

Научная статья
 DOI: 10.15593/24111678/2022.04.09
 УДК 625.7/.8

В.И. Брызгалов, М.О. Карпушко, А.М. Бургонутдинов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Рассматриваются применение технологий информационного моделирования в организациях, занимающихся проектной деятельностью. Проанализирован российский и зарубежный опыт их внедрения, а также опыт работы застройщиков с информационной моделью. Оцениваются основные уровни информационного моделирования, этапы (подготовительный, основной, заключительный) и уровни проработки элементов модели. Отдельно представлены основные нормативные документы для технологий информационного моделирования в дорожной отрасли. Произведены расчеты стоимости выполнения работ по подготовке проектной и рабочей документации с использованием технологий информационного моделирования для платной автомобильной дороги на территории Пермского края. С целью определения целесообразности применения технологий информационного моделирования была сделана оценка производительности выполнения работ. Подтверждено, что общая стоимость проектных работ с применением технологий информационного моделирования увеличивает стоимость проектирования по сравнению с традиционными методами проектирования. Приведено объяснение высокой стоимости разработки рабочей документации более детальной проработкой и большими объемами работ по составлению трехмерной модели. Выполнено сравнение отечественных программных продуктов, используемых для создания моделей, по стоимости обучения и самого программного комплекса. Установлено, что использование нового программного обеспечения позволит выполнить проектные работы на месяц раньше с учетом времени, отведенного на обучение персонала. Произведен расчет возврата инвестиций с определением количества сотрудников, необходимого для выполнения проектных работ. Для оценки эффективности внедрения технологий информационного моделирования был произведен расчет чистого дисконтируемого дохода, который оказался положительным, что подтверждает необходимость принятия проекта к реализации.

Ключевые слова: технологии информационного моделирования, автомобильные дороги, проектная организация, эффективность.

V.I. Bryzgalov, M.O. Karpushko, A.M. Burgonutdinov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES IN A DESIGN ORGANIZATION

This article discusses the use of information modeling technologies in organizations engaged in design activities. Russian and foreign experience of their implementation is analyzed, as well as the experience of developers with the information model. The main levels of information modeling, stages (preparatory, main, final) and levels of elaboration of model elements are considered. Separately, the main regulatory documents for information modeling technologies in the road industry are presented. Calculations were made of the cost of performing work on the preparation of design and working documentation using information modeling technologies for a toll road in the Perm Territory. In order to determine the feasibility of using information modeling technologies, an assessment of the performance of the work was made. It is confirmed that the total cost of design work using information modeling technologies increases the cost of design compared to traditional design methods. The explanation of the high cost of developing working documentation is given by a more detailed study and large amounts of work on compiling a three-dimensional model. Comparison of domestic software products used to create models is carried out in terms of the cost of training and the software package itself. It has been established that the use of new software will make it possible to complete design work a month earlier, considering the time allotted for staff training. The calculation of the return on investment was made with the determination of the number of employees required to carry out the design work. To assess the effectiveness of the implementation of information modeling technologies, the net discounted income was calculated, which turned out to be positive, which confirms the need to accept the project for implementation.

Keywords: information modeling technologies, motor roads, design organization, efficiency.

В настоящее время применение технологий информационного моделирования (ТИМ) охватывает большую часть мира, но введение на законодательном уровне происходит постепенно (рис. 1) [1; 2]. Понятие информационного моделирования официально закреплено в градостроительном кодексе Российской Федерации на основании термина, используемого в мировой строительной практике – BIM (Building Informational Model – информационная модель зданий, сооружений и объектов инфраструктуры).

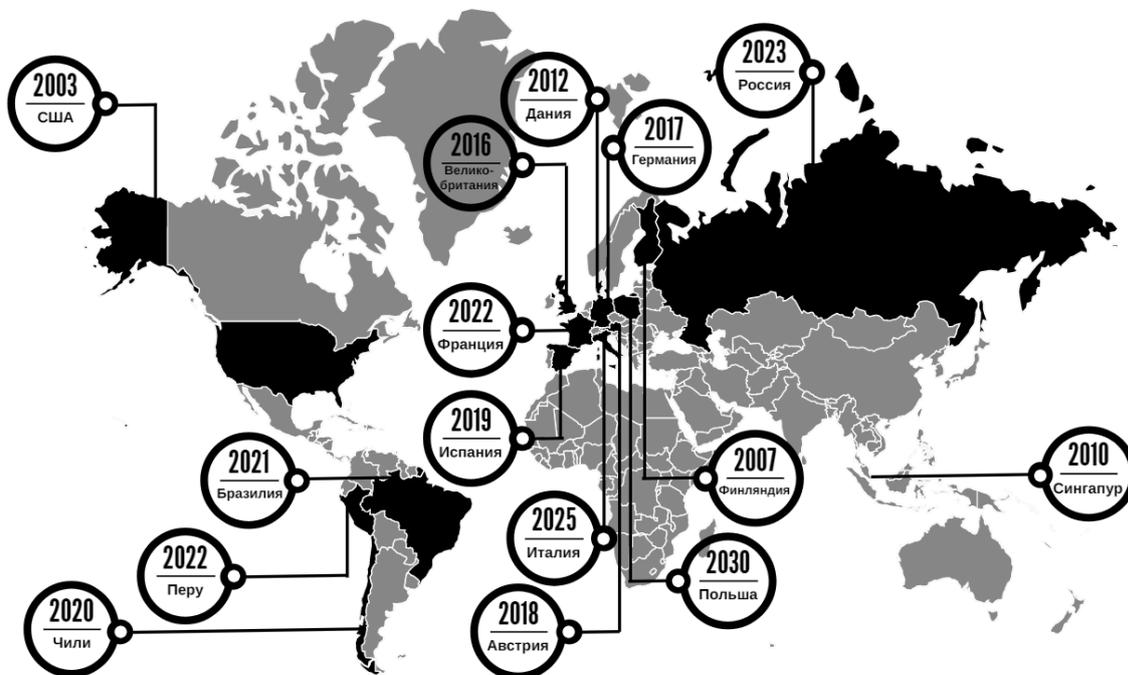


Рис. 1. Карта внедрения информационных технологий на законодательном уровне

Одна из первых стран, где начали появляться технологии информационного моделирования (ТИМ) – США. Первые упоминания о ТИМ появились в 70-е гг. XX в., а в 90-е гг. прошлого столетия их стали использовать при строительстве зданий. К 2003 г. была сформирована национальная программа «3D-4D BIM Program», которая обязывала застройщиков применять BIM-технологии для строительства общественных зданий [3]. В 2007 г. программа коснулась разработки кадастровых и геопространственных данных.

Самое активное развитие информационного моделирования происходит в Великобритании. Первое применение технологии произошло в 80-е гг. при реконструкции аэропорта «Хитроу». В 2007 г. состоялось принятие национальных стандартов в области информационного моделирования. На законодательном уровне обязательное применение для объектов государственных заказов состоялось в 2016 г.

Во Франции информационное моделирование активно применяется уже несколько лет, но закрепление на законодательном уровне произошло в 2022 г. При этом в стране отсутствуют разработанные нормы и стандарты, а основной проблемой является применение разных форматов программных продуктов, что вызывает значительные сложности у проектировщиков и заказчиков.

В Германии применение ТИМ стало обязательным с 2017 г. При этом Федеральное министерство транспорта и цифровой инфраструктуры оказывает финансовую поддержку предприятиям, которые решили перейти на BIM-проектирование.

В Австрии обязательное применение ТИМ произошло в 2018 г., когда для регулирования национального бюджета при строительстве общественных зданий было решено использовать информационное моделирование. В настоящее время применение закреплено нормативными документами.

В Сингапуре BIM применяются с 2010 г., когда была создана первая дорожная карта по применению информационных технологий. На данный момент ведутся работы по разработке 2-й карты, которая позволит расширить применение информационного моделирования для развития инфраструктуры.

В Италии с 2019 г. было введено обязательное использование BIM для проектов общей стоимостью более 100 млн евро, а с 2025 г. это правило распространится на все новые проекты, независимо от их стоимости [4].

В Российской Федерации реализация проектов с использованием BIM происходит уже несколько лет.

Согласно постановлению правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства», с 1 января 2022 г. применение технологий информационного моделирования стало обязательным для объектов строительства в рамках государственных контрактов.

Основными предпосылками к внедрению информационных технологий на территории Российской Федерации послужил Приказ Минстроя России от 29 декабря 2014 г. № 926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства», направленный на изменение действующих нормативных документов с учетом внедрения технологий информационного моделирования и подготовку специалистов в данной области.

В марте 2018 г. произошло введение свода правил СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Данный документ распространялся на объекты капитального строительства производственного и непроизводственного назначения, а также линейные объекты (в том числе автомобильные дороги). Свод правил был актуализирован на СП 333.1325800.2020 и применяется с 01.07.2021 г.

В июне 2019 г. президентом РФ был подписан Федеральный закон от 27.06.2019 № 151-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации” и отдельные законодательные акты Российской Федерации», где вводится понятие «информационная модель» (ИМ), согласно которому это совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов о капитальном строительстве, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства.

Для застройщиков многоквартирных жилых домов решение осуществить с 2023 г. переход на ТИМ было принято в начале 2022 г., а с 1 января 2024 г. – для индивидуальных жилых домов.

Информационное моделирование включает в себя три этапа [5]:

1. Подготовительный. На данном этапе происходит определение степени детализации проекта, цели, которые надо будет достичь, и составляется план реализации информационной модели.

2. Основной. На данном этапе принимаются проектные решения, происходит разработка информационной модели, выполняются подсчеты объемов работ и составляется сметная документация.

3. Заключительный. На данном этапе происходит передача информационной модели заказчику.

Помимо этапов, в информационном моделировании выделяется четыре уровня, которые позволяют охарактеризовать степень сложности применяемых технологий [6]:

уровень 0 – предполагает создание чертежей в системе автоматизированного проектирования (CAD) и обмен ими в бумажном или электронном виде;

уровень 1 – на этом уровне дополнительно к чертежам выполняется 3D-модель и вносятся базовые данные, обмен информации осуществляется в цифровом виде;

уровень 2 – на данном уровне уже создается сам BIM-проект, а взаимодействовать с ним могут специалисты разных направлений. Также проект можно консолидировать в программное приложение, что позволяет минимизировать вероятность возникновения ошибок и корректировать модель на различных стадиях проектирования. Появляется возможность добавлять 4D и 5D, т.е. учитывать время строительства и затраченные средства;

уровень 3 – включает в себя многоуровневую трехмерную унифицированную среду, где задействованы все участники строительства. На этом уровне модель содержит максимальное количество данных, что позволяет её использовать как в строительстве, так и во время эксплуатации объекта.

Самым распространенным является 1-й уровень, но в последнее время всё активнее стал популярным 2-й уровень, что значительно позволяет сократить сроки строительства. При строительстве крупных объектов, представляющих особую сложность, может быть применен 3-й уровень.

В настоящее время Россия является лидером по количеству предпринятых мер по развитию технологий информационного моделирования, принятию законов и стандартов, способствующих внедрению BIM-технологий в строительство. Например, в области дорожного строительства используются следующие документы:

1. ОДМ 218.3.105-2018 «Методические рекомендации по организации взаимодействия участников разработки проектной и рабочей документации на пилотных проектах строительства, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог с применением BIM-технологии». Документ разработан для «пилотных» проектов, а рекомендации направлены на оценку преимуществ при использовании BIM в строительстве, реконструкции и капитальном ремонте дорожных объектов.

2. ПНСТ «Правила описания компонентов информационного моделирования» – направлены на управление жизненным циклом автомобильной дороги, где указаны требования, относящиеся к компонентам информационного моделирования, возможность их применения, а также описаны основные принципы образования инфраструктуры зданий. Документ носит информационный характер до утверждения.

3. СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами», где рассматриваются требования, предъявляемые к строительной модели и к правилам передачи цифровой информационной модели. Свод правил для дорожного строительства можно рассматривать как дополнение [7].

Однако лишь 32,5 % компаний-застройщиков имеют опыт применения технологий информационного моделирования (рис. 2).

В феврале 2021 г. был зарегистрирован Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24.12.2020 № 854/пр «Об утверждении Методики определения стоимости работ по подготовке проектной документации, содержащей материалы в форме информационной модели». Данный приказ направлен на расчет стоимости разработки проектной и рабочей документации при строительстве, ремонте и реконструкции объектов с использованием технологии информационного моделирования. Расчет сметной стоимости выполняемых работ по разработке документации основан на составлении сметной документации с использованием базовых цен на проектные работы и поправочных коэффициентов. Введение поправочных коэффициентов возможно лишь для определенного уровня проработки элементов модели (LOD), для проектной документации – LOD 300, для рабочей документации – LOD 400.

LOD (Level of Development) – показатель, который сообщает информацию о BIM-модели на определенном этапе жизненного цикла объекта. Выделяют уровни LOD, представленные на рис. 3 [5].

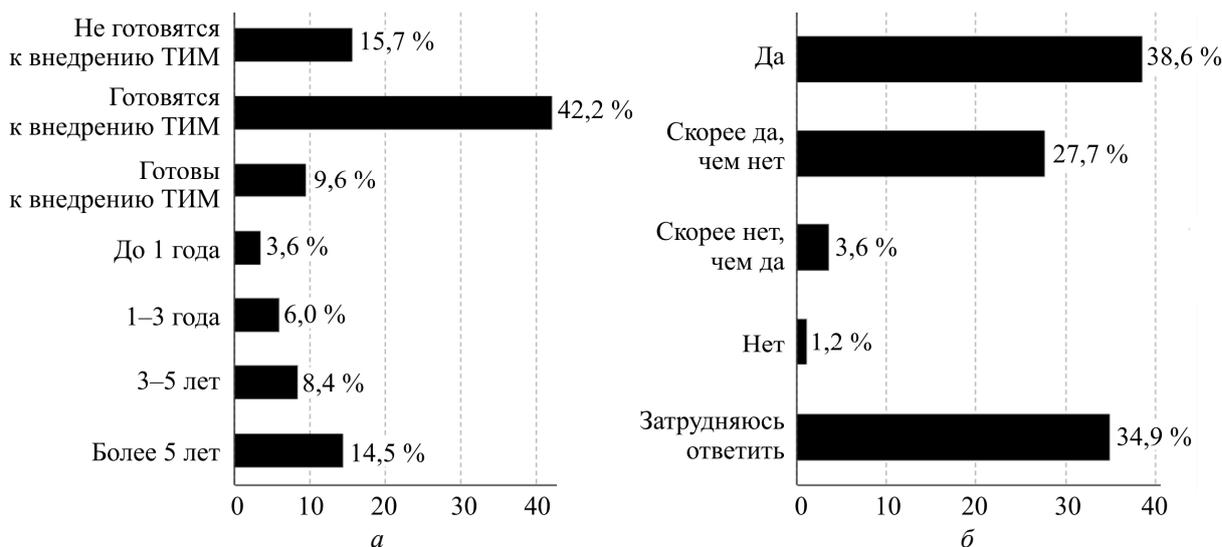


Рис. 2. Опыт работы застройщика с ТИМ (а). Поддержка обязательного внедрения ТИМ (б)



Рис. 3. Уровни проработки элементов модели (LOD)

Стоимость выполнения работ по подготовке проектной документации с использованием технологий информационного моделирования определяется:

$$C_{ИМп} = C_{п} \cdot (D_{ИМп} \cdot K_{ИМ} + D_{ТГп}) \cdot K_{ПД}, \quad (1)$$

где $C_{ИМп}$ – стоимость работ по подготовке проектной документации, руб.; $C_{п}$ – стоимость работ по разработке проектной документации, руб.; $D_{ИМп}$ – сумма долей относительных стоимостей разработки разделов проектной документации (ПЗУ, ППО, АР, КР, ТКР, ИЛО, ПОС, СМ, ЭО, ВС, ВО, ОВ, СС, ГС, ТХ, ИОС); $K_{ИМ}$ – коэффициент поправки для нахождения стоимости работ по подготовке проектной документации с применением ТИМ; $D_{ТГп}$ – сумма долей относительных стоимостей разработки разделов проектной документации (ПЗ, ООС, МПОБ, МОДИ, ЭЭФ, СОД); $K_{ПД}$ – доля стоимости работ по подготовке проектной документации.

Стоимость выполнения работ по подготовке рабочей документации:

$$C_{ИМр} = C_{р} \cdot (D_{ИМр} \cdot K_{ИМ} + D_{ТГр}) \cdot K_{РД}, \quad (2)$$

где $C_{ИМр}$ – стоимость работ по подготовке рабочей документации, руб.; $C_{р}$ – стоимость работ по разработке рабочей документации, руб.; $D_{ИМр}$ – сумма долей относительных стоимостей ра-

бот по подготовке комплектов рабочей документации, которые выполняются в трехмерной модели; $K_{им}$ – коэффициент поправки, используемый для нахождения стоимости работ по подготовке рабочей документации с применением ТИМ; $D_{тр}$ – сумма долей относительных стоимостей работ по подготовке комплектов рабочей документации, которые не выполняются в трехмерной модели; $K_{рд}$ – доля стоимости работ по подготовке рабочей документации.

В качестве примера оценки эффективности применения ТИМ на стадии подготовки проектной документации была выбрана платная автомобильная дорога «Северный обход г. Перми», включенная в Адресную инвестиционную программу Пермского края, утвержденную Постановлением Правительства № 666-п от 26.09.2018 г., со сроком ввода в эксплуатацию 2028 г. Трасса будет иметь четыре полосы движения, а расчетная скорость составит 100 км/ч.

Согласно portalу Единой информационной системы в сфере закупок, затраты на выполнение работ по разработке проектной документации строительства автомобильной дороги Северный обход г. Перми составят 781,9 млн руб. Срок выполнения работ – два года [8].

Работы по разработке проектной документации составляют 60 % от общей стоимости (469,14 млн руб.), 40 % (312,76 млн руб.) – подготовка комплектов рабочей документации. Общая стоимость проектных работ с применением технологий информационного моделирования составит 931,11 млн руб., что больше на 19 %, по сравнению с традиционным проектированием. Стоимость разработки проектной документации возрастет на 0,16 %, а стоимость рабочей документации увеличилась на 49 %. Высокая стоимость рабочей документации объясняется более детальной проработкой и большими объемами работ по составлению трехмерной модели (рис. 4).

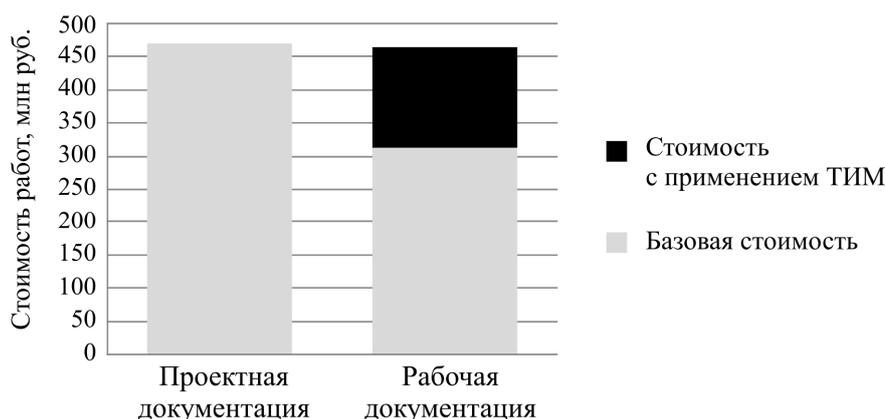


Рис. 4. Стоимость проектных работ с применением ТИМ

С целью определения целесообразности применения технологий информационного моделирования была также выполнена оценка производительности выполнения работ. Анализируя данные об опыте использования ТИМ в России, было установлено, что с внедрением нового программного обеспечения снижение производительности происходит первые 3–6 месяцев, после чего восстанавливается до первоначального уровня и затем происходит рост. В среднем увеличение производительности происходит на 20–30 % [9]. На основании этого был составлен график изменения уровня производительности в зависимости от объема выполненных работ (рис. 5).

На графике верхней границей показана 100%-ная производительность, подразумевающая полностью выполненные работы, на которые отводится два года (согласно техническому заданию проекта). В среднем производительность будет на уровне 4,17 % в месяц с использованием традиционных методов проектирования. При внедрении технологий информационного моделирования первые три месяца производительность снижается на 50 %, так как в этот период происходит обучение сотрудников. После завершения обучения происходит рост производительности на 25 %.

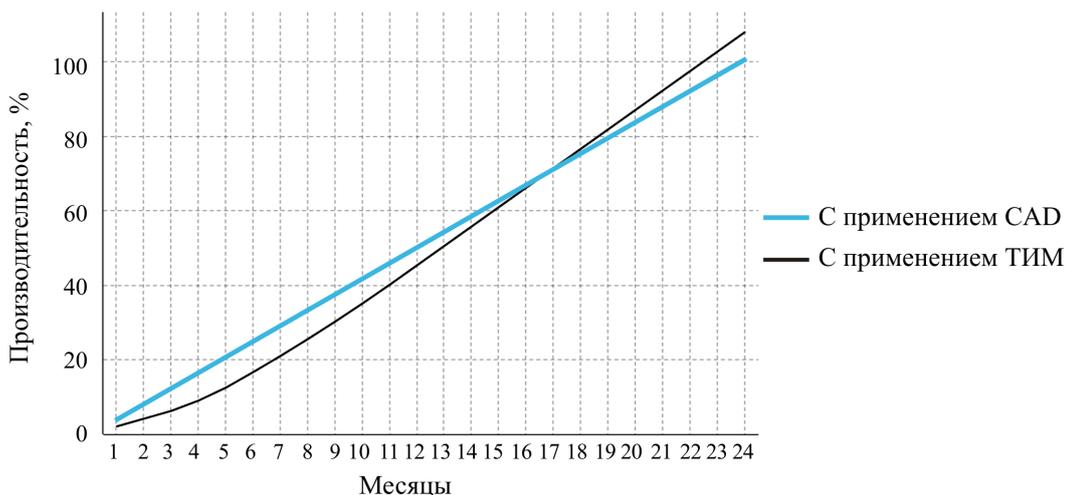


Рис. 5. Изменение уровня производительности в зависимости от объема выполненных работ

Анализ графика показал, что использование нового программного обеспечения позволит выполнить проектные работы на месяц раньше с учетом времени, отведенного на обучение персонала. В качестве программного обеспечения для ТИМ было рассмотрено три отечественных продукта, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Программные продукты для проектирования ТИМ

Название компании	ООО «КОМПАНИЯ «КРЕДО-ДИАЛОГ»	ООО «НПФ «ТОПОМАТИК»	ООО «ИндорСофт»
Название продукта	«КРЕДО ДОРОГИ»	«Топоматик Robur – Автомобильные дороги»	IndorCAD/Road
Зарубежные аналоги	AutoCAD Civil 3D OpenSite Designer, Carlson Survey, ТопоCAD, Card/1	Autodesk Civil 3D, Autodesk InfraWorks, Bentley OpenRoads	Autodesk Civil 3D, Bentley OpenRoads
Стоимость обучения	30 000 руб.	Бесплатно	Бесплатно
Стоимость продукта	119 900 руб.	74 900 руб.	69 000 руб.

В каждом программном продукте были рассмотрены функционал и возможности, учтена стоимость обучения, а также стоимость самой программы. Для дальнейших расчетов был принят продукт «Топоматик Robur – Автомобильные дороги».

После первого года использования ТИМ был произведен расчет возврата инвестиций, т.е. отношение доходов, получаемых от вложения, к расходам на обучение [10]:

$$ROI = \frac{\left(B - \left(\frac{B}{1+E} \right) \right) \cdot (12 - C)}{A + (B \cdot C \cdot D)}, \tag{3}$$

где A – стоимость компьютерного оборудования и программного обеспечения, руб.; B – стоимость рабочей силы в месяц, руб.; C – период обучения, мес.; D – снижение производительности труда в период обучения, %; E – увеличение производительности труда после завершения обучения, %.

Для расчета возврата инвестиций на обучения необходимо определить количество сотрудников, необходимое для выполнения проектных работ [11]. Согласно постановлению Правительства РФ от 11 мая 2017 г. № 559 «Об утверждении минимальных требований к членам саморегулируемой организации, выполняющим инженерные изыскания, осуществляющим подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт особо

опасных, технически сложных и уникальных объектов» были определены минимальный состав персонала проектной организации и требования, предъявляемые к ним (табл. 2).

Таблица 2

Требования к проектной организации по численности персонала

Должность	Количество	Требования
Руководитель (генеральный директор, технический директор, их заместители, главный инженер)	2	Высшее образование по требуемой специальности проектной организации или в области строительства соответствующего профиля; стаж работы по данной специальности не менее 5 лет
Инженеры	10	Высшее профессиональное образование по требуемой специальности проектной организации и стаж работы в области строительного проектирования не менее 5 лет

При выполнении более двух видов работ численность персонала для проектной организации определяется:

$$N = n + k(xn), \quad (4)$$

где N – общее количество сотрудников; n – минимальное количество, необходимое по требованиям кадрового состава; k – коэффициент, принятый равным 0,3; x – количество видов работ.

Минимальное количество сотрудников, работающих над проектом, должно составить 70 человек.

Для определения оптимального состава рабочего персонала был произведен расчет в зависимости от объема работ и выработки. Объем работ за два года составит 781,9 млн руб., исходя из этого, месячный объем работ составит порядка 32,6 млн руб.

Численность основного персонала будет зависеть от показателя выработки, т.е. от количества продукции, которая была произведена одним работником за месяц:

$$B = \frac{СЗП \cdot 100 \%}{ФОТ}, \quad (5)$$

где B – выработка на одного рабочего за один месяц; СЗП – среднемесячная зарплата; ФОТ – фонд оплаты труда.

Среднемесячная заработная плата на одного работника в области проектирования по Пермскому краю составляет 59 192,9 руб. [12]. Фонд оплаты труда, т.е. общая сумма денежных средств, которая идет на выплаты наемному персоналу от предприятия, установлен в районе 30 %. Тогда выработка составит 197 309,67 руб./чел.

Численность рабочего персонала определяется:

$$\text{Ч} = \frac{V_{\text{мес}}}{B}, \quad (6)$$

где $V_{\text{мес}}$ – месячный объем работ; B – выработка.

Оптимальное количество персонала для выполнения проектных работ составит 165 человек. Возврат инвестиций (ROI) за первый год для 165 рабочих с учетом длительности обучения три месяца и установки нового программного обеспечения «Топоматик Robug – Автомобильные дороги» составит 20 %.

На основании всех полученных данных оценим эффективность проекта [13]. В качестве эффективности инвестиционного проекта принимается степень соответствия поставленным целям и результат, а также интересы участников (кредиторов, акционеров, инвесторов). Оценивая эффективность инвестиций в дорожный проект, следует выделить общественную, коммерческую и бюджетную [14].

Общественную эффективность можно охарактеризовать социально-экономическими последствиями реализации проекта для общества в целом. Определяется для народно-хозяйст-

венных и крупномасштабных инвестиционных проектов, осуществление которых оказывает значительное влияние на экономические, социальные и экологические ситуации, на страну, регионы или отдельные производственные отрасли.

Коммерческую эффективность можно охарактеризовать финансовыми последствиями для участников проекта. Определение коммерческой эффективности производится лишь в том случае, если для реализации проекта привлекаются внебюджетные источники финансирования.

Бюджетная эффективность характеризуется финансовыми последствиями федерального, регионального или местного бюджетов. Определение бюджетной эффективности происходит в случае обоснования участия в проекте государства.

Для определения эффективности рассматриваемого проекта платной автомобильной дороги воспользуемся показателем – чистый дисконтируемый доход (ЧДД) [15]. При расчете ЧДД были учтены финансовые расходы и доходы в течение периода реализации проекта (табл. 3).

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t)(1 + E)^{-t}, \quad (7)$$

где R_t – результат, получаемый от реализации проекта в t -м году; Z_t – расходы на осуществление проекта в t -м году; E – норма дисконта; t – год реализации.

Таблица 3

Исходные данные для расчета чистого дисконтируемого дохода

Показатель	1-й год	2-й год
Выручка от реализации, руб.	354 513 460	576 596 540
НДС (18 %), руб.	63 812 422,8	103 787 377,2
Зарплата сотрудникам, руб.	9 766 828,5	9 766 828,5
Страховые взносы, руб.	2 539 375,41	2 539 375,41
Хозрасходы, руб.	3 530 440	3 530 440
Расходы на ПО и оборудование, руб.	6 179 250	–
Налог на имущество, руб.	1 515 993,6	1 515 993,6
Налог на коммунальные услуги, руб.	887 515,2	887 515,2

Несмотря на то, что стоимость составления проектной и рабочей документации с использованием технологий информационного моделирования выше, проектные работы завершатся на месяц раньше с учетом времени на обучение персонала. Общее число рабочего персонала составило 165 человек, а возврат инвестиций на обучение за первый год – на уровне 20 %. После двух лет реализации проекта чистый дисконтируемый доход оказался положительным (641 057 235 руб.), это означает, что проект также считается положительным и может быть принят к реализации.

Применение ТИМ упрощает рабочий процесс, уменьшает время на внесение корректировок и устранения замечаний, а также позволяет минимизировать количество ошибок.

Список литературы

1. ProTech в России: Обзор практики применения BIM-технологий и инновационных решений в области проектирования / PricewaterhouseCoopers. – 2020.
2. Состояние внедрения BIM в 2021 году: сравнение 7 стран [Электронный ресурс] // Рекламно-Информационное Агентство «Строительный эксперт». – URL: <https://ardexpert.ru/article/21317> (дата обращения: 01.02.2022).
3. 3D-4D Building Information Modeling [Электронный ресурс] // U.S. General Services Administration. – URL: <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling> (дата обращения: 01.02.2022).
4. I-BIM for existing airport infrastructures: Transportation Research Procedia / Francesco Abbondati, Salvatore Antonio Biancardo, Sabrina Palazzo, Francesco Saverio Capaldo, Nunzio Viscione. – 2020. – P. 596–603.

5. BIM проектирование или информационная модель объектов [Электронный ресурс] // РОСЭКО-СТПРОЙПРОЕКТ. – URL: <https://rosecoco.net/proektirovanie/bim-proektirovanie> (дата обращения: 01.02.2022).
6. Россия – мировой лидер по государственной активности в сфере распространения BIM [Электронный ресурс] // Isicad. – URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21988 (дата обращения: 01.02.2022).
7. Брызгалов В.И., Карпушко М.О., Бургутдинов А.М. Анализ нормативных документов по информационному моделированию в дорожном строительстве // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2022. – Т. 1. – С. 248–253.
8. Выполнение работ по разработке проектной документации строительства автомобильной дороги Северный обход г. Перми [Электронный ресурс] // Единая информационная система в сфере закупок. – URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok504/view/common-info.html?regNumber=0156200009919000406> (дата обращения: 12.11.2022).
9. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий // Архитектура и современные информационные технологии. – 2010. – № 1. – С. 1–6.
10. Myungdo LEE, Ung-Kyun LEE. A framework for evaluating an integrated BIM ROI based on preventing rework in the construction phase // Journal of Civil Engineering and Management. – 2020. – P. 410–420.
11. Власова Г.А., Яковлева Н.В. Методы численности персонала в сфере проектных услуг // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2012. – № 9. – С. 161.
12. Среднемесячная заработная плата на одного работника по региону Пермский край // Бухгалтерский учет. Налоги. Аудит [Электронный ресурс]. – URL: https://www.audit-it.ru/inform/zarplata/index.php?id_region=166 (дата обращения: 12.11.2022).
13. Building demolition estimation in urban road widening projects using as-is BIM models: Automation in Construction / Feng Jiang, Ling Ma, Tim Broyd, Ke Chen, Hanbin Luo, Muzi Du. – 2022. – P. 1–21.
14. Авсеенко А.А., Кикава Н.П. Экономическое обоснование решений при проектировании автомобильных дорог / Моск. авт.-дор. гос. техн. ун-т. – 2011. – 59 с.
15. Зайцева К.Н. Расчет и анализ экономической эффективности вариантов проекта. – Оренбург: Оренб. гос. ун-т, 2012. – 36 с.

References

1. Pro Tech v Rossii: obzor praktiki primenenija bimtehnologij i innovacionnyh reshenij v oblasti proektirovanija [ProTech in Russia: An overview of the practice of applying BIM technologies and innovative solutions in the field of design]. *PricewaterhouseCoopers*, 2020.
2. Sostojanie vnedrenija bim v 2021 godu: sravnenie 7 stran [State of BIM implementation in 2021: comparison of 7 countries]. *Advertising and Information Agency "Building Expert"*. Available at: <https://ardexpert.ru/article/21317> (accessed: 01.02.2022).
3. 3D-4D Building Information Modeling // U.S. General Services Administration Available at: <https://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/3d4d-building-information-modeling> (accessed: 01.02.2022).
4. Francesco Abbondati, Salvatore Antonio Biancardo, Sabrina Palazzo, Francesco Saverio Capaldo, Nunzio Viscione. I-BIM for existing airport infrastructures: Transportation Research Procedia. 2020. pp 596–603.
5. BIM проектирование или информационная модель объектов [BIM design or information model of objects]. *ROSECO-STPROYEKT*. Available at: <https://rosecoco.net/proektirovanie/bim-proektirovanie> (accessed: 01.02.2022).
6. Rossija mirovoj lider po gosudarstvennoj aktivnosti v sfere rasprostraneniya BIM [Russia is a world leader in state activity in the sphere of BIM dissemination]. *Isicad*. Available at: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=21988 (accessed: 01.02.2022).
7. Bryzgalov V.I., Karpushko M.O., Burguntdinov A.M. Analiz normativnyh dokumentov po informacionnomu modelirovaniju v dorozhnom stroitelstve [Analysis of standard documents on information modeling in road construction]. *Sovremennye tehnologii v stroitelstve. Teorija i praktika*, 2022, vol. 1, pp. 248–253.
8. Reestr kontraktov, zakljuchennyh zakazchikami [Register of Contracts Made by Customers]. *Edinaja informacionnaja sistema v sfere zakupok*. Available at: https://zakupki.gov.ru/epz/contract/search/results.html?morphology=on&openMode=USE_DEFAULT_PARAMS&pageNumber=1&sortDirection=false&recordsPerPage=_10&sortBy=PO_DATE_OBNOVLENIIA&fz44

=on&contractPriceFrom=0&contractPriceTo=20000000000&advancePercentFrom=hint&advancePercentTo=hint&contractStageList_0=on&contractStageList_1=on&contractStageList_2=on&contractStageList_3=on&contractStageList=0,1,2,3®ionDeleted=false&customerTitle=%D0%9C%D0%98%D0%9D%D0%98%D0%A1%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%A1%D0%A2%D0%92%D0%9E+%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F%D0%9E%D0%A0%D0%A2%D0%90+%D0%9F%D0%95%D0%A0%D0%9C%D0%A1%D0%9A%D0%9E%D0%93%D0%9E+%D0%9A%D0%A0%D0%90%D0%AF&customerCode=0156200013&customerFz94id=704051&customerInn=5902291090&budgetaryFunds=on&extraBudgetaryFunds=on&classifiersMpGroupId=0 (accessed 12.11.2022).

9. Kozlov I.M. Ocenka jekonomicheskoy jeffektivnosti vnedrenija informacionnogo modelirovaniya zdaniy [Estimation of economic efficiency of the building information modeling introduction]. *Arhitektura i sovremennye informacionnye tehnologii*, 2010, vol. 1, pp. 1–6.

10. Myungdo LEE, Ung-Kyun LEE. A framework for evaluating an integrated BIM ROI based on preventing rework in the construction phase: *Journal of Civil Engineering and Management*. 2020, pp. 410–420.

11. Vlasova G.A., Jakovleva N.V. Metody chislennosti personala v sfere proektnykh uslug [Methods of headcount in the field of project services]. *Vestnik juzhnouralskogo gosudarstvennogo universiteta serija jekonomika i menedzhment*, 2012, vol. 9, p. 161.

12. Srednemesjachnaja zarabotnaja plata na odnogo rabotnika po region Permskij kraj [Average monthly salary per employee in the Perm region]. *Buhgalterskij uchet. Nalogi. Audit*. Available at: https://www.audit-it.ru/inform/zarplata/index.php?id_region=166 (accessed: 12.11.2022).

13. Feng Jiang, Ling Ma, Tim Broyd, Ke Chen, Hanbin Luo, Muzi Du. Building demolition estimation in urban road widening projects using as-is BIM models: *Automation in Construction*. 2022, pp. 1–21.

14. Avsenko A.A., Kikava N.P. Jekonomicheskoe obosnovanie reshenij pri proektirovanii avtomobilnykh dorog [Economic justification of decisions in the design of roads]. *Moskovskij avtomobil'no-dorozhnyj gosudarstvennyj tehnikeskij universitet*, 2011. 59 p.

15. Zajceva K.N. Raschet i analiz jekonomicheskoy jeffektivnosti variantov proekta [Calculation and analysis of economic efficiency of project variants]. *Orenburgskij gosudarstvennyj universitet*, 2012. 36 p.

Об авторах

Брызгалов Владислав Игоревич (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: vladislavbryzgalov@mail.ru).

Карпушко Марина Олеговна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: mkarpushko@gmail.com).

Бургонутдинов Альберт Масугутович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты» Пермского национального исследовательского политехнического университета (Россия, 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru).

About the authors

Vladislav I. Bryzgalov (Perm, Russian Federation) – Postgraduate student of roads and bridges sub-faculty, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky Ave., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: vladislavbryzgalov@mail.ru).

Marina O. Karpushko (Perm, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of roads and bridges sub-faculty, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky Ave., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: mkarpushko@gmail.com).

Albert M. Burgonutdinov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor of roads and bridges sub-faculty, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky Ave., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: burgonutdinov.albert@yandex.ru).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Вклад авторов равноценен.

Поступила: 09.11.2022

Одобрена: 21.11.2022

Принята к публикации: 28.11.2022

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Брызгалов, В.И. Оценка эффективности применения технологий информационного моделирования в проектной организации / В.И. Брызгалов, М.О. Карпушко, А.М. Бургонутдинов // *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. – 2022. – № 4. – С. 75–85. DOI: 10.15593/24111678/2022.04.09

Please cite this article in English as: Bryzgalov V.I., Karpushko M.O., Burgonutdinov A.M. Assessment of the effectiveness of information modeling technologies in a design organization. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2022, no. 4, pp. 75-85. DOI: 10.15593/24111678/2022.04.09