

УДК 69:003.13

Петропавловских Ольга Константиновна

старший преподаватель

E-mail: olga_konst@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Ибрагимова Ания Айратовна

инженер

E-mail: anya13@mail.ru

Садыков Руслан Рустемович

инженер

E-mail: ruslan14081997@mail.ru

ООО «Автодороги и сооружения»

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Карбышева, д. 15

Габитова Лилия Ирековна

инженер 3 категории

E-mail: lilagabit@gmail.com

АО «Моспроект-3»

Адрес организации: 420140, Россия, г. Казань, ул. Ю. Фучика, д. 90а

Эффективность управления проектами при строительстве искусственных сооружений

Аннотация

Постановка задачи. Цель данной работы заключается в отражении актуальности развития и использования проектного управления для строительства и проектирования искусственных сооружений, а также объектов транспортной инфраструктуры. Определены следующие задачи: 1) проанализировать текущее состояние управления проектами строительства транспортных сооружений; 2) изучить программные комплексы, применяемые в сфере управления проектами и доступные для учебного процесса студентов инженерно-технических специальностей; 3) определить эффективность внедрения и перспективу развития методики в России, а также обозначить примеры.

Результаты. Изучены принципы и сущность проектного управления. Выявлены оптимальные программные комплексы, относящиеся к сфере строительства и проектирования, а именно управления, доступные в учебном процессе. Проведен анализ вопроса о степени внедрения и о перспективе развития методики эффективного проектного управления в России с опорой на зарубежный и отечественный опыт.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в том, что эффективное управление проектами строительства на базе использования передовых программных продуктов, позволяет существенно сэкономить денежные и временные ресурсы; уменьшить трудоемкость работ, так как дает возможность спроектировать и заблаговременно испытать работоспособность всех инженерных решений и систем ещё до старта процесса строительства, и при этом оперативно обновлять статус состояния проекта с применением более действенных инновационных решений в ходе его выполнения. Информационная модель является основным ресурсом, включающим данные обо всех стадиях проектирования и строительства транспортной системы: от ключевой концепции до момента эксплуатации.

Ключевые слова: информационное моделирование, управление проектами, BIM-технологии, транспортное строительство, искусственные сооружения, мост, программный комплекс, календарный план, строительство, модель.

Введение

В современном мире в условиях жесткой конкуренции для благополучной реализации проекта требуется широкое применение информационных технологий. Одной из ключевых задач в области транспортного строительства является выполнение сроков строительства,

заложенных проектом, а отставание от календарного плана приводит к дополнительным издержкам и снижает прибыль строительной компании. В подобных условиях наиболее актуальным становится развитие эффективных методов управления проектами, которые в значительной степени определяют продолжительность строительства. Несмотря на множество исследований в сфере разработки эффективных методов управления и организации строительства транспортных объектов, вопрос ограниченности внедрения современных компьютерных комплексов, а также отсутствия системного подхода к разработке и управлению проектами остается нерешенным. Новый уровень удовлетворения данных потребностей – это технологии Building Information Modeling (BIM) – BIM-технологии. Технология BIM – это абсолютно новый подход к строительству, проектированию и эксплуатации сооружений, который позволяет совместить различные программные комплексы и инструменты, что способствует снижению стоимости моделирования и упрощает процессы визуализации будущего объекта.

В России эта технология считается новой в области строительства, вследствие чего возникает большое число противоречий, новых задач и вопросов, связанных с ее внедрением и использованием. Исходя из этого, основной задачей современного строительства является приведение современного общества к осознанию значимости BIM-технологий, а также решение вопросов, связанных с развитием информационного моделирования, и внедрение в массовое использование.

Развитие BIM

Спецификой возведения объектов транспортной инфраструктуры является то, каким образом происходит управление строительством, поскольку именно от того, как ведется управление проектом, зависит длительность строительства объекта, различные затраты механизмов и материалов, а также издержки рабочей силы и других ресурсов. При правильном управлении, а также при тщательном календарном планировании возможно значительно уменьшить затраты по времени, исключить перерасход ресурсов.

Область деятельности, в которой достигаются и определяются четкие цели, путем балансирования между различными ресурсами, объемами работ, временем, качеством и рисками называется управлением проектами [1].

Первые государственные мероприятия по развитию строительной отрасли в России, направленные на переход к BIM, произошли сравнительно недавно. 4 марта 2014 года о BIM заговорили впервые на заседании Президиума совета при Президенте РФ по инновационному развитию и модернизации экономики, посвященном строительству. Следующее значимое событие – заседание Госсовета по вопросам совершенствования градостроительной деятельности и развития строительного комплекса, состоявшееся в мае 2016 года. В представленном докладе Госсовета тема BIM была отмечена, как одно из инновационных направлений развития отрасли, а по итогам заседания тема BIM была обозначена в поручениях Президента Правительству.

В современном мире происходит быстрое развитие технологий и стремительный переход от старого к новому, поэтому новые технологии активно разрабатываются и испытываются, а традиционные методы все больше теряют свою актуальность. Данная тематика является актуальной и отражается во многих научных публикациях, докладах конференций в России и за рубежом [2-5]. Шаг за шагом, за границей переходят к новой модели проектирования, отходя от привычных традиционных двухмерных моделей. Проблема инновационного подхода в проектировании является крайне важной для всей строительной отрасли. Подобные инновации, переход к которым идет во всем мире, несомненно, показаны к внедрению в таком большом и быстроразвивающемся государстве, как Россия.

Сущность и основные принципы

Под «новой моделью» управления подразумевается переход к Building Information Modeling. BIM – информационное моделирование будущего сооружения, комплекс мероприятий по управлению полным жизненным циклом сооружения, начиная от проекта и заканчивая работами по демонтажу [6]. BIM-технологии применяются на

стадиях строительства, эксплуатации, проектирования, реконструкции и ремонта инженерного сооружения.

ВМ-проектирование значительно отличается от других видов проектных работ. Различие в том, что все операции по сбору и обработке данных об архитектурных, конструктивных, планировочных, технологических, экономических, эксплуатационных и материальных характеристиках объекта объединены в едином информационном поле – ВМ-модели. Все данные, закладываемые в информационную модель объекта, взаимосвязаны и имеют между собой зависимости.

Таким образом, над единой моделью одновременно работают заказчики, подрядчики, геодезисты, инженеры-строители, архитекторы, дизайнеры, сметчики, инженеры-механики, инженеры-электрики и другие специалисты. В результате получается уникальный проект, над которым работало много людей разных специальностей по разным направлениям (рис. 1).



Рис. 1. ВМ-модель Grandfather's Bridge г. Хельсинки (источник: <https://sapr.ru/article/25569>)

Использование ВМ-технологии в мостостроении предполагает комплексный подход на всех этапах строительного производства и имеет свои преимущества на каждом уровне. Одно из основных достоинств ВМ-моделирования – получение тотального соответствия параметров и эксплуатационных характеристик будущего сооружения требованиям Заказчика.

Программные комплексы

Технологии ВМ основываются на трехмерной виртуальной модели, обладающей действительными физическими свойствами, однако возможности технологии информационного моделирования этим не ограничиваются. К модели присоединяются дополнительные измерения: планы, стоимость, время, материалы, механизмы и др. Подобные измерения позволяют рассчитать и определить технологические параметры процессов сооружения еще до начала строительных работ на объекте. Управление данными информационной модели помогает сократить сроки реализации проекта, упрощает эксплуатацию возведенного объекта и продлевает срок его службы [7]. Можно перечислить множество систем автоматизированного проектирования, программ архитектурного и календарного планирования, но стоит выделить те программные комплексы, которые доступны будущим специалистам в рамках получаемого высшего образования.

Данный метод является инновационным в сфере строительства и допускает возможность оптимизации всех стадий жизненного цикла строящегося сооружения. Можно привести примеры по каждому этапу. Одним из таких этапов является проектирование. В современном мире, всем студентам инженерных специальностей и проектировщикам известна программа AutoCAD, как относительно не сложная, а главное доступная программа для автоматизированного проектирования и черчения, которую

можно отнести к концепции BIM. Прежде в технологии автоматизированного проектирования САД использовался 2D-формат, т.е. создавались чертежи, условно символизирующие объект и его конструктивные характеристики. Однако теперь речь идет о цифровой модели, наполненной информацией о будущем объекте, поскольку информационное моделирование прибавляет слой данных к чертежам. Поскольку программное обеспечение BIM определяет предполагаемое использование каждого объекта, оно автоматически назначает стандартные размеры и используемые материалы [8]. Новый подход предполагает, что все данные об объекте находятся в одной взаимосвязанной модели и в совокупности, а не по разным разделам, как это было ранее.

Для процесса календарного планирования следует отметить программный комплекс Spider Project. Программа имеет множество преимуществ, ее изучают студенты инженерных специальностей, применяя в своих учебных проектах, т.к. она наиболее удобна и приспособлена к использованию. Spider Project – это одна из множества возможных программ, отвечающих за формирование календарного плана, которые можно использовать в рамках BIM. Программное обеспечение Spider Project было разработано В.И. Либерсоном (Россия) в 1992 году. На новую программу был небольшой спрос, поскольку ее стоимость была достаточно высокой. Однако подрядчики масштабных объектов в Москве вынуждены были применить Spider Project ввиду большого количества ресурсов и ограниченности во времени, не позволяющих выполнить проект в заданные сроки. Программа оказалась очень эффективной и на сегодняшний день используется в 32-х странах мира, в т.ч. и в России.

Программа имеет мощный математический аппарат, который учитывает условия многозадачности. При необходимости информационную базу из программы можно экспортировать и в другие программы, а также импортировать из них (например, Microsoft Project, Primavera Project Management и др.).

В настоящее время одним из основных достоинств программного комплекса является его совместимость со сметными программами, например, с программой Гранд-Смета. Гранд-Смета – программное обеспечение для составления и проверки сметных расчетов, а также формирования актов выполненных работ, разработки всех видов сметной документации для определения стоимости строительных процессов.

К тому же, в последнее время, помимо изучения полезных программных обеспечений, в некоторых российских учебных заведениях появились технологии BIM, шлемы виртуальной реальности и 3D-принтеры. Подобный инновационный подход помогает обучающимся инженерно-технических направлений развить проектное мышление и позволяет достичь результатов на каждой стадии обучения. Заинтересованность и вовлеченность студентов в процесс позволяет быстро и результативно осваивать современные технологии и программные продукты (специализированные САПР-программы) для моделирования, строительства, проектирования и дизайна, выполнять групповые и индивидуальные проекты, проводить эффективную подготовку к техническим олимпиадам и соревнованиям, а также легко вливаться в современные подходы к обучению.

На сегодняшний день в обычном учебном курсе, а также при выполнении выпускной квалификационной работы, студенты стараются изучить и использовать все программные обеспечения, которые им доступны. Такие программы, как Spider Project, Гранд Смета, Lira САПР, AutoCAD и др., двигают будущих специалистов к абсолютно автоматизированному проектированию [9].

Широко известно программное обеспечение Tekla, созданное корпорацией Tekla – одним из передовых мировых разработчиков программного обеспечения для автоматизации бизнес-процессов проектных, строительных, архитектурных и планировочных организаций. В настоящий момент, программа доступна только для специалистов и продвинутых пользователей. С помощью этой программы можно проконтролировать все этапы строительства искусственного сооружения. Например, в данной программе можно произвести интеллектуальную параметрическую детализацию арматуры для каждого элемента конструкции моста (рис. 2).

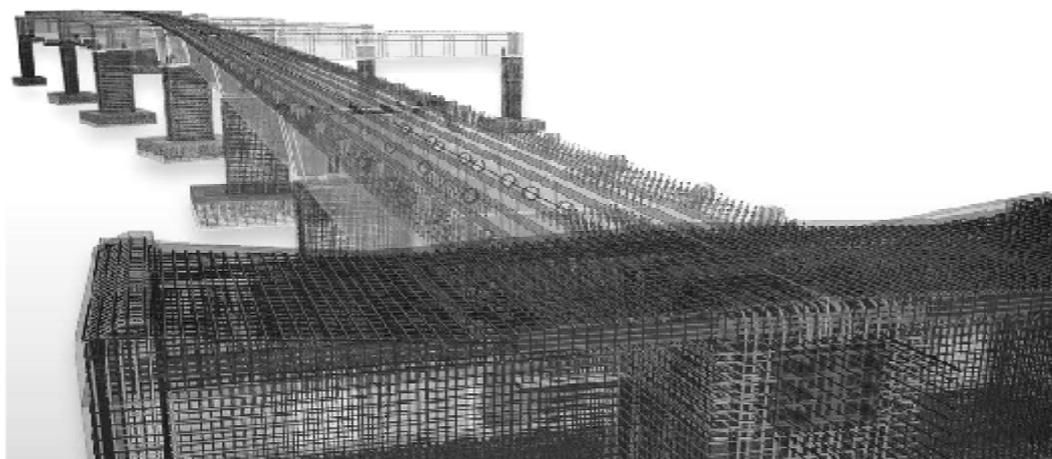


Рис. 2. Детализовка арматуры моста (источник: <https://www.tekla.com/ru>)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в нынешней системе образования России, начался переход к применению современных проектных решений на базе инновационного программного обеспечения, а также подготовка будущих специалистов к работе с современными средствами управления проектами, а в дальнейшем – и с BIM.

Внедрение BIM-технологий в России и за рубежом

Проблема внедрения программного обеспечения концепции BIM является важной и крайне актуальной для строительных и проектных организаций нашей страны. Однако можно опираться на опыт развития методологии в других странах, таких как США, Англия, Франция, Германии и т.д.

Рассмотрим строительство арочного пешеходного моста «Grandfather's Bridge» в г. Хельсинки в Финляндии, на всех этапах строительства которого, использовалось информационное моделирование: еще до старта работ на этапе участия в тендере и создания BIM-модели (рис. 1) до процесса календарного планирования, сметного расчета, производства конструкций и в последствии – возведения моста. Грамотное управление организацией строительства данного моста, позволило решить ряд задач, позволивших точно рассчитать всю последовательность работ по сооружению мостового перехода. К примеру, были спланированы параллельные сроки бетонирования отдельных конструкций, а также изготовления и монтажа металлических конструкций пешеходного моста. Применение BIM-технологий поспособствовало наиболее благоприятно спланировать и скоординировать действия рабочих на строительной площадке с группой, отвечающей за производство металлических конструкций. Благодаря инновационному подходу, стальное пролетное строение, полученное в результате трудоемких процессов по сборке сложной металлической арки, был установлен на бетонные береговые опоры с высокой точностью.

Кроме того, еще на первоначальной стадии проектирования было точно рассчитано армирование, а общая координация строительных процессов велась без сбоев. Эффективное управление позволило точно спланировать и учесть изготовление и доставку материалов и конструкций на строительную площадку моста, исключив нерациональное использование строительной площадки, а также простои производства. Пространственная визуализация конструкции существенно облегчила процесс обработки и восприятия технической информации об объекте при строительных работах.

Таким образом, применение BIM-технологий исключило возникновение ошибок в стадии проектирования и сделало его более удобным и эффективным. Это облегчило совместную работу участников проекта, изначально максимально повысив ее точность и слаженность.

Одним из самых успешных можно считать опыт Англии, в которой переход происходит «централизованным» образом, а основополагающим документом является BIM-мандат. Обмен опытом с Британией очень важен, поскольку там переход произошел раньше и уже дал позитивные результаты, в числе которых экономия на строительстве до

20-30 % [10]. В то время как в России только начали работу по введению и разработке новых законов, сводов правил, стандартов, регламентирующих работу с BIM, а также единой библиотеки материалов. Помимо этого, нельзя пренебрегать обучением принципам BIM-моделирования всех участников инвестиционно-строительного процесса. В России уже начали создаваться компании, которые ведут работы по введению, сопровождению и обучению BIM-технологиям. Кроме того, актуальным вопросом является разработка новой методики управления, поскольку организация проекта, использующего BIM-технологии, отличается от привычной сегодня. Стоит отметить огромный поток информации и данных, разрабатываемых для построения информационной модели, которые могут разрастаться до огромных размеров, что, соответственно, требует новейшее программное обеспечение [11]. Все эти нюансы необходимо учесть для полного перехода на BIM в России. Для полноценного использования BIM всеми участниками и специалистами строительной отрасли на каждом этапе возведения сооружения требуется разработка целого комплекса нормативных документов. В России этой задачей уже занимаются, поскольку в настоящий момент предусмотрена разработка более 60 стандартов и документов по стандартизации, однако первые Своды правил, посвященные вопросам BIM, опубликованы только в 2018 году.

Однако в Великобритании в настоящее время имеется Национальная библиотека BIM-моделей, содержащая в себе комплексный архив BIM-объектов, созданных группой специалистов в соответствии с международными стандартами НБС [12]. Примечательно, что их использование возможно в собственных проектах, а полная информационная база данных в библиотеке непрерывно обновляется, и каждый пользователь уведомляется о последних обновлениях скаченного им объекта.

На сегодняшний день в России имеется практика применения технологий информационного моделирования, которая отмечается положительным опытом, однако, за неимением полного комплекса отечественных стандартов, организации опираются на международные стандарты. Применять методологию в России начали при строительстве сооружений, масштабность и трудоемкость которых, делает их реализацию невозможной без использования BIM-методологии.

Приведем некоторые примеры искусственных сооружений в России, при строительстве и проектировании которых предусматривается применение методологии информационного проектирования:

1. Еще в 2005 году, при строительстве моста Миллениум в г. Казани, использовались методы управления проектами. При участии сотрудников кафедры «Мосты и транспортные тоннели» КГАСУ и Научно-технического центра «Мосты» проводился технический надзор во время строительства четвертой транспортной дамбы в г. Казани Республики Татарстан (2005-2007 гг.). Мост представляет собой две самостоятельные проезжие части криволинейные в плане, посредством вантов объединённые в единую конструкцию с пилоном в форме, напоминающем букву «М». Применение нового инновационного программного обеспечения при организации строительства мостового перехода, а именно использование программы Spider Project позволило соблюсти заданные сроки и сдать объект в эксплуатацию (рис. 3).

2. Все чаще в России появляются мосты, отличающиеся своей функциональностью и масштабностью, разработка которых требует инновационного подхода и инженерных решений, как при проектировании, так и при строительстве. К подобным искусственным сооружениям относится Керченский мост.

Керченский мост считается одним из крупнейших мостов, расположенных на территории Российской Федерации. Арочный мост состоит из параллельно расположенных железнодорожной и автомобильной трасс протяженностью 19 км [13]. Трасса начинается на Таманском полуострове, проходит остров Тузла, пересекает Керченский пролив и выходит на берег Крыма. На прошедшем в Москве BIM-конгрессе, рассматривалась, в числе других, полная цифровая модель Керченского моста.

3. Метрополитен относится к сложным сооружениям, при проектировании которого необходимо учитывать огромное количество факторов, поэтому переход на современные технологии при строительстве метро можно считать полностью

Поставленная задача о внедрении программных пакетов ВІМ является крайне важной и актуальной для строительных и проектных компаний нашей страны. За рубежом уже имеется успешный опыт перехода к единым информационным моделям, который следует перенять. В настоящее время на рынке появились фирмы разработчики программных обеспечений и комплексов, а также компании, готовые «внедрять» ВІМ-технологии в организациях. Однако на сегодняшний день Россия остановилась на этапе внедрения единой библиотеки материалов, сводов правил и законов, которые необходимы для дальнейшей работы с ВІМ. Технологии инновационного моделирования уже начали применять для строительства масштабных и уникальных объектов России, но о полном переходе на ВІМ можно говорить только после появления и упорядочения необходимых нормативных документов и регламентов.

Список библиографических ссылок

1. Мироненко Н. В., Леонова О. В. Эволюция развития проектного управления в России и за рубежом // Управленческое консультирование. 2017. № 6. С. 66–73.
2. Usanova K. Y., Vatin N. I. University BIM distance learning course for secondary school students // Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II – Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 20162017. P. 297–302.
3. Kalugin Y. B. Reasons of delays in construction projects // Magazine of Civil Engineering. 2017. № 6 (74). P. 61–69.
4. Ronca P., Crespi P., Zichi A., Mayol A. Bim application in infrastructure project in the reuse of historical cities // REHABEND. № 2214792018. P. 2688–2698.
5. Vatin N. I., Usanova K. Y. BIM end-to-end training: From school to graduate school // Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III – Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 20182019. P. 651–656.
6. Румянцева Е. В., Манухина Л. А. ВІМ-технологии: подход к проектированию строительного объекта как единого целого // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 5 (18). С. 34–37.
7. Kang T. W., Hong C. H. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration // Automation in Construction. 2015. № 54. P. 28–35.
8. Ding L. Y., Zhong B. T., Wu S., Luo H. B. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic // Web technology. 2016. № 87. P. 203–212.
9. Пискунов А. А., Зиннуров Т. А., Бережной Д. В., Умаров Б. Ш., Вольтер А. Р. О результатах экспериментального и численного исследований напряженно-деформированного состояния бетонных конструкций, армированных предварительно напряженными полимеркомпозитными стержнями // Транспортные сооружения : ежедн. интернет-изд. 2018. № 2. URL: <https://t-s.today/02sats218.html> (дата обращения: 10.09.2019).
10. Перцева А. Е., Волкова А. А., Хижняк Н. С., Астафьева Н. С. Особенности внедрения ВІМ-технологии в отечественные организации // Наукоеведение: ежедн. интернет-изд. 2017. № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf> (дата обращения: 09.09.2019).
11. Чегодаева М. А. Трудности внедрения и развития ВІМ-технологий в России // Молодой ученый. 2017. № 29. С. 27–29.
12. Мамаев А. Е., Шарманов В. В., Золотова Ю. С., Свинцицкий В. А., Городнюк Г. С. Прикладное применение ВІМ-модели здания для контроля инвестиционно-строительного проекта // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 1-3. С. 88–93.
13. Галушак С. В., Овчинников И. Г., Овчинников И. И., Пестряков А. Н., Бахтиаров К. Н. Мостовой переход через Керченский пролив (история, реальность, будущее) // Наукоеведение : ежедн. интернет-изд. 2017. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/16KO514.pdf> (дата обращения: 08.09.2019).

14. BIM-моделирование и его становление в Российской Федерации // Студенческий электрон. научн. журн. 2019. № 17 (61). URL: <https://sibac.info/journal/student/61/140085> (дата обращения: 08.10.2019).
15. Zoua Y., Kiviniemib A., Jonesa S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies // Safety Science. 2016. № 81. P. 78–83.

Petropavlovskikh Olga Konstantinovna

senior lecturer

E-mail: olga_konst@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Ibragimova Aniiia Airatovna

engineer

E-mail: anyia13@mail.ru**Sadykov Ruslan Rustamovich**

engineer

E-mail: ruslan14081997@mail.ru**LLC «Highways and facilities»**

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Karbysheva st., 15

Gabitova Lilia Irekovna3rd category engineerE-mail: lilagabit@gmail.com**JSC «Mosproekt-3»**

The organization address: 420140, Russia, Kazan, Yu. Fuchik st., 90a

The effectiveness of project management in the construction of engineering structures**Abstract**

Problem statement. The purpose of this work is to reflect the relevance of the development and use of project management for the construction and design of artificial structures, as well as transport infrastructure. The following tasks are defined: 1) to analyze the current state of project management in the construction of transport facilities; 2) to study the software systems used in the field of project management and available for the educational process of students of engineering specialities; 3) to determine the effectiveness of implementation and the prospects for the development of the methodology in Russia, as well as to identify examples.

Results. The essence and principles of project management are studied. The optimal software systems related to the field of construction and design, namely management and, in addition, available in the educational process, have been identified. The analysis of the degree of implementation and the prospect of developing a methodology for effective project management in Russia based on foreign and domestic experience is carried out.

Conclusions. The significance of the results for the construction industry is that the effective management of construction projects based on the use of advanced software, allows you to save time and money, the volume of work, as it gives the opportunity to design and advance to test the efficiency of engineering solutions and systems before the start of the construction process, and to promptly update the status of the project with the use of more effective innovative solutions during its execution. The information model is the main resource that includes data on all stages of design and construction of the transport system: from the key concept to the moment of operation.

Keywords: information modelling, project management, BIM-technologies, transport construction, engineering structures, bridge, software, schedule, construction, model.

References

1. Mironenko N. V., Leonova O. V. Evolution of the development of project management in Russia and abroad // *Upravlencheskoye konsultirovaniye*. 2017. № 6. P. 66–73.
2. Usanova K. Y., Vatin N. I. University BIM distance learning course for secondary school students // *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies II – Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2016* 2017. P. 297–302.
3. Kalugin Y. B. Reasons of delays in construction projects // *Magazine of Civil Engineering*. 2017. № 6 (74). P. 61–69.
4. Ronca P., Crespi P., Zichi A., Mayol A. Bim application in infrastructure project in the reuse of historical cities // *REHABEND*. № 2214792018. P. 2688–2698.
5. Vatin N. I., Usanova K. Y. BIM end-to-end training: From school to graduate school // *Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III – Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies, ESaT 2018* 2019. P. 651–656.
6. Rumyantseva E. V., Manukhina L. A. BIM-technologies: approach to designing a building object as a whole // *Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy i puti ikh resheniya*. 2015. № 5 (18). P. 34–37.
7. Kang T. W., Hong C. H. A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration // *Automation in Construction*. 2015. № 54. P. 28–35.
8. Ding L. Y., Zhong B. T., Wu S., Luo H. B. Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic // *Web technology*. 2016. № 87. P. 203–212.
9. Piskunov A. A., Zinnurov T. A., Berezhnoy D. V., Umarov B. Sh., Volter A. R. On the results of experimental and numerical studies of the stress-strain state of concrete structures reinforced with prestressed polymer composite rods // *Transport facilities: daily internet edition* 2018. № 2. URL: <https://t-s.today/02sats218.html> (reference date: 10.09.2019).
10. Pertseva A. E., Volkova A. A., Khizhnyak N. S., Astafyeva N. S. Features of the implementation of BIM-technology in domestic organizations // *Naukovedenie: daily internet edition* 2017. № 6. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/58EVN617.pdf> (reference date: 10.09.2019).
11. Chegodaeva M. A. Difficulties in the implementation and development of BIM-technologies in Russia // *Molodoy uchenyy*. 2017. № 29. P. 27–29.
12. Mamaev A. E., Sharmanov V. V., Zolotova Yu. S., Svintsitsky V. A., Gorodnyuk G. S. Applied application of the BIM-model of a building for monitoring an investment construction project // *Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk*. 2016. № 1-3. P. 88–93.
13. Galushak S. V., Ovchinnikov I. G., Ovchinnikov I. I., Pestryakov A. N., Bakhtiarov K. N. Bridge crossing over the Kerch Strait (history, reality, future) // *Naukovedenie: daily internet edition* 2017. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/16KO514.pdf> (reference date: 08.09.2019).
14. BIM-modeling and its formation in the Russian Federation // *Student electron. scientific journal* 2019. № 17 (61). URL: <https://sibac.info/journal/student/61/140085> (reference date: 08.10.2019).
15. Zoua Y., Kiviniemib A., Jonesa S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies // *Safety Science*. 2016. № 81. P. 78–83.