

Технологии информационного моделирования объектов дорожного строительства

Ирина Александровна Бадмаева¹, Елена Викторовна Волкова²

^{1,2}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Волкова Елена Викторовна, volkova_elena13@mail.ru

Аннотация. Цель работы – изучение проблемы использования информационной модели в дорожном строительстве. Одной из главных научно-технических и технологических задач внедрения метода информационного моделирования в область проектирования и строительства автомобильных дорог и инженерных сооружений является использование информационной модели на протяжении всех этапов жизненного цикла объекта дорожного строительства. Выявлено, что в таких моделях должны быть учтены характеристики геометрических параметров дорожных объектов, условий местности, в которой они расположены, основные данные о происходящих процессах. Рассмотрены возможности информационных моделей на разных этапах строительства, реконструкции, ремонта автомобильных дорог и инженерных сооружений для обеспечения постоянного контроля всех технических планов и внесения изменений данных. Для реализации ведения проектирования информационной модели необходимо наладить все процессы взаимодействия участников проектирования, а для этого нужна специальная библиотека знаний в виде каталога с типовыми решениями для повторного применения в последующих проектах с возможностью изменения параметров компонентов. Приведены программные продукты, применяемые для проектирования автомобильных дорог с использованием информационных моделей. Представлена 3D-модель автодорожного моста с информацией по каждому элементу, что дает возможность создать пространственную модель инженерного сооружения. Сделан вывод, что использование информационной модели объекта значительно облегчает работу не только проектировщиков, но и строителей, а также имеет множество преимуществ перед прежними формами разработки проекта дорожного строительства. Этот подход дает возможность объединить, увязать и согласовать создаваемые разными специалистами и организациями разделы проектируемого дорожного объекта.

Ключевые слова: геометрические параметры, системотехника, информационная модель объекта капитального строительства, цифровая информационная модель объекта строительства, цифровая информационная модель, трехмерная модель

Для цитирования: Бадмаева И. А., Волкова Е. В. Технологии информационного моделирования объектов дорожного строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 4. С. 521–528. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-4-521-528>.

Original article

Information modelling of road facilities

Irina A. Badmaeva¹, Elena V. Volkova²

^{1,2}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia,

Corresponding author: Elena V. Volkova, volkova_elena13@mail.ru

Abstract. This work addressed the problems of using information modelling in road facilities. One of the main scientific and technical tasks of implementing information modelling in the field of design and construction of highways and engineering structures lies in its use throughout the entire life cycle of a road facility. It was revealed that such models should include the geometric characteristics of road facilities, local conditions in which they are located and basic data on the occurring processes. The ap-

plicability of information models at different stages of construction, reconstruction and reconditioning of roads and engineering structures were considered in order to ensure continuous monitoring of all technical programmes and data amendment. In order to implement the information modelling to design management, it is necessary to establish interaction between all the design participants by means of a special knowledge library represented by a catalog of standard solutions that can be used in subsequent projects at variable component parameters. Software products used for the design of roads using information modelling were given. A 3D model of a motorway bridge containing the data on each element was presented, which allowed a spatial model of an engineering structure to be built. It was concluded that the use of information modelling of an object greatly facilitates the work of designers and construction workers, allowing for many advantages over previous means of developing road construction projects. This approach offers a combination and coordination of parts of the designed road object developed by different specialists and organisations.

Keywords: geometric parameters, system engineering, information model of the capital construction object, digital information model of the construction object, digital information model, three-dimensional model

For citation: Badmaeva I. A., Volkova E. V. Information modelling of road facilities. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(4):521-528. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-4-521-528>.

ВВЕДЕНИЕ

Информационное моделирование (ИМ), применяемое для проектирования объектов дорожного строительства, – это цифровая технология отображения информации, требуемой для проектирования, строительства, управления и содержания автомобильных дорог и инженерных сооружений.

Метод моделирования за последние годы стал широко использоваться для проектов транспортного строительства не только загородных дорог, но и объектов городской среды.

Этот способ управления информацией объединяет разные наборы данных, используемых в течение всего жизненного цикла проектируемого и строящегося инженерного объекта в единую информационную сферу, что дает возможность уменьшить и даже исключить необходимость использования бумажной документации. Такой подход называют информационным моделированием объектов строительства (BIM), в отечественной интерпретации – технология информационного моделирования (ТИМ).

МЕТОДЫ

Информационное моделирование уже давно используется в сфере строительства в основном для реализации сложных и уни-

кальных объектов. С 1 января 2022 г. вступило в силу Постановление Правительства РФ № 1431¹ об обязательном ведении и формировании информационного моделирования объектов капитального строительства (ИМ ОКС), финансируемых из государственного бюджета. Этот документ описывает состав и правила ведения ИМ ОКС.

С приходом постановления у многих сложилось неправильное представление о том, как должна выглядеть ИМ – это не трехмерная модель, созданная по уже готовым чертежам.

Трехмерная модель – это лишь инструмент для восприятия человеком данных ИМ, представленных в виде компьютерного кода.

Согласно Постановлению № 1431¹ трехмерная модель необходима, только если в задании на ИМ присутствует данное требование от заказчика.

Отсюда следует, что если такое требование отсутствует, то ведение и формирование ИМ осуществляется посредством создания файла, из которого возможно извлечь необходимые данные по конструктивным элементам ОКС.

В качестве исходных данных для разработки каждой стадии жизненного цикла исполнителю предоставляется информаци-

¹Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства (с изменениями и дополнениями): постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. N 1431 // Garant.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/74644278/> (28.11.2022).

ная модель линейного объекта соответствующего этапа [1, 2]. Вся информация дается в электронном виде в соответствующем формате данных. На первоначальных стадиях создания информационной модели при разработке проектов автомобильных дорог исходными данными может быть документация в бумажном виде² [3].

Информационная модель дорожного объекта, полученная на установленном этапе жизненного цикла, является исходной и безусловной относительно чертежей (планов, продольных и поперечных профилей) и других видов инженерной документации.

Необходимо ясно понимать определение термина «информационная модель» (ИМ), особенно отличие его от термина «цифровая информационная модель» (ЦИМ). Основное их отличие состоит в следующем: ИМ – это собирательный термин для цифровых моделей, данных и документации, а ЦИМ – это, прежде всего, трехмерная модель, насыщенная информацией [1, 4, 5]. В состав ИМ входят, в том числе, ЦИМ и инженерная цифровая модель местности (ИЦММ).

Технология информационного моделирования – это, прежде всего, управление проектом, которое происходит «сверху вниз». При таком подходе на каждой стадии проектирования становится понятно, как надо моделировать отдельные процессы и разрабатывать проект сооружения в целом [6, 7].

В первую очередь информационное моделирование – это ведение организованной совместной работы над объектом строительства.

Все участники строительства должны работать в одном цифровом пространстве – среде общих данных (СОД) [2, 5]. Такой подход позволяет заказчику контролировать все стадии жизненного цикла объекта строительства.

Принцип системной инженерии лежит в основе жизненного цикла информационной модели объекта строительства.

Данный принцип обеспечивает «союз» всех дисциплин и помогает привлечь специалистов по узким областям в командную работу, формирует процесс разработки проекта, поддерживает переход от концепции к строительству и эксплуатации. Все формирование

и ведение ИМ происходит одновременно в одной такой модели. Применение принципов системной инженерии обеспечивает передачу данных и основных требований от одного этапа проектирования к другому³ [8]. ИМ строительного объекта поддерживает все стадии жизненного цикла автомобильной дороги.

Для поддержки жизненного цикла линейного объекта применение технологии информационного моделирования полагает постепенное развитие информационной модели от стадии обоснований инвестиций до проектных разработок и далее на стадии строительства и эксплуатации с дальнейшим восстановлением транспортно-экономических характеристик или выполнение работ по реконструкции автомобильной дороги [6, 9, 10]. Проектная стадия обычно начинается с подготовки материалов инженерных изысканий.

Автомобильные дороги представляют собой, прежде всего, линейные пространственные геологические объекты, состоящие из участков непосредственно дорожной конструкции, мостовых сооружений (мостов, путепроводов, эстакад, виадуков) и тоннелей, а также сложных инженерных сооружений.

Начальный уровень декомпозиции:

- прокладывание трассы линейного инженерного объекта в пространстве (совмещение плана трассы автомобильной дороги с продольным и поперечным профилями) (рис. 1);

- разбивка трассы на участках дорог, искусственных инженерных сооружений с учетом определенных ограничений, в том числе с условиями подмостового габарита и возвышения трассы дороги над поверхностью земли по принципам снегонезаносимости и водоотвода (рис. 2).

Каждая из этих отдельных моделей (объектов) несет конкретные особенности проектирования, нормативные требования, соответственно, свою дальнейшую последовательность элементов и программное обеспечение.

Для конечного создания информационной модели автомобильной дороги как совокупности дорожных, мостовых и других частных моделей (объектов) связующим началом выступает их общая направляющая линия (трасса) в пространстве³ [11, 12].

²Autodesk. Что такое BIM-технологии (Building Information Modeling) в современной интерпретации // Autodesk.ru [Электронный ресурс]. URL: <http://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-new-seats/landing-page> (25.11.2022).

³Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства: проектирование, строительство, эксплуатация // Damassets.autodesk.net [Электронный ресурс]. URL: http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (25.11.2022).

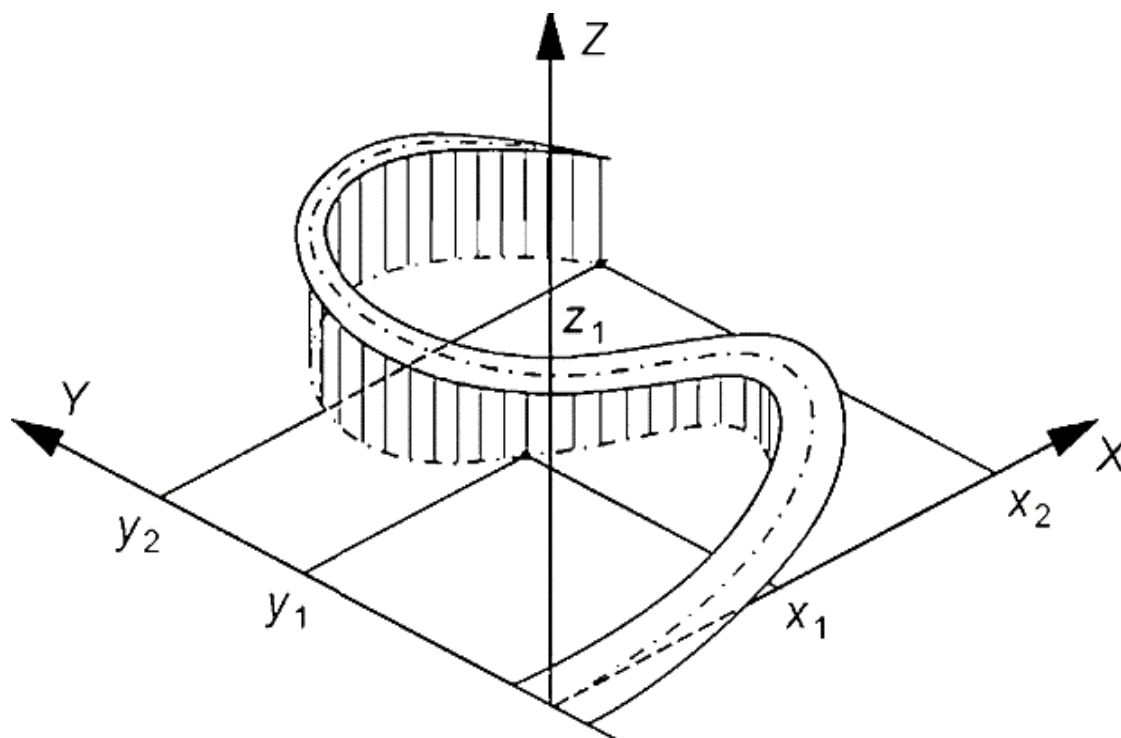


Рис. 1. Трасса автомобильной дороги в пространстве
Fig. 1. The highway route in space

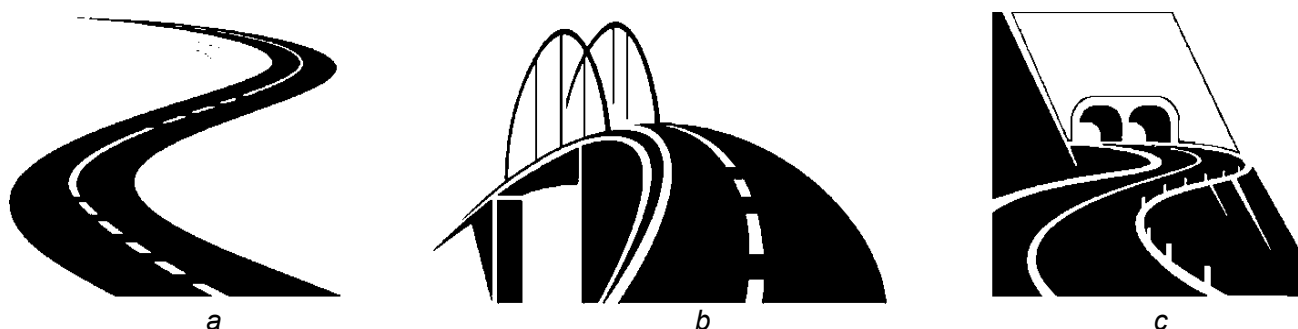


Рис. 2. Разбивка трассы: а – участок дороги; b – мостовое сооружение; с – тоннель
Fig. 2. Breakdown of the route: a – road section; b – bridge structure; c – tunnel

Если сравнивать подходы ведения строительства с использованием ТИМ с традиционным подходом, то разница будет только в инструментах, сами же принципы проектирования, строительства и эксплуатации не изменяются.

При обычном ведении строительства объекта расход времени на печать, сбор подписей и печатей на необходимые документы составляет очень большую часть времени.

В современных реалиях, с развитием компьютерных технологий, такое ведение документооборота неэффективно. С использованием ТИМ весь документооборот происходит

в цифровом пространстве среды общих данных³ [13, 14]. На рис. 3 и в таблице представлены разные уровни «зрелости» технологии информационного моделирования. Для реализации такого ведения проектирования ИМ необходимо наладить все процессы взаимодействия участников проектирования [15].

Также необходима библиотека знаний – каталог с типовыми решениями для повторного применения в последующих проектах с возможностью изменять параметры компонентов. Каждый элемент такой библиотеки должен иметь уникальное наименование для его идентификации [3, 11, 16].



Рис. 3. Модель «зрелости» технологии информационного моделирования
Fig. 3. Information Modeling Technology Maturity Model

Уровни информационного моделирования на стадиях жизненного цикла объекта строительства
Information modeling levels at the stages of the life cycle of a construction object

Жизненный цикл объектов строительства	Тип модели на каждой стадии ЖЦ
Концепт (предпроектная стадия, ОТП)	Концептуальная информационная модель
Проект (стадия проектирования, П)	Проектная информационная модель
Экспертиза	Сводная информационная модель
Строительство (стадия строительства, Р)	Строительная информационная модель
Эксплуатация (стадия эксплуатации и содержания)	Эксплуатационная информационная модель
Ремонт/Капремонт/Реконструкция (возвращение в начало цикла)	Цифровой двойник ОКС

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Информационная модель моста через р. Лена в г. Усть-Кут

Для формирования ИМ объектов строительства необходимо соответствующее ПО, имеющее надлежащий функционал. В проектировании автомобильных дорог существует множество программных продуктов для разработки проектов с использованием информационных моделей: КРЕДО-Дороги, IndorCAD/Road, Топоматик Robur-Автомобильные дороги, AutoCAD. Для проек-

тирования и расчета искусственных сооружений необходимо использовать сторонние ПО или модули основного ПО, если такие предусмотрены компанией разработчика.

Была поставлена задача – создать модель моста, в которой находилась информация по каждому его элементу, используя при этом знания и умения, приобретенные в ходе обучения. Для начала необходимо было определиться, какое ПО использовать для создания такой модели. Основная работа и вся модель моста создавалась в среде AutoCAD-2021.

В AutoCAD-2021 была создана 3D-модель на основе типовых чертежей элементов конструкции моста (рис. 4). Зная необходимые размеры, с помощью инструментов 3D-моделирования в AutoCAD можно создать пространственную модель. Такая модель не

будет являться информационной, так как для ИМ необходимо задать атрибутивные данные. В AutoCAD существует возможность создания блоков из сформированных 3D-объектов с назначением атрибутов необходимых метаданных.

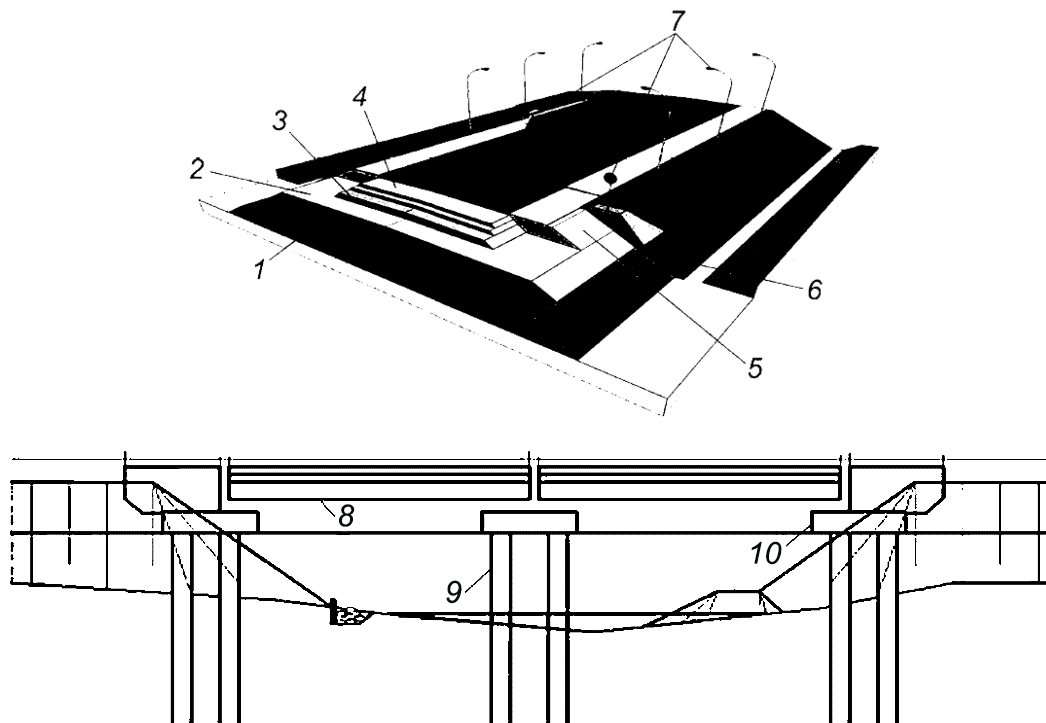


Рис. 4. 3D-модель элементов конструкции моста (IV уровень декомпозиции):
1 – земляное полотно; 2 – подстилающий слой; 3 – слои основания; 4 – слои покрытия; 5 – присыпные обочины; 6 – укрепленные откосы; 7 – элементы обустройства; 8 – пролетные строения; 9 – промежуточные опоры; 10 – береговые опоры
Fig. 4. 3D-model of structural elements of the bridge (IV level of decomposition):
1 – subgrade; 2 – underlying layer; 3 – base layers; 4 – coating layers; 5 – powder roadsides; 6 – reinforced slopes; 7 – elements of arrangement; 8 – span structures; 9 – intermediate supports; 10 – coastal supports

Если рассматривать отечественный программные решения, то по такому же принципу создания параметрического объекта можно использовать программный комплекс nanoCAD Конструкции. В среде nanoCAD уже присутствует библиотека типовых элементов конструкций, но большинство из них больше пригодна для проектирования объектов капитального строительства (промышленные и гражданские здания). Для такого случая, когда в библиотеке нет необходимой модели, реализована возможность создавать такие модели по индивидуальным чертежам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение информационной модели значительно облегчает разработку проекта строительства дорожного объекта и дает значительные преимущества перед старыми ме-

тодами и формами проектирования. Главное, что такой подход позволяет объединить и согласовать разработанные разными специалистами и организациями разделы проектируемого линейного объекта.

Инженеры-проектировщики, строители и специалисты смежных направлений могут заранее проверить жизнеспособность, конструктивное соответствие и эксплуатационные качества основных элементов разработанного проекта, а также избежать самого неприятного для проектировщиков – внутренних ошибок и нестыковок (коллизий).

Одно из главных преимуществ информационной модели объекта дорожного строительства – это его наглядность. Информационные модели помогают автоматизировать документооборот и составление смет и отчет-

тов, ускоряют процесс разработки и реализации проектов, уменьшают затраты, дают воз-

можность оптимально выбрать технологию выполнения работ и повысить качество.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Попов В. А., Бойков В. Н. Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 8–11.
2. Скворцов А. В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2 (5). С. 4–12. <https://doi.org/10.17273/CADGIS.2015.2.1>.
3. Гевара Рада Л. Т., Пешков В. В., Мартынов В. И., Радионова Е. А., Бужеева Ф. Г., Сайбаталова Е. В. Технологии информационного моделирования (BIM) как основа бережливого строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2022. Т. 12. № 1. С. 70–81. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-70-81>.
4. Vanessa Q. A brief history of BIM // Archdaily.com [Электронный ресурс]. URL: <http://www.archdaily.com/302490/a-briefhistory-of-bim> (28.09.2022).
5. Гинзбург А. В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. 2016. № 5 (153). С. 28–31.
6. Eleftheriadisa S., Mumovica D., Greeningb P. Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. No. 67. P. 811–825. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.028>.
7. Полуэктов В. В., Азизова-Полуэктова А. Н. Информационное моделирование (BIM) для студентов института архитектуры и градостроительства // Архитектурные исследования. 2016. № 3 (7). С. 47–52.

8. Guoa S., Weib T. Cost-effective energy saving measures based on BIM technology: Case study at National Taiwan University // Energy and Buildings. 2016. No. 127. P. 433–441.
9. Морозова А. С. Autodesk о дорожном проектировании: проблемы и решения // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 63–66.
10. Покальнис В. А., Земляков Г. В. Применение BIM-технологий при проектировании в зарубежных странах // Openrepository.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openrepository.ru/article?id=62327> (25.11.2022).
11. Ho S., Rajabifard A. Towards 3D-enabled urban land administration: Strategic lessons from the BIM initiative in Singapore // Land Use Policy. 2016. No. 57. P. 1–10.
12. Wang X. Analysis on complex structure stability under different bar angle with BIM technology // Perspectives in Science. 2016. No. 7. P. 317–322.
13. Ilhan B., Yaman H. Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIM-based design decisions // Automation in Construction. 2016. No. 70. P. 26–37.
14. Meza S., Turk Z., Dolenc M. Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system // Automation in Construction. 2014. No. 42. P. 1–12.
15. Lindblad H., Vass S. BIM Implementation and Organisational Change: A Case Study of a Large Swedish Public Client // Procedia Economics and Finance. 2015. No. 21. P. 178–184.
16. Скворцов А. В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2 (5). С. 4–12. <https://doi.org/10.17273/CADGIS.2015.2.1>.

REFERENCES

1. Popov V. A., Boikov V. N. On information models of roads in the technical policy of the State Company Avtodor. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog = CAD & GIS for roads*. 2014;2:8-11. (In Russ.).
2. Skvortsov A. V. Difficulties of transition from computer-aided design to information modeling of roads. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog = CAD & GIS for roads*. 2015;2:4-12. (In Russ.). <https://doi.org/10.17273/CADGIS.2015.2.1>.
3. Guevara Rada L. T., Peshkov V. V., Mart'yanov V. I., Radionova E. A., Buzheeva F. G., Saibatlova E. V. Building Information Modelling (BIM) technology as a basis for lean construction. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2022;12(1):70-81. (In Russ.).

- <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2022-1-70-81>.
4. Vanessa Q. A brief history of BIM. *Archdaily.com*. Available from: <http://www.archdaily.com/302490/a-briefhistory-of-bim> [Accessed 28th September 2022].
5. Ginsburg A. Bim-technologies in the process of life cycle of construction projects. *Informatsionnye resursy Rossii*. 2016;5:28-31. (In Russ.).
6. Eleftheriadisa S., Mumovica D., Greeningb P. Life cycle energy efficiency in building structures: A review of current developments and future outlooks based on BIM capabilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017;67:811-825. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.028>.
7. Poluektov V. V., Azizova-Poluektova A. N. Building information modeling (BIM) for students of the institute of architecture and urban planning.

Arkhitturnye issledovaniya. 2016;3:47-52. (In Russ.).

8. Guoa S., Weib T. Cost-effective energy saving measures based on BIM technology: Case study at National Taiwan University. *Energy and Buildings*. 2016;127:433-441.

9. Morozova A. S. Autodesk on road design: problems and solutions. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog = CAD & GIS for roads*. 2014;2:63-66. (In Russ.).

10. Pokalnis V. A., Zemlyakov G. V. Application of BIM technologies in design in foreign countries. Openrepository.ru. Available from: <https://www.openrepository.ru/article?id=62327> [25th November 2022] (In Russ.).

11. Ho S., Rajabifard A. Towards 3D-enabled urban land administration: Strategic lessons from the BIM initiative in Singapore. *Land Use Policy*. 2016;57:1-10.

12. Wang X. Analysis on complex structure stability under different bar angle with BIM technology. *Perspectives in Science*. 2016;7:317-322.

13. Ilhan B., Yaman H. Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIM-based design decisions. *Automation in Construction*. 2016;70:26-37.

14. Meza S., Turk Z., Dolenc M. Component based engineering of a mobile BIM-based augmented reality system. *Automation in Construction*. 2014;42:1-12.

15. Lindblad H., Vass S. BIM Implementation and Organisational Change: A Case Study of a Large Swedish Public Client. *Procedia Economics and Finance*. 2015;21:178-184.

16. Skvortsov A. V. Difficulties of transition from computer-aided design to information modeling of roads. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog = CAD & GIS for roads*. 2015;2:4-12. (In Russ.). <https://doi.org/10.17273/CADGIS.2015.2.1>.

Информация об авторах

И. А. Бадмаева,
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: badmaeva.irina2016@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1107-9995>

Е. В. Волкова,
кандидат географических наук, доцент,
доцент кафедры
автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: volkova_elena13@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4462-913X>

Information about the authors

Irina A. Badmaeva,
Master Degree Student,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: badmaeva.irina2016@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1107-9995>

Elena V. Volkova,
Cand. Sci. (Geographic), Associate Professor,
Associate Professor
of the Department of Highways,
Irkutsk National Research
Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: volkova_elena13@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4462-913X>

Вклад авторов

Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Волкова Е. В. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article. Volkova E. V. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 28.11.2022.
Одобрена после рецензирования 05.12.2022.
Принята к публикации 06.12.2022.

Information about the article

The article was submitted 28.11.2022.
Approved after reviewing 05.12.2022.
Accepted for publication 06.12.2022.