

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.72

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-42-52

Технологии информационного моделирования в концепции устойчивого строительства автомобильных дорог

Л.А. Богуславский, Г.В. Проваторова

Леонид Анатольевич Богуславский*, Галина Владимировна Проваторова

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир, Российская Федерация

*leon1dbogi@gmail.com**, *asf.inst@yandex.ru*



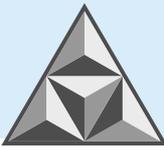
На основе проведенного анализа открытых статистических данных сделан вывод о быстром росте в России объема промышленных и бытовых отходов, большая часть которых не утилизируется. Растущее влияние строительной отрасли на окружающую среду приводит к необходимости разработки на государственном уровне «зеленых» стандартов проектирования и строительства автомобильных дорог. Рассмотрены особенности строительного сектора в контексте устойчивого развития дорог, одним из инструментов которого является применение информационных моделей, обеспечивающих энергоэффективность и экологичность проектов. Охарактеризованы эколого-ориентированные направления развития проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог. В качестве примера представлено программное обеспечение One Click LCA, позволяющее производить оценку воздействия возводимого объекта – автомобильной дороги на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла.

Ключевые слова: автомобильные дороги, устойчивое проектирование, устойчивое строительство, технологии информационного моделирования, экология

Для цитирования:

Богуславский Л.А., Проваторова Г.В. Технологии информационного моделирования в концепции устойчивого строительства автомобильных дорог // *Умные композиты в строительстве*. 2024. Т. 5, вып. 3. С. 42-52. URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/5358/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-42-52



SCIENTIFIC ARTICLE

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-42-52

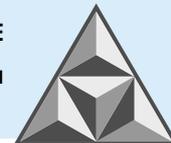
Information modelling technologies in the concept of sustainable road construction

L.A. Boguslavsky, G.V. Provatorova

Leonid A. Boguslavsky*, Galina V. Provatorova

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russian Federation

*leon1dbogi@gmail.com**, *asf.inst@yandex.ru*



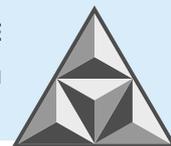
Based on the analysis of open statistical data, the authors conclude that the volume of industrial and household waste is growing rapidly, most of which is not recycled. The growing environmental impact of the construction industry is leading to the development of green standards for highway design and construction at the state level. The paper considers the peculiarities of the construction sector in the context of sustainable road development. One of the tools for such development is the application of information models that ensure energy efficiency and environmental friendliness of the project. The paper characterises the ecologically-oriented directions of development of design, construction and operation of automobile roads. The authors present One Click LCA software as an example. It allows to assess the environmental impact of the constructed object - a road - throughout the entire life cycle.

Keywords: automobile roads, sustainable design, sustainable construction, information modelling technologies, ecology

For citation:

Boguslavsky L.A., Provatorova G.V. Information modelling technologies in the concept of sustainable road construction // Smart Composite in Construction. 2024. Vol. 5, Iss. 3. P. 42-52.
URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/5358/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-42-52



ВВЕДЕНИЕ

Согласно проведенному анализу открытых данных Федеральной службы государственной статистики и Росприроднадзора, в последние годы наблюдается рост отходов производства всех классов опасности, а также их захоронений [1]. Так, в 2022 г. увеличение массы отходов составило более 29% по сравнению с 2020 г., а объем не утилизированных отходов за рассматриваемый период [2] вырос практически в 3 раза (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Образование, утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления

Table 1. Formation, utilization and neutralization of production and consumption waste

	Образование отходов производства и потребления, тыс. тонн			Утилизация и обезвреживание отходов производства и потребления тыс. тонн		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
I класс опасности	12	14	6	13	10	4.7
II класс опасности	182	209	229	276	312	309
III класс опасности	20272	25076	25129	14702	21272	26052
IV класс опасности	77630	92565	79366	155962	81357	72079
V класс опасности	6857620	8330778	8912534	3258061	3834289	4026761

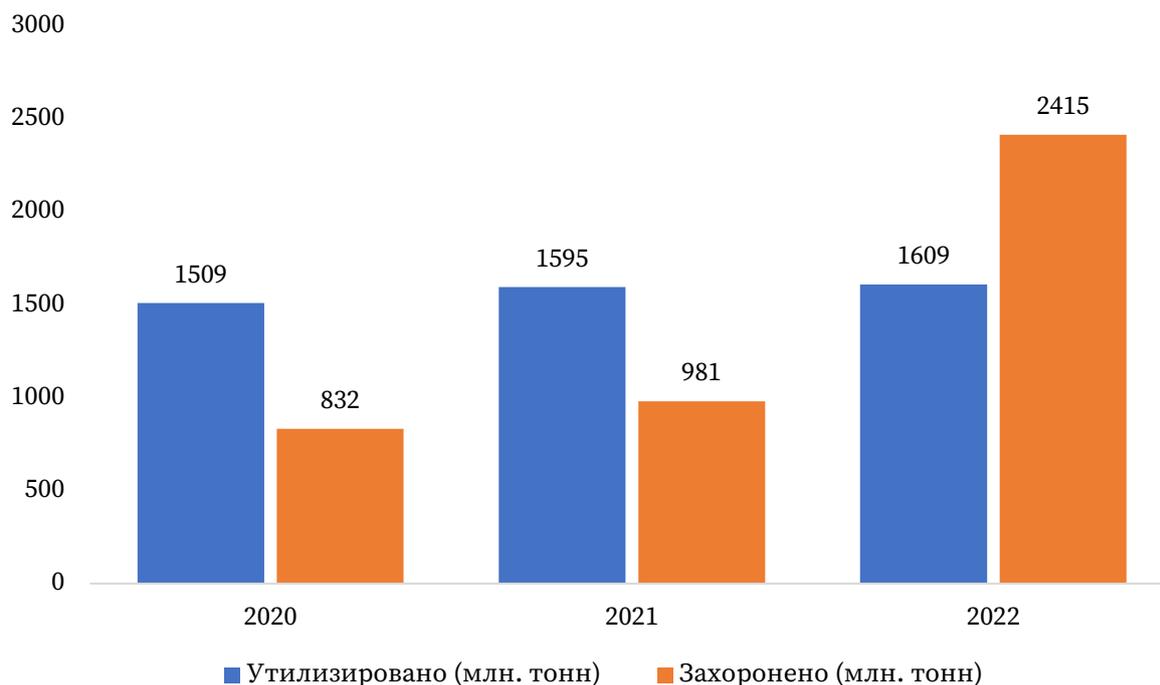
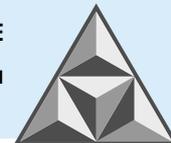


Рис. 1. Объем утилизации для повторного применения и захоронения отходов производства и потребления

Fig. 1. Utilization volume for reuse and buried production and consumption waste

Глобальная озабоченность экологическими проблемами требует осуществления новых подходов в строительстве, ввиду значительного воздействия на окружающую среду и высокого использования природных ресурсов. Эффективным решением может служить, в частности, разработка «зеленых» стандартов. В Российской Федерации эта сфера стала активно развиваться сравнительно недавно, однако необходимость введения национального экологического стандарта в части проектирования и строительства автомобильных дорог



с каждым годом становится все более явной. Сложности во многом связаны с отсутствием единой системы оценки качества проектировочных работ в указанной сфере [3].

1 ноября 2022 г. вступил в силу «зеленый» стандарт строительства, разработанный на основе международных систем LEED, BREEAM, DGNB. Строения, получающие сертификат соответствия ГОСТ, становятся проектами устойчивого развития согласно постановлению Правительства РФ № 1587 от 21.09.2021 [4]. Стандарт включает 81 критерий в 10 категориях. Достижение 16 критериев в каждой из 10 категорий оценки является обязательным для признания здания «зеленым». Однако ни один объект не может нормально функционировать при отсутствии необходимой инфраструктуры, в том числе – без организованного удобного подъезда к нему.

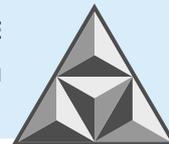
Единственным нормативным документом, регламентирующим на данный момент «зеленое» строительство автомобильных дорог, является Стандарт Государственной компании «Автодор» СТО АВТОДОР 7.1-2013. Он определяет принципы, категории, оценочные критерии, индикаторы, рекомендуемые показатели и минимальные экологические требования к реализации. Дополнительно предоставляется паспорт энергоэффективности объекта, регламентируется нормативный уровень шума, предусматривается использование местных строительных материалов с низким уровнем эмиссии вредных веществ и т.д. Например, одним из требований документа является устройство на автодороге экопереходов.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), за 2023 г. численность погибших в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) превысила 14 тыс. чел. [5]. При этом, по оценкам экспертов, наезды на животных составляют примерно 2% от общего количества ДТП. В таких авариях гибнут от 2 до 3 чел. на каждые 100 столкновений с животными [6]. С целью предотвращения подобных происшествий компания «Автодор» построила экодуки на трассе М-3 в Калужской области и трассе М-12 в Судогодском районе Владимирской области.

Практика показывает, что строительство экодуков помогает сохранить популяцию диких животных и предотвратить аварии на дорогах [7]. Отметим, что документ компании «Автодор» является стандартом конкретной организации и не входит в список нормативных документов, обязательных к применению.

Строительная отрасль пытается адаптироваться к новым требованиям. Методы устойчивого строительства автомобильных дорог сосредоточены на использовании современных материалов для уменьшения количества отходов, экономии энергии и воды, а также рассчитаны на обеспечение минимизации загрязнений. При этом практика показывает, что применяемые современные меры оказываются недостаточными.

Благодаря использованию инструментов обеспечения устойчивости строительства целесообразно применять «экологическое» проектирование на различных этапах. Экологическое строительство дорог также является ключом к сокращению углеродного следа. Новые строительные проекты должны планироваться с учетом устойчивости в качестве основного приоритета [8]. Аналитические и интегрированные модели, создаваемые с использованием информационных технологий, также могут способствовать решению проблемы. Характерно, что технологии информационного моделирования и устойчивое строительство дорог – инициативы, отличные друг от друга, но в последние годы обеим уделяется достаточно много внимания.



ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Понятие «жизненный цикл объекта капитального строительства» возникло благодаря внедрению технологий информационного моделирования и принятию свода правил (СП) 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на разных стадиях жизненного цикла».

Использование информационных моделей на каждом этапе строительства дорог позволяет достичь целей устойчивого развития. Особенно эффективно применение информационных моделей на этапах предпроектирования, проектирования и строительства.

На этапе подготовки к строительству дорог можно визуализировать объекты задолго до того, как строители выйдут на строительную площадку. Точные и подробные модели предоставляют заинтересованным участникам проектирования соответствующую информацию, необходимую для принятия решений.

Важным аспектом процесса проектирования дорог является выбор строительных материалов. Информационные модели способствуют выбору экологически чистых материалов со снижением негативного воздействия на окружающую среду, а за счет высокой точности расчетов дополнительно обеспечивается уменьшение расходов.

Учет факторов подбора материалов, числа машин и механизмов, сроков строительства дорог и изменения параметров можно осуществлять в любой момент подготовки проекта. Более того, изменения в проект могут быть внесены мгновенно, что экономит время и позволяет быстро продвигаться вперед [9].

Этап строительства оказывает наибольшее воздействие на окружающую среду. Нередко на объекте образуется простой техники; каждый дополнительный час, добавленный к строительству, увеличивает размер углеродного следа.

Около 30% всех материалов, используемых в строительстве дорог, расходуется нецелесообразно. Миллионы тонн строительных материалов ежегодно попадают на свалки. Это делает отрасль одним из крупнейших источников отходов.

Наиболее популярным инструментом, используемым для оценки производственных процессов, является One Click LCA [10]. Он позволяет оценить воздействие объекта проектирования на окружающую среду, начиная с добычи материалов, используемых в строительстве автомобильных дорог и эксплуатации объекта, и заканчивая утилизацией. С помощью One Click LCA можно провести расчеты по следующим показателям:

- углеродный след;
- расчет выбросов углекислого газа в атмосферу;
- энергоэффективность;
- расчет использования воды;
- расчет количества образуемых отходов.

Результатами расчетов программных комплексов LCA являются следующие данные (рис. 2, 3):

- категория Embodied Carbon Benchmark;
- диаграмма распределения выбросов углерода по стадиям жизненного цикла (A1–A3 Materials, A4 Transportations, B4–B5 Replacement, C1–C4 End of life);
- сравнительные диаграммы, если производился расчет нескольких вариантов проекта.

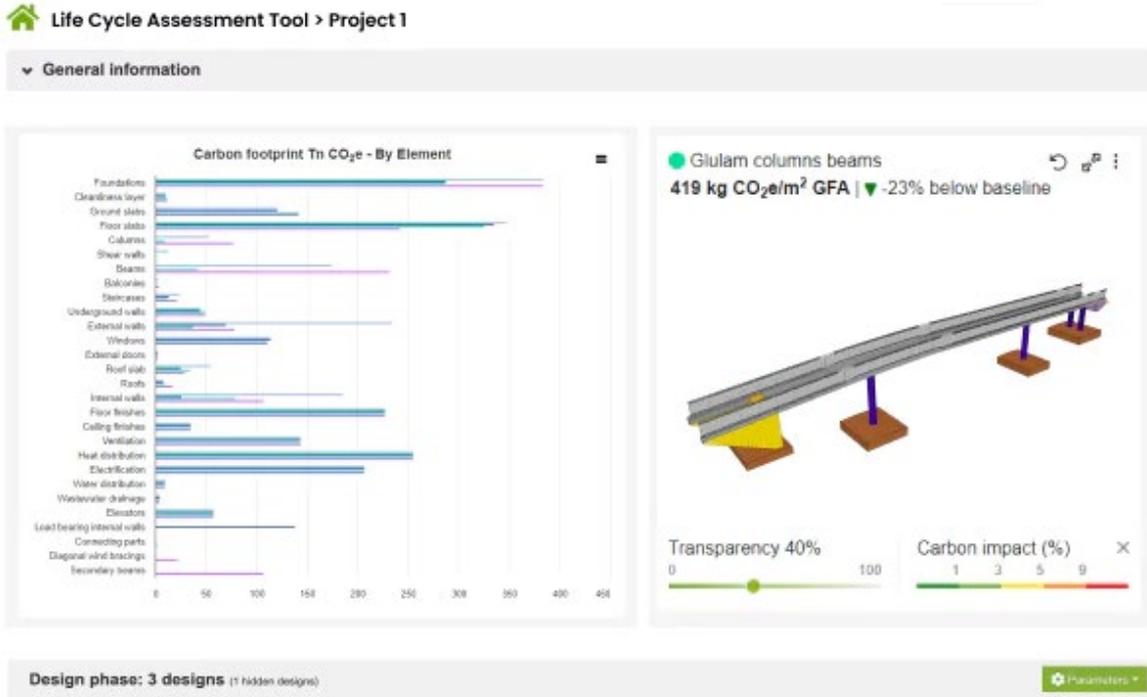


Рис. 2. Эмуляция сооружения в One Click LCA
 Fig. 2. Construction emulation in One Click LCA

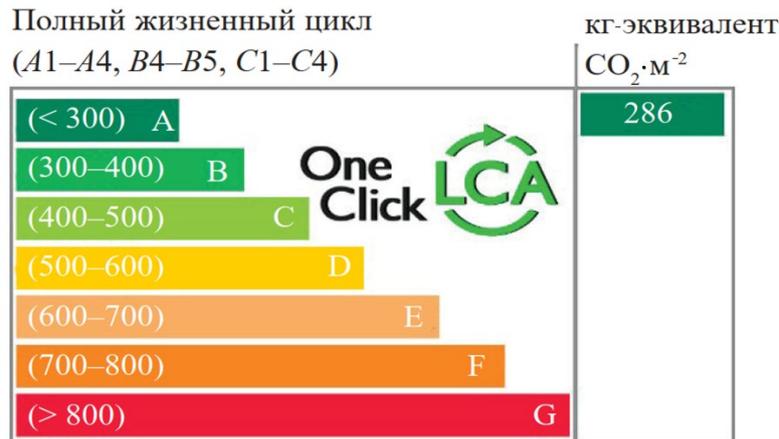


Рис. 3. Категория сооружения Embodied Carbon Benchmark в One Click LCA
 Fig. 3. Embodied Carbon Benchmark construction category in One Click LCA

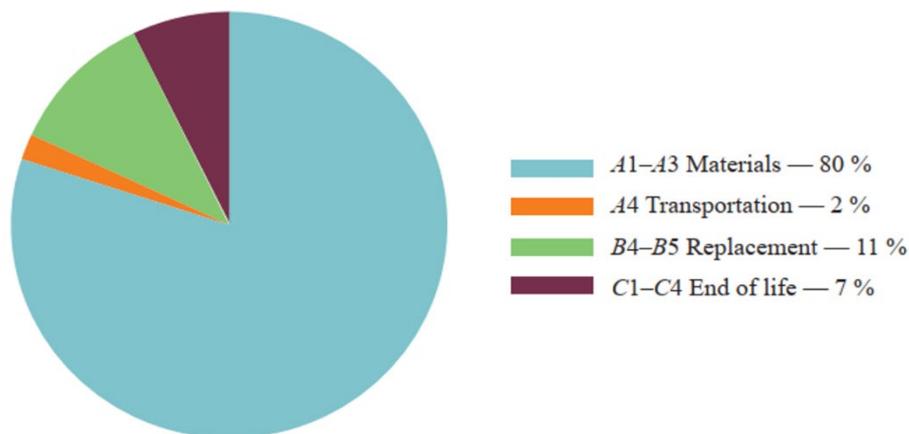
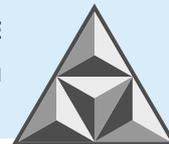


Рис. 4. Диаграмма углеродного следа по стадиям жизненного цикла в One Click LCA
 Fig. 4. Carbon Impact Diagram by Life Cycle Stage in One Click LCA



Расчеты показывают, какие элементы сооружения при строительстве дорог требуют особого внимания в отношении снижения углеродного следа. В соответствии с диаграммой, представленной на рис. 4, основным источником выбросов углерода являются материалы (80%). Это подчеркивает важность использования особо точных характеристик материалов от производителей для получения наиболее достоверных результатов. Следовательно, эффективным способом влияния на достигаемые показатели будет анализ информации о материалах и выбор наиболее экологичных из них [11].

Информационные модели позволят планировать осуществление дорожных ремонтных работ заблаговременно, свести к минимуму затраты и негативное воздействие на окружающую среду. При этом, по оценке Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства России, вероятность ошибок в проектировании снизится на 40%, время проектирования – до 50%, в 6 раз сократится продолжительность проверки документов, а сроки координации и согласования проектов – до 90% [12].

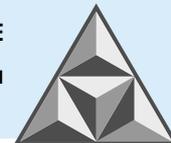
ВЫВОДЫ

Информационное моделирование при проектировании и строительстве автомобильных дорог позволяет точно рассчитать необходимое количество материалов, а также контролировать сроки их поставки, предотвращая простои и количество отходов. Ожидается также, что внедрение информационных моделей и технологий в рабочий процесс обеспечит сокращение общих сроков введения дорожного объекта за счет интенсификации сотрудничества проектных и строительных групп внутри системы. При этом ниже окажется влияние на окружающую среду с точки зрения энергопотребления, углеродного следа и шума. Данные проекта хранятся централизованно, что позволяет внести необходимые изменения практически мгновенно. Заинтересованные стороны могут получить доступ к данным и обсудить требуемые улучшения без необходимости организации длительных совещаний и ожидания разрешения.

После завершения строительства дороги информационные модели остаются критически важными для текущего обслуживания. Их использование поможет качественно осуществлять мониторинг и регистрацию характеристик, принимать более взвешенные и эффективные решения при эксплуатации дорожного объекта и продлить его жизненный цикл.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральная служба государственной статистики. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. Москва. 2023.
2. Доклад о деятельности Федеральной службы по надзору в сфере природопользования в 2023 году. Москва. 2024.
3. Жуковская А.Ю., Гераськин Ю.М. Применение зеленых стандартов в России: проблемы и перспективы // *Вестник Евразийской науки*. 2019. № 2.
4. Постановление Правительства РФ от 21 сентября 2021 г. № 1587 "Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).
5. Федеральная служба государственной статистики. Численность погибших в происшествиях с транспортными средствами по Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Postrad_2023.xlsx (дата обращения: 16.03.2024).



6. Аварийность на дорогах общего пользования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://iz.ru/1046914/2020-08-11/v-gosdume-otcenili-reshenie-problemy-s-dtp-s-uchastiem-dikikh-zhivotnykh> (дата обращения: 16.03.2024).
7. Новости компании Автодор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://russianhighways.ru/press/news/57967> (дата обращения: 16.03.2024).
8. **Богуславский Л.А.** Взаимодействие участников bim-проектирования в среде общих данных // *Мат. V Межд. науч.-практ. конф. «Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации»*. 2023.
9. **Богуславский Л.А.** Перспективы применения bim-технологий в процессе проектирования объектов дорожного строительства // *Мат. IV Межд. науч.-техн. конф. "International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering" (MPCPE-2023)*. 2023.
10. Building Life Cycle Assessment software – One Click LCA [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.oneclicklca.com (дата обращения: 16.03.2024).
11. **Калинина А.В., Петрович М.В.** Комплексный подход к оценке жизненного цикла строительства на стадии проектирования с применением программных комплексов // *Строительство: наука и образование*. 2022. Т. 12. Вып. 1. С. 7.
12. Предварительный национальный стандарт по технологиям информационного моделирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/utverzhen-predvaritelnyu-natsionalnyu-standart-po-tekhnologiyam-informatsionnogo-modelirovaniya> (дата обращения: 16.03.2024).

Поступила в редакцию 03.06.2024

Одобрена после рецензирования 06.09.2024

Принята к опубликованию 13.09.2024

REFERENCES

1. Federal State Statistics Service. Main indicators of environmental protection. Statistical bulletin. (2023), Moscow, Russia (in Russian).
2. Report on the activities of the Federal Service for Supervision of Natural Resources Management in 2023. (2024), Moscow, Russia (in Russian).
3. **Zhukovskaya, A.Yu. and Geraskin, Yu.M.** (2019), "Application of green standards in Russia: problems and prospects", *Vestnik Evrazijskoj nauki [The Eurasian Scientific Journal]*, no. 2 (11). Available at: <https://esj.today/PDF/37SAVN219.pdf> (in Russian)
4. The resolution of the Government of the Russian Federation dated 21 September 2021 no. 1587 'On Approval of the criteria for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation and requirements for the verification system of sustainable development financing instruments in the Russian Federation' (as amended and supplemented) (in Russian).
5. Federal State Statistics Service. The number of people died in accidents with vehicles in the Russian Federation. Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Postrad_2023.xlsx (accessed 16.03.2024) (in Russian).
6. Accident rate on public roads. Available at: <https://iz.ru/1046914/2020-08-11/v-gosdume-otcenili-reshenie-problemy-s-dtp-s-uchastiem-dikikh-zhivotnykh> (accessed 16.03.2024) (in Russian).
7. Avtodor Company News. Available at: <https://russianhighways.ru/press/news/57967> (accessed 16.03.2024) (in Russian).
8. **Boguslavsky, L.A.** (2023), "Interaction of BIM-projecting participants in the field of common data", *Мат. V Межд. науч.-практ. конф. «Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации» [Proc. of V Interdisciplinary Conference 'Architectural and Construction Complex: Problems, Prospects and Innovations']* (in Russian).
9. **Boguslavsky, L.A.** (2023), "Prospects of BIM technologies application in the process of designing road construction objects", *Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conf. "International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering" (MPCPE-2023)* (in Russian).



10. Building Life Cycle Assessment software – One Click LCA. Available at: www.oneclicklca.com (accessed 16.03.2024).
11. **Kalinina, A.V. and Petrochenko, M.V.** (2022), "An integrated approach to the assessment of construction life cycles using software packages at the design stage", *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie [Construction: Science and Education]*, no. 12 (1), p. 7 (in Russian).
12. Provisional National Standard on Information Modelling Technologies. Available at: <https://www.minstroyrf.gov.ru/press/utverzhdenn-predvaritelnyy-natsionalnyy-standart-po-tehnologiyam-informatsionnogo-modelirovaniya> (accessed 16.03.2024) (in Russian).

Received 03.06.2024

Approved 06.09.2024

Accepted 13.09.2024