений, которые уравнивают экономические, экологические и социальные цели. Каждый мостовой проект должен разрабатываться для того общества, которому он служит. Хотя это кажется базовой концепцией, но с точки зрения устойчивого развития учет всех факторов, связанных с областями, которые соединяет мост, является сложной задачей. Когда-то этого было достаточно, чтобы просто быть полезным, – теперь строительство мостов не только служит сегодняшнему поколению, но и направлено на то, чтобы удовлетворить потребности будущего.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экология, экологически рациональное проектирование, строительство, мост, инженерия, инновации.

M.A. Korotkov¹, I.G. Ovchinnikov^{1,2}¹Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

IMPACT OF SUSTAINABLE DESIGN ON THE TRANSPORT CONSTRUCTION INDUSTRY

The ever-increasing demand for transport, coupled with the deteriorating condition of artificial structures, presents challenges to maintaining a healthy transport network. They cover a wide range of economic, environmental and social issues that go beyond the technical boundaries of transport construction and, in particular, bridge construction. Such constraints complicate bridge designs and motivate innovation to design and build safe bridges. Sustainable design aims to minimize the cost of bridge construction projects and the associated impact on the environment and society. In order to contribute to the sustainable development of civil infrastructure, reducing environmental impact and mobility impairment, construction companies need to analyze their activities not only within the construction of facilities today, but also in the future. Civil engineers are responsible for improving the lives of the population through infrastructure. They are responsible for doing this in an efficient and cost-effective way, in addition, all this must be done in an environmentally sound way or, as they say abroad, “green”. The article provides a brief analysis of the terminology of sustainable development in terms of engineering approaches in construction, as well as an overview of methods for improving environmental performance and limiting its impact on the environment. Multi-objective optimization is formulated to provide multiple trade-offs and high performance solutions that balance economic, environmental and social goals. Every bridge project must be designed for the society it serves. Although this seems like a basic concept, from a sustainable development perspective, taking into account all the factors associated with the areas that the bridge connects is a challenge. Once it was enough to just be useful, but nowadays bridge building not only serves today's generation, but also aims to meet the needs of the future one.

Keywords: sustainability, ecology, sustainable, design, construction, bridge, engineering, innovation.

Введение

Мосты как важный элемент инфраструктуры призваны отвечать всем требованиям современного общества. Традиционно основной целью проектирования мостов было достижение минимально возможной стоимости при сохранении эффективности конструкции. Однако экологичные и устойчивые по отношению к окружающей среде конструкции пользуются все большим спросом [1]. Устойчивое проектирование мостов в настоящее время рассматривается как серьезная проблема, так как у многих мостов по всему миру подходит к концу срока службы, и поэтому они нуждаются в замене или ремонте. Поскольку масштаб проблемы является глобальным, неправильное решение вопросов может привести к серьезным воздействиям на окружающую среду, плохому обслуживанию инфраструктуры и высоким затратам. Поэтому, как и во всех искусственных средах, внедрение принципов устойчивого проектирования может быть полезным [2].

Понятие и основные принципы устойчивого развития

В мировой практике за последние два десятилетия успешно развивается новый подход к созданию объектов – экологически-рациональное проектирование (от англ. – Sustainable Design).

Эта концепция, получившая широкое распространение в мире, также может называться «Устойчивое развитие» (от англ. – Sustainable Development) и по своей сути тесно связана с применением технологий BIM или TIM [3; 4].

Концепция устойчивого развития наиболее широко признана Всемирной комиссией ООН по окружающей среде и развитию, которая формулируется следующим образом: «Устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности». В случае мостов это определение означает планирование, проектирование, строительство и управление эксплуатацией мостов, которые обеспечивают баланс между тремя столпами устойчивости: социальным, экономическим и экологическим (рис. 1) [5].



Рис. 1. Три столпа равновесия [5]

В последние годы особое внимание уделяется устойчивому развитию транспортной инфраструктуры, так как распространилось понимание ее воздействия на окружающую среду и социально-экономическое благополучие общества.

Роль инженерии в устойчивом проектировании

Решения, принятые на этапе проектирования, в значительной степени влияют на общее воздействие мостовых сооружений на окружающую среду, общество и экономику в процессе реализации их жизненного цикла.

В рамках комплексного подхода к устойчивому инжинирингу необходимо выделить следующее:

- эффективное использование земли;
- биоразнообразие и качество окружающей среды, когда экономические и экологические аспекты напрямую связаны;
- снижение негативного воздействия мостового сооружения на окружающую среду при строительстве, в процессе эксплуатации, а также после его возможного безвозвратного демонтажа;
- затраты на возможный демонтаж конструкции, утилизацию отходов, в том числе воздействующую на окружающую среду;
- выбор строительных материалов напрямую зависит не только от необходимости придания конструкциям прочностных и долговечных характеристик, но и с точки зрения их сноса, возможной утилизации и проблем с их утилизацией.

Академические и промышленные институты неоднократно пытались сформулировать принципы устойчивого развития. Все они являются частью треугольника, представленного на рис. 1, краевыми камнями которого являются экологические, социальные и экономические ценности. Общая цель – найти сбалансированное решение любой инженерной задачи. Если инженерный проект приносит пользу одному из этих трех аспектов, но игнорирует другие, мы имеем несбалансированную систему, которая в конечном счете создает напряженность, нестабильность и новые проблемы [6].

Некоторые из аспектов, которые отличают традиционный и устойчивый подходы в инженерии, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Различия между традиционной инженерией и устойчивым проектированием

Традиционная инженерия	Устойчивое проектирование
Рассматривает объект или процесс	Рассматривает всю систему, в которой будет использоваться объект или процесс
Сосредоточена на технических вопросах	Рассматривает как технические, так и не технические вопросы
Решает неотложную проблему	Стремится решить проблему и на будущее
Учитывает местный контекст	Учитывает глобальный контекст
Предполагает, что другие будут заниматься политическими, этическими и социальными проблемами	Признает необходимость взаимодействия экспертов в других дисциплинах, связанных с проблемой

Целью инженерного проекта может быть создание системы, сооружения, устройства, процесса или любого другого результата, который обеспечит определенную услугу или принесет пользу обществу [7]. Одним из важных результатов является создание технологии.

Роль технологии можно рассматривать как интерфейс, который соединяет идею, реализованную при проектировании и инженерных работах, с практическими и потребляемыми результатами, такими как продукты или услуги (рис. 2). Последнее в конечном итоге будет формировать социальный образ жизни и влиять на него.

На рис. 2 показано, как наиболее общие принципы устойчивости могут сводиться к конкретным материальным результатам для общества. Чтобы достичь такой эффективности, необходимо руководствоваться принципами рационального проектирования. На этом этапе определяется, как что-то должно быть сделано и как оно будет функционировать в процессе всего

жизненного цикла. Далее идет этап устойчивого инжиниринга, связанного с технической реализацией идей. Иногда это непростой процесс, и некоторые аспекты дизайна могут быть изменены или нарушены. Когда в итоге пути проектирования и разработки практически сойдутся, у нас может появиться технология, которая представляет процессы и продукты. Только тогда преимущества новых идей и инженерных достижений станут доступными обществу. Здесь можно определить роль технологии как своего рода портала, через который установленные принципы устойчивого проектирования и инженерии могут влиять на образ жизни людей. Из-за того, что люди сильно зависят от многих технологий, они становятся факторами, которые могут способствовать изменениям в обществе и даже могут стать инструментами для манипулирования и инициирования глобальных тенденций [8].

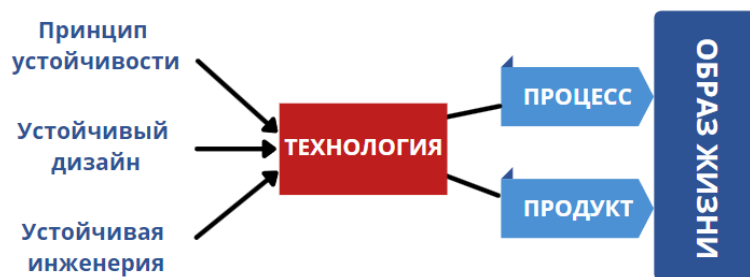


Рис. 2. Схема взаимодействия принципов устойчивости с технологиями*

Такой образ мышления подчеркивает важность технологий во всей иерархии причин и факторов, регулирующих устойчивое развитие.

Технологические инновации для повышения устойчивости развития

Обеспокоенность по поводу устойчивости развития никогда не была так велика, как в наше время, поэтому, обращаясь к строительным и инженерным работам, необходимо, чтобы с сегодняшнего дня конструкции были более экологичными и устойчивыми.

Современное строительство все больше перемещается к экологически чистому строительству и использованию энергии. При возведении мостовых сооружений необходимо учитывать многие аспекты, связанные с экологически-рациональным строительством.

Вопрос, который в рамках концепции устойчивого развития должны задавать себе проектировщики, заключается в том, как построить конструкцию, при этом сводя вред окружающей среде при строительстве и дальнейшей его эксплуатации к минимуму?

Начало перехода к экологически безопасному строительству может показаться сложной задачей, но это стоит времени и инвестиций. Экологические преимущества устойчивого строительства включают:

- защиту природных ресурсов;
- снижение загрязнения;
- уменьшение углеродного загрязнения;
- снижение потребления энергии;
- уменьшение отходов.

Профилактическое обслуживание увеличивает срок службы сооружения, соответственно важно планировать ежегодное обслуживание. Быстро отремонтировать небольшой элемент намного проще, чем заменить всю конструкцию в целом, поэтому имеет смысл осуществить мероприятия, направленные на поддержание, а в некоторых случаях увеличение жизненного цикла моста, особенно с учетом ограниченных ресурсов обслуживания, для экономии денежных средств в долгосрочной перспективе.

* Составлен авторами.

Борьба с коррозией металлов

Коррозия может серьезно повредить окружающую инфраструктуру в зависимости от условий среды, с которой происходит взаимодействие. Из-за отсутствия надлежащих процедур обслуживания и защитных мер коррозия может со временем привести к ослаблению и даже разрушению конструкции.

Лакокрасочные покрытия

Цинк является основным легирующим элементом, используемым для защиты от коррозии в лакокрасочных системах. Еще до 1970-х гг. его использовали как пигмент для добавления в масляную или алкидную основу для покрытия, а также соединения свинца и хрома в качестве ингибиторов коррозии. Такие покрытия имели ожидаемый срок службы примерно от 8 до 10 лет, после чего требовалось нанесение дополнительных слоев [9].

В табл. 2 приведены использованные для противокоррозионной защиты системы лакокрасочных материалов (ЛКМ) Stelpant, технология нанесения, толщины. Как видно из данных табл. 2, для противокоррозионной защиты стальных металлоконструкций объектов используется в основном система Stelpant-PU-Zinc + Stelpant-PU-Mica HS + Stelpant-PU-Mica UV; толщина системы покрытий 200÷240 мкм [10].

Таблица 2

Системы покрытий PU-Stelpant на освидетельствованных объектах [10]

Вид объекта, его местоположение	Система покрытий PU-Stelpant, количество слоев, толщина слоя	Общая толщина системы покрытий, мкм	Руководящий документ
Путепровод через Московскую железную дорогу в г. Климовске, Московской области, окрашен в 2007 г.	Для металлоконструкций: 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80–90 мкм. 2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 80–90 мкм. 3. Покрывной слой PU-Mica UV, 1 слой, 80–90 мкм	240–270	Регламент по окраске мостовых металлоконструкций... М., 2007. СТО 001-2006 ООО «Трансстрой»
Мост Лейтенанта Шмидта (ныне Благовещенский) через р. Неву в г. Санкт-Петербурге, окрашен в 2007 г.	Для металлоконструкций пролётов: 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80–100 мкм. 2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 70–90 мкм. 3. Покрывной слой PU-Mica UV, RAL 7023, 1 слой, 70–90 мкм	220–240	Реконструкция моста Лейтенанта Шмидта через р. Неву. – Санкт-Петербурга: технологический регламент. – СПб., 2006
Развязка Московской кольцевой автомобильной дороги и Ярославского шоссе, эстакады съездов 1А и 5А, Москва, окрашены в 1998 г.	Для стальных металлоконструкций: 1. Грунт PU-Zinc – 1 слой, 80 мкм. 2. Промежут. слой PU-Mica HS – 1 слой, 80 мкм. 3. Декоративно-защитный слой PUMica UV, 1 слой, 40 мкм	200	Технологический регламент на окраску материалами Stelpant. – М.: ГУП «Гормост», 1998

Использование экологически чистых и энергоэффективных материалов

Одним из наиболее важных способов реализации «зеленого» строительства при сооружении мостов является использование экологичных строительных материалов и факторов их производства, например:

- изготовленных из переработанных строительных материалов;
- произведенных непосредственно на месте строительства (оказывают положительное влияние на окружающую среду, так как сокращает расходы на транспортировку);
- уменьшение количества упаковки;
- использование стали (в том числе и коррозионно-стойкой) при строительстве (повышается долговечность, при правильном уходе срок эксплуатации можно продлить еще дольше).

На рис. 3 изображен мост Курилпа, который считается самым длинным пешеходным мостом в мире, его длина составляет 470 м. На конструкции располагается эффективная, экологически чистая система освещения с множеством светодиодных фонарей. Свет получает энергию от 84 солнечных панелей, которые подключены к центральной сети. Это позволяет мосту использовать любую необходимую мощность и возвращать ее излишки обратно в сеть [11].



Рис. 3. Мост Курилпа на солнечных батареях, Брисбен¹

Заключение

Проблемы структурного проектирования традиционно сосредоточены на технических и экономических факторах и в значительной степени игнорируют экологические и социальные проблемы. Транспортная инфраструктура может оказывать значительное влияние на окружающую среду, общество и экономику, поэтому инженерам-строителям важно разрабатывать экологически безопасные проекты. Но проблема в том, что пока непонятно, как этого добиться на практике.

Изучение альтернатив, применимых при проектировании мостов, представляет собой важный вклад в строительство мостовых сооружений и, следовательно, также способствует удовлетворению потребностей населения в использовании мостов. Таким образом, можно полагать, что использование методологии устойчивого проектирования при разработке проектов мостов и их реализации может оказать положительное влияние на устойчивое развитие транспортной инфраструктуры региона [12–17].

Список литературы

1. Gauvreau P. Sustainable education for bridge engineers. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. – 2018. – Vol. 5 (6). – P. 510–519.
2. Yström A., Agogué M., Rampa R. Preparing an Organization for Sustainability Transitions – The Making of Boundary Spanners through Design Training // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13 (14). – P. 8073.
3. Kaewunruen S., Sresakoolchai J., Zhou Z. Sustainability-Based Lifecycle Management for Bridge Infrastructure Using 6D BIM // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12 (6). – P. 2436.
4. Морина Е.А., Макаров А.И. BIM-технологии в мостовом проектировании // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2017. – № 6 (57). – С. 30–46.
5. Venkateswaran C. Sustainable Practices in Bridge Construction // *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*. – 2021. – Vol. 6 (1). – P. 24–28. DOI: 10.29187/jscmt.2021.56

¹ Livejournal [Электронный ресурс]. – URL: <https://1lunoxod.livejournal.com/20832.html> (дата обращения: 17.02.2022).

6. Comparison between major repair and replacement options for a bridge deck life cycle assessment: A case study / Abu Dabous, Saleh & Ghenai, Chaouki & Shanableh, Abdallah & Al-Khayyat, Ghadeer // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 120. – P. 02017.
7. Primer on The Sustainability Considerations for Bridges [Электронный ресурс] // Transportation Association of Canada. – URL: <https://tac-atc.ca/sites/tac-atc.ca/files/site/doc/Bookstore/primer-scbg-e.pdf> (дата обращения: 27.01.2022).
8. Principles of Sustainable Engineering [Электронный ресурс] // The Pennsylvania State University: e-education.psu.edu – URL: <https://www.e-education.psu.edu/eme807/node/688> (дата обращения: 27.01.2022).
9. Steel Bridge Corrosion Prevention and Mitigation Strategies: Literature Review [Электронный ресурс] / Max T. Stephens, Brian Gleeson, Jason Mash and Bingtao Li // University of Pittsburgh. Swanson school of engineering. Civil & Environmental / IRISE, August. – 2019. – URL: https://www.engineering.pitt.edu/uploadedFiles/_Content/Sub_Sites/Consortiums/IRISE/_Library/IRISE_Corrosion_Report_FINAL.pdf (дата обращения: 27.01.2022).
10. Иванов Е.С. Эффективность противокоррозионной защиты металлических и железобетонных конструкций мостов, мостовых переходов и эстакад системами полиуретановых лакокрасочных покрытий Stelpant. Результаты освидетельствования // Наукоедение: интернет-журнал. – 2014. – № 5 (24). – С. 60.
11. Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Анализ конструктивного решения крупнейшего моста – «тенсегрити» Курилпа Бридж // Наукоедение: интернет-журнал. – 2015. – Т. 7, № 4.
12. Sustainable Infrastructure Design Framework through Integration of Rating Systems and Building Information Modeling / Yan Liu, Sander van Nederveen, Chunlin Wu, Marcel Hertogh // *Advances in Civil Engineering*. – 2018. – Vol. 2018. – Article ID 8183536. – P. 13. DOI: 10.1155/2018/8183536
13. Овчинникова Т.С., Овчинников И.Г. Коррозионные повреждения мостовых сооружений // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2014. – Т. 3. – С. 357–362.
14. Žák, Jaroslav. Principles of Sustainable Development in Highway Engineering. MATEC Web of Conferences. – 2019. – Vol. 279. – P. 02018.
15. Linking Transitions to Sustainability: A Study of the Societal Effects of Transition Management / N. Schäpke, I. Omann, J.M. Wittmayer, F. Van Steenberghe, M. Mock // *Sustainability*. – 2017. – Vol. 9. – P. 737. DOI: 10.3390/su9050737
16. Sustainable Singapore Blueprint 2015 – Highlights and Thoughts [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.greenfuture.sg/2014/11/11/sustainable-singapore-blueprint-2015-highlights-and-thoughts/> (дата обращения: 27.02.2022).
17. Sustainable building design book [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.uop.edu.jo/download/research/members/\[Architecture_Ebook\]_Sustainable_Building_Design_Book.pdf](https://www.uop.edu.jo/download/research/members/[Architecture_Ebook]_Sustainable_Building_Design_Book.pdf) (дата обращения: 27.02.2022).

References

1. Gauvreau, P. (2018). Sustainable education for bridge engineers. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 5 (6), 510–519. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.10.001>
2. Yström A, Agogue M, Rampa R. Preparing an Organization for Sustainability Transitions—The Making of Boundary Spanners through Design Training. *Sustainability*. 2021; 13 (14): 8073. <https://doi.org/10.3390/su13148073>
3. Kaewunruen S, Sresakoolchai J, Zhou Z. Sustainability-Based Lifecycle Management for Bridge Infrastructure Using 6D BIM. *Sustainability*. 2020; 12 (6): 2436. <https://doi.org/10.3390/su12062436>
4. Morina E.A., Makarov A.I. BIM-tekhnologii v mostovom proektirovanii [BIM-technologies in bridge design] // *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. 2017. no. 6 (57). pp. 30-46, doi: 10.18720/CUBS.57.3
5. Venkateswaran, C. (2021). Sustainable Practices in Bridge Construction. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 6 (1), 24-28. DOI: 10.29187/jscmt.2021.56
6. Abu Dabous, Saleh & Ghenai, Chaouki & Shanableh, Abdallah & Al-Khayyat, Ghadeer. (2017). Comparison between major repair and replacement options for a bridge deck life cycle assessment: A case study. MATEC Web of Conferences. 120. 02017. 10.1051/mateconf/201712002017.

7. Primer on The Sustainability Considerations for Bridges // Transportation Association of Canada. <https://tac-atc.ca/sites/tac-atc.ca/files/site/doc/Bookstore/primer-scbg-e.pdf> (date of access: 27.01.2022).
8. Principles of Sustainable Engineering // The Pennsylvania State University: e-education.psu.edu. <https://www.e-education.psu.edu/eme807/node/688> (date of access: 27.01.2022).
9. Max T. Stephens, Brian Gleeson, Jason Mash and Bingtao Li., Steel Bridge Corrosion Prevention and Mitigation Strategies: Literature Review // University of Pittsburgh. Swanson school of engineering. Civil & Environmental / IRISE, August, 2019. https://www.engineering.pitt.edu/uploadedFiles/_Content/Sub_Sites/Consortiums/IRISE/_Library/IRISE_Corrosion_Report_FINAL.pdf (date of access: 27.01.2022).
10. Ivanov E.S. Effektivnost' protivokorroziionnoi zashchity metallicheskih i zhelezobetonnykh konstruksii mostov, mostovykh perekhodov i estakad sistemami poliuretanovykh lakokrasochnykh pokrytii Stelpant. Rezul'taty osvidetel'stovaniia [The effectiveness of anticorrosion protection of metal and reinforced concrete structures of bridges, bridge crossings and overpasses with Stelpant polyurethane paint coating systems. The results of the survey]. *Internet-zhurnal Naukovedenie*. 2014, no. 5 (24), p. 60.
11. Kokodeev A.V., Ovchinnikov I.G. Analiz konstruktivnogo resheniia krupneishogo mosta - «tensegriti» Kurilpa Bridzh [Analysis of the constructive solution of the largest bridge - the "tensegrity" Kurilpa Bridge]. *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*. 2015, vol. 7, no. 4. <https://naukovedenie.ru/PDF/40TVN415.pdf>. doi: 10.15862/40TVN415.
12. Yan Liu, Sander van Nederveen, Chunlin Wu, Marcel Hertogh, "Sustainable Infrastructure Design Framework through Integration of Rating Systems and Building Information Modeling", *Advances in Civil Engineering*, vol. 2018, Article ID 8183536, 13 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8183536>
13. Ovchinnikova T.S., Ovchinnikov I.G. Korroziionnye povrezhdeniia mostovykh sooruzhenii [Corrosion damage to bridge structures]. *Novye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii FAD TOGU*. 2014, vol. 3, pp. 357-362.
14. Schäpke, N.; Omann, I.; Wittmayer, J.M.; Van Steenberg, F.; Mock, M. Linking Transitions to Sustainability: A Study of the Societal Effects of Transition Management. *Sustainability* 2017, 9, 737. <https://doi.org/10.3390/su9050737>
15. Sustainable Singapore Blueprint 2015 – Highlights and Thoughts // [greenfuture.sg](http://www.greenfuture.sg) URL: <http://www.greenfuture.sg/2014/11/11/sustainable-singapore-blueprint-2015-highlights-and-thoughts/> (date of access: 27.02.2022).
16. Sustainable building design book // www.uop.edu.jo URL: [https://www.uop.edu.jo/download/research/members/\[Architecture_Ebook\]_Sustainable_Building_Design_Book.pdf](https://www.uop.edu.jo/download/research/members/[Architecture_Ebook]_Sustainable_Building_Design_Book.pdf) (date of access: 27.02.2022).

Об авторах

Коротков Максим Анатольевич (Тюмень, Россия) – магистрант, Тюменский индустриальный университет (Россия, 625001, г. Тюмень, ул. Луначарского, 4, e-mail: korotkov.1998@mail.ru).

Овчинников Игорь Георгиевич (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, Тюменский индустриальный университет, профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: bridgesar@mail.ru).

About the authors

Maksim A. Korotkov (Tyumen, Russian Federation) – undergraduate, Tyumen Industrial University (4, Lunacharskogo str., Tyumen, 625001, Russian Federation, e-mail: korotkov.1998@mail.ru).

Igor G. Ovchinnikov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Tyumen Industrial University, Professor of the Department of Automobile Roads and Bridges, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky ave., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: bridgesar@mail.ru).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила: 17.04.2022

Одобрена: 25.04.2022

Принята к публикации: 26.05.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Коротков, М.А. Воздействие экологически-рационального проектирования на отрасль транспортного строительства / М.А. Коротков, И.Г. Овчинников // *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. – 2022. – № 2. – С. 64–71. DOI: 10.15593/24111678/2022.02.08

Please cite this article in English as: Korotkov M.A., Ovchinnikov I.G. Impact of sustainable design on the transport construction industry. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2022, no. 2, pp. 64-71. DOI: 10.15593/24111678/2022.02.08