
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
INFORMATION TECHNOLOGY AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 004.03:658.5

DOI: 10.21822/2073-6185-2023-50-1-99-113

Оригинальная статья /Original Paper

**Проблемы информационно-технологического обеспечения реализации
BIM-концепции**

Л.И. Малявкина, А.Г. Савина, Д.А. Савин

Среднерусский институт управления – филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ,
302028, г. Орел, ул. Октябрьская, 12, Россия

Резюме. Цель. Цель исследования – анализ текущего уровня развития цифровой инфраструктуры градостроительной сферы, выявление особенностей информационно-технологического обеспечения реализации BIM-концепции на этапах жизненного цикла ОКС и функционала, представленных на национальном рынке решений, поддерживающих BIM-технологии. **Метод.** В рамках проведенного исследования были использованы методы логического, структурного, сравнительного, системного анализа; моделирования и графического представления результатов. **Результат.** Установлено, что в текущий период большинство компаний российской архитектурно-строительной отрасли рассматривают переход к полностью интегрированному BIM как долгосрочному формату развития. Объективным препятствием быстрого перехода выступают сложности комплексного ИТ-обеспечения BIM-процессов и уровень текущего развития цифровой инфраструктуры. Установлено, что приоритетным направлением развития ИТ-индустрии в контексте обеспечения реализации BIM-концепции является формирование единой экосистемы российского программного обеспечения BIM. Наряду с потребностью в разработке конкурентоспособных российских программных продуктов, в качестве основных проблем выделены обеспечение их интероперабельности и стандартизация форматов обмена данными. Определены ключевые параметры отнесения программного продукта к группе BIM, идентифицировать уровни зрелости процесса обмена BIM-данными и рассмотреть подходы к организации обменных процессов. **Вывод.** Предложенные критерии отнесения программных продуктов к решениям, поддерживающим BIM-концепцию, могут применяться при формировании функциональных требований к разрабатываемым импортонезависимым программным продуктам. Интерпретация эталонной модели интероперабельности применительно к BIM-технологии может быть использована для развития интеграционных возможностей BIM-инструментов в единой информационно-технологической среде общих данных, а также стать методологической основой для создания открытого национального стандарта обмена данными.

Ключевые слова: технология информационного моделирования (ТИМ) – Building Information Modeling (BIM), программное обеспечение, интегрируемость, интероперабельность, обмен данными, стандарт обмена данными, среда общих данных

Для цитирования: Л.И. Малявкина, А.Г. Савина, Д.А. Савин. Проблемы информационно-технологического обеспечения реализации BIM-концепции. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023; 50(1):99-113. DOI:10.21822/2073-6185-2023-50-1-99-113

Problems of information technology support for implementation BIM concepts

L.I. Malyavkina, A.G. Savina, D.A. Savin

Central Russian Institute of Management - a branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation,
12 Oktyabrskaya St., Orel 302028, Russia

Abstract. Objective. The purpose of the study is to analyze the current level of development of the digital infrastructure of the urban planning sector, to identify the features of information technology support for the implementation of the BIM concept at the stages of the life cycle of the CCS and the functionality presented on the national market of solutions that support BIM technology. **Method.** Within the framework of the study, the methods of logical, structural, comparative, system analysis were used; modeling and graphical presentation of results. **Result.** It has been established that in the current period, most companies in the Russian architecture and construction industry are considering the transition to a fully integrated BIM as a long-term development format. An objective obstacle to a quick transition is the complexity of complex IT support for BIM processes and the level of current development of digital infrastructure. It has been established that the priority direction for the development of the IT industry in the context of ensuring the implementation of the BIM concept is the formation of a single ecosystem of Russian BIM software. Along with the need to develop competitive Russian software products, ensuring their interoperability and standardization of data exchange formats are highlighted as the main problems. The key parameters for assigning a software product to the BIM group are determined, the levels of maturity of the BIM data exchange process are identified, and approaches to the organization of exchange processes are considered. **Conclusion.** The proposed criteria for classifying software products as solutions that support the BIM concept can be used in the formation of functional requirements for the developed import-independent software products. The interpretation of the interoperability reference model in relation to BIM technology can be used to develop the integration capabilities of BIM tools in a single information technology environment of general data, and also become a methodological basis for creating an open national data exchange standard.

Keywords: building information modeling (BIM) technology, software, integrability, interoperability, data exchange, data exchange standard, common data environment

For citation: L.I. Malyavkina, A.G. Savina, D.A. Savin. Problems of information technology support for implementation BIM concepts. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Science. 2023; 50(1):99-113. DOI:10.21822/2073-6185-2023-50-1-99-113

Введение. Установленные на государственном уровне сроки обязательного внедрения BIM-технологии в практику деятельности предприятий архитектурно-строительной отрасли неоднократно отодвигались вследствие недостаточного уровня развития информационно-технологической инфраструктуры, способной обеспечить полноценную реализацию технологии. В этой связи актуальным является исследование существующих барьеров и определение основных направлений их преодоления.

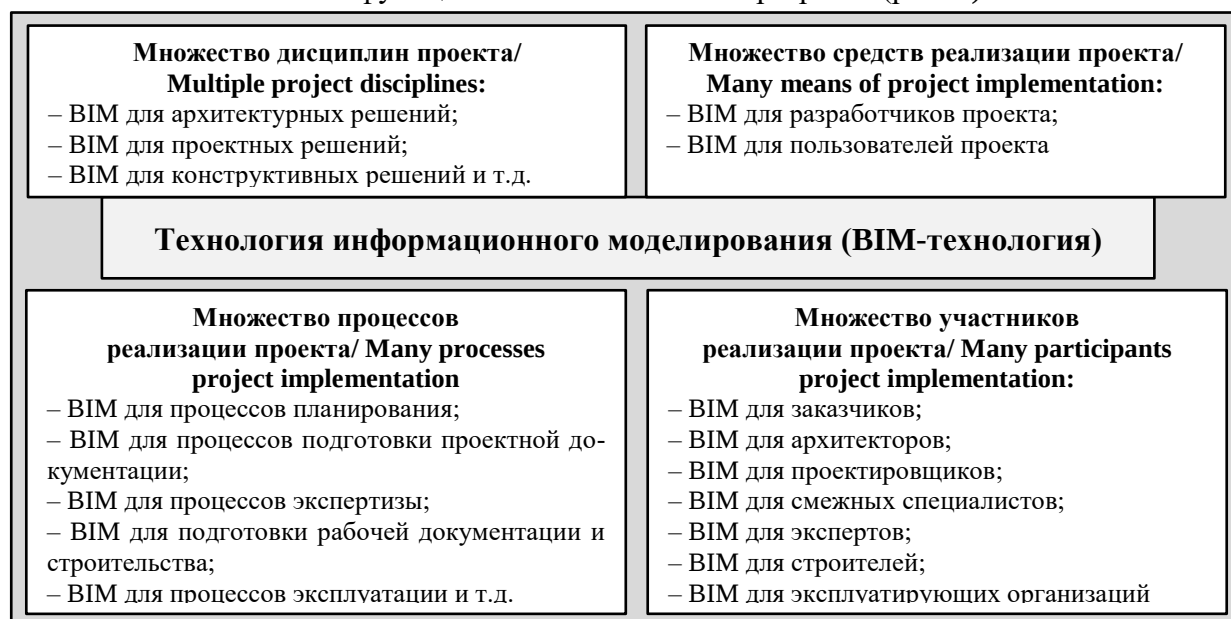
Постановка задачи. Задачи исследования: идентификация критериев отнесения программных продуктов к BIM-решениям, интерпретация эталонной модели интероперабельности применительно к BIM-технологии, исследование подходов к организации обмена BIM-данными в единой цифровой среде.

Методы исследования. В рамках проведенного исследования были использованы методы логического, структурного, сравнительного, системного анализа; моделирования и графического представления результатов.

Обсуждение результатов. По историческим меркам внедрение технологии информационного моделирования в мировую архитектурно-строительную практику в настоящее время находится на начальной стадии [1, 2]. Объективным препятствием достижения заложенных в BIM-концепции стратегических целей является низкий уровень зрелости ее информационно-технологического обеспечения. Анализ определенных BIM-концепцией процессов информационного моделирования по всей цепочке создания ОКС от стадии проектирования до реконструкции и демонтажа позволяет сделать вывод о том, что технологии работы с информационной моделью определяются не только спецификой и содержанием самого проекта, а зависят, прежде всего, от уровня развития инструментальной цифровой инфраструктуры. Деятельность специалистов, использующих в профессиональ-

ной работе BIM-технологии, ограничена рамками функциональных возможностей, которые им предоставляют специализированные программные продукты.

Эффективное использование BIM-технологии, полноценно реализующей современную концепцию информационного моделирования, требует разработки комплексных решений, обеспечивающих создание единой электронно-вычислительной коммуникационной среды для коллективной работы, управления изменениями на всех этапах жизненного цикла ОКС, доступа к внешним источникам информации, информационным системам и ресурсам [3, 4]. С другой стороны, специфика градостроительной деятельности определяет необходимость интегрированного внедрения BIM-технологии с одновременным охватом нескольких функциональных областей и разрезов (рис. 1).



**Рис. 1. Функциональные области внедрения BIM-технологии
в градостроительной деятельности***

Fig. 1. Functional areas for the implementation of BIM technology in urban planning

*Составлено авторами

Это в свою очередь обуславливает сложности реализации комплексного ИТ-обеспечения всех процессов информационного моделирования. Текущий уровень развития ИТ-сферы не позволяет предприятиям архитектурно-строительной сферы ориентироваться только на одно решение и закрыть его функционалом все поставленные задачи.

В этой связи для автоматизации рабочих процессов, формирования и ведения информационной модели ОКС компании, как правило, используют различные программные продукты и технические средства. В результате формируется смешанная ИТ-инфраструктура на основе использования различных информационных систем, предназначенных для решения конкретных задач [5]. Многообразие ИТ-решений порождает проблему обеспечения взаимодействия между ними. Перед участниками инвестиционно-строительной деятельности и поставщиками услуг стоит задача не только оптимального подбора инструментов под конкретные проекты и этапы их реализации, но и сочетания разнородных BIM-продуктов в рамках каждой организации. Кроме того, такой сценарий реализации BIM-концепции не позволяет организовать совместную параллельную работу с единой информационной моделью, а дает возможность использовать только технологию «связанных моделей», при которой разработанные в рамках различных специальностей отдельные модели посредством внешних ссылок собираются в один продукт – 3D-модель здания (сооружения). При этом цифровая модель в настоящее время не имеет самостоятельного значения, а используется исключительно в качестве источника формирования различных видов документации. Однако, в соответствии с BIM-концепцией, информаци-

онная модель представляет собой не просто 3D-модель как совокупность структурированных инженерно-технических и инженерно-технологических данных об объекте строительства. Она является, прежде всего, инструментом управления архитектурной, инженерно-конструкторской, технологической, экономической и иной информацией об ОКС на всех этапах его жизненного цикла [6- 8].

В этой связи ключевая проблема цифровизации отрасли состоит не только в автоматизации отдельных процессов, а в переходе к управлению структурированными данными в единой информационной среде на основе цифровых платформенных программно-технических комплексов и отраслевых цифровых платформ обмена информацией. Следует отметить, что на отечественном ИТ-рынке представлено много разнообразных программных продуктов различных разработчиков, поддерживающих BIM-технологию. При этом абсолютного решения, позволяющего выполнить полный цикл информационного моделирования, нет ни у западных, ни российских вендоров. На текущий момент BIM-инструменты закрывают всего 5-7 разделов, что составляет не более 50% [9] от всей выпускаемой документации (табл. 1).

Таблица 1. Функциональность программных продуктов по разделам этапов жизненного цикла ОКС*

Table 1. The functionality of software products by sections of the stages of the life cycle of the OKS

Разработчик	Программный продукт	Код	Концепция/предпроект	Проектирование	Экспертиза	Строительство	Планирование/Управление проектом	Совместная работа
Autodesk	Advance Steel	5						
	BIM 360	7, 8						
	Civil 3D	1, 6						
	Infraworks	1						
	Navisworks	7, 8						
	Revit	2-6						
	Autodesk Vault	—						
Renga software	Renga Architecture	3						
	Renga Structure	4,5						
	Renga MEP	7						
+ООО 1С»	1С: BIM 6D	3-6						
ООО «1С-Софт»	1С: РМ Управление проектами	8						
ООО «Нано-софтразработка»	папоCAD инженерный BIM	6						
АО «Си-софт Девелопмент»	Специализированные инженерно-технологические программные комплексы по автоматизации проектно-изыскательских работ	3-6						
Microsoft	Microsoft Project	8						
Oracle	Primavera	8						
Allplan	Allplan Architecture	3						
	Allplan Engineering	4						

1– инфраструктура, 2 – технология, 3 – архитектура, 4 – конструкции железобетонные, 5 – конструкции металлические, 6 – инженерные коммуникации, 7 – координация, 8 – строительство/ 1 - infrastructure, 2 - technology, 3 - architecture, 4 - reinforced concrete structures, 5 - metal structures, 6 - engineering communications, 7 - coordination, 8 - construction

* Составлено авторами

Несмотря на достаточно высокий уровень появляющихся на российском рынке

отечественных разработок, их функционал значительно уступает зарубежным программным продуктам, обеспечивающим реализацию технологии информационного моделирования. Исторически сложилось, что наиболее функциональным инструментом создания и ведения информационной модели считается линейка продуктов американской компании Autodesk. Являясь крупнейшим поставщиком программного обеспечения для гражданского и промышленного строительства, компания Autodesk разработала целую серию прикладных решений (Autodesk Vaut, Navisworks, Buzzsaw, Revit, Revit Server), предоставляющих возможность работы в единой модели, совместного управления данными моделей разных дисциплин на всех уровнях проекта, управления процессами изменений на протяжении всего жизненного цикла ОКС [10].

Однако указанные программные продукты также не лишены недостатков. К примеру, Autodesk Revit позиционируется как решение, реализующее комплексный подход на основе единой информационной модели. Действительно, создаваемая в нем модель может использоваться конструкторами и инженерами без существенных конвертаций и преобразований. Однако полученная единая модель имеет проблемы настройки инструментов и размерности, сложности детальной проработки на стадии рабочего документирования. Кроме того, инженерная составляющая прикладного решения уступает специализированному программному обеспечению, а формат RVT, в котором сохраняется модель, не позволяет работать с RVT-файлами другим прикладным решениям.

Несмотря на это, данному вендору удалось выстроить целые экосистемы внутри отечественных предприятий градостроительной сферы. Вместе с тем, произошедшие в 2022 г. глобальные изменения (экономическая турбулентность, вызванные санкционными ограничениями приостановка деятельности или полный уход с национального рынка иностранных ИТ-компаний) неизбежно приведут к изменению ИТ-ландшафта и тектоническим сдвигам в корпоративной бизнес-архитектуре российских компаний. Постепенно зарубежные программные продукты будут замещаться российскими аналогами, и ИТ-инфраструктура будет выстраиваться исключительно на импортонезависимых решениях. Скорость процессов импортозамещения, а также эффективность развития российского ИТ-сектора в области информационного моделирования будет определяться верно расставленными приоритетами. На данный момент на рынке уже представлен ряд BIM-решений отечественных разработчиков для российских пользователей. Большая работа в этой области проделана компанией «Аскон» (с 2016 г. – Renga Software), развивающей с 2012 г. российскую BIM-систему Renga, содержащую модули и инструменты по проектированию архитектурных решений, разработке несущих конструкций и внутренних инженерных сетей зданий в единой программе. Несмотря на то, что система автоматизированного проектирования зданий позиционируется как максимально приближенная к российским стандартам оформления проектной рабочей документации, полного соответствия российскому законодательству разработчикам достичь не удалось и по функциональным характеристикам система пока является слабым конкурентом зарубежному аналогу.

Следует отметить, что до настоящего времени процесс разработки программного обеспечения, реализующего технологию информационного моделирования, происходил бессистемно. Каждый российский вендор стремился разработать прикладное решение под конкретного заказчика, в результате внедряемые программные продукты носили характер единичных разработок, закрывающих отдельные разделы информационного моделирования. Со временем в сегменте создания программно-аппаратного обеспечения технологии информационного моделирования стали появляться компании-интеграторы, осуществляющие разработку и внедрение пакетных типовых программных решений для различных стадий жизненного цикла объектов строительства. Усиление внимания со стороны государства к цифровой трансформации градостроительной сферы [11, 12] обусловило смену парадигмы развития ИТ-индустрии для достижения целей масштабной реализации BIM-концепции. Основной целью стало формирование единой развитой экосистемы российского программного обеспечения технологии информационного моделирования.

В рамках достижения поставленной цели наиболее актуальным является решение нескольких задач:

1. Разработка конкурентоспособных российских программных продуктов и обеспечение технологического суверенитета посредством выстраивания ИТ-инфраструктуры предприятий градостроительной сферы на импортонезависимых ИТ-решениях [13].
2. Обеспечение интегрируемости, интероперабельности, композируемости программного обеспечения посредством использования платформенного подхода [14].
3. Разработка унифицированных правил хранения и использования ВІМ-данных, автоматизация процессов их миграции на основе стандартизации форматов обмена.

Проведенный в процессе исследования анализ предлагаемых профессиональным сообществом вариантов решения поставленных задач, позволил выделить ключевые направления, на которых следует сфокусировать внимание для эффективного достижения поставленной цели.

Запущенные механизмы государственной поддержки реализации ВІМ-концепции в градостроительной сфере РФ привели к появлению специализированных ассоциаций и экспертных площадок, объединивших представителей профессиональных сообществ по разработке теоретико-методологических основ и нормативно-правовой базы внедрения технологии информационного моделирования, предприятий-лидеров стройиндустрии и ключевых разработчиков программного обеспечения российского ИТ-сектора.

Результатом их совместной работы в области формирования единой экосистемы российского программного обеспечения стали: представленная в сентябре 2021 г. на сайте Национального объединения изыскателей и проектировщиков (НОПРИЗ) итоговая версия одобренного членами профессионального сообщества и рекомендованного к применению электронного справочника программных продуктов, предназначенных для цифровизации проектно-изыскательской деятельности [15]; одобренный 19.04.2022 г.

Национальным объединением организаций в сфере технологий информационного моделирования (НОТИМ) перечень «отечественного программного обеспечения, доступного для формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства в соответствии с законодательством Российской Федерации» [16].

Каждый из указанных документов содержит минимально необходимую информацию по более, чем 100 программным продуктам, в той или иной мере являющихся аналогами зарубежного программного обеспечения, а именно: краткое описание функционала и области применения, сведения о разработчике, наличии регистрации в Реестре Российского программного обеспечения.

Особую ценность данные этих систематизированных каталогов представляют для заинтересованных пользователей, находящихся на этапе принятия решения о внедрении ВІМ, поскольку позволяют в едином реестре осуществлять поиск и подбор требуемых прикладных продуктов. Однако более глубокий анализ еще раз подтверждает неготовность российской ИТ-сферы обеспечить в текущий момент времени полномасштабное внедрение ВІМ-технологии на уровне всей строительной отрасли.

Так, анализ рекомендованных к применению программных продуктов в разрезе их разработчиков свидетельствует о том, что существующая на рынке конкуренция российских вендоров обуславливает не синхронизированный процесс, направленный на достижение общей цели, а параллельную работу над созданием, по сути, разрозненных, дублирующих друг друга ВІМ-инструментов, автоматизирующих лишь отдельные фрагменты работы с информационной моделью. Что же касается оценки их текущей функциональности на каждом из этапов информационного моделирования ОКС в его современном концептуальном представлении, то можно отметить следующее:

- набор цифровых инструментальных средств для реализации ВІМ-технологии на этапах территориального планирования и обоснования инвестиций достаточный, а прикладные решения для обеспечения инженерно- геологических и инженерно-

геотехнических изысканий практически отсутствуют;

- этап выполнения проектных работ, подготовки проектной и рабочей документации является одним из самых наполненных с точки зрения предлагаемого к использованию BIM-инструментария;
- формально в каталоге присутствуют программные продукты и для реализации технологии на этапе строительства объекта. Однако в перечне практически не представлены расчетные комплексы, а также инструменты, позволяющие оценить качество информационной модели и обеспечить своевременное выявление коллизий;
- в перечне отсутствуют программные комплексы, предназначенные именно для управления строительными процессами на основе информационной модели ОКС.

Таким образом, для эффективного решения проблемы информационно-технологического обеспечения внедрения BIM-технологии и полноценной реализации BIM-концепции необходимо не только организовать разработку недостающего программного обеспечения для определенных этапов формирования и ведения информационной модели. Требуется нивелировать конкуренцию в среде российских разработчиков, сформировать совместное пространство разработки, которое позволит не просто синхронизировать процессы разработки, но и перейти к полноценным пилотным проектам создания и внедрения единых инструментальных средств и программных комплексов, покрывающих все информационные циклы BIM-модели, обеспечить их взаимную интеграцию и скоординированное развитие.

В этой связи в качестве одного из актуальных направлений исследований следует рассматривать решение проблемы четких формулировок функциональных требований к разрабатываемым программным продуктам, правил отнесения ИТ-решений к группе BIM, а также критериев проверки их функционала на соответствие BIM-применимости.

Существовавший достаточно длительное время стереотип, ассоциирующий BIM-технологии с трехмерным моделированием, привел к тому, что в качестве основного атрибута отнесения программного приложения к BIM-инструментам стала возможность реализации технологий работы с трехмерным графическим инструментарием.

Однако дальнейшее эволюционное развитие концепции информационного моделирования привело к кардинальному переосмыслению, как ключевой задачи самой технологии, так и назначения ИТ-обеспечения BIM-процессов. Количество измерений перестало выступать в качестве определяющего атрибута.

Акцент с создания 3D-модели сместился на обеспечение процессов управления актуальными данными об ОКС в цифровом формате на всех стадиях его жизненного цикла в едином информационно-технологическом пространстве. Это, в свою очередь, обусловило значительное расширение набора ключевых параметров, позволяющих отнести программный продукт к классу BIM (рис. 2).

Для полноценной реализации технологии информационного моделирования современные BIM-решения должны совместить в себе среду моделирования и пространство эффективной координации архитектурно-строительной информации, обеспечивая весь комплекс задач по управлению информационной моделью.

Являясь развитием узкоспециализированных систем автоматизированного проектирования, современные BIM-инструменты, наряду с предъявляемым требованием поддержки универсального трехмерного параметрического моделирования должны содержать библиотеки типовых многоуровневых и компонентных BIM-объектов, регулярно пополняемые посредством включения уникальных компонентов новых информационных моделей.

При этом подготовка данных для формирования информационной модели должна быть реализована на основании классификатора строительной информации (КСИ). Но все же главная роль при разработке комплексных BIM-продуктов должна отводиться развитию интеграционных возможностей приложений и механизмов достижения определенного уровня интероперабельности. Оба этих параметра являются тесно взаимосвязанными.



Рис. 2. Ключевые параметры отнесения программного продукта к BIM-решениям*
Fig. 2. Key parameters for classifying a software product as a BIM solution

* Составлено авторами

Если взять за основу сущность понятия «интероперабельность» как «способность двух или более систем или компонентов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена» [17], а интеграцию рассматривать как реализацию «интероперабельности в определенный момент времени, т.е. состояние, соответствующее моменту времени, в который системы взаимосвязаны так, чтобы обеспечить получение решения» [17], то совместная их реализация позволит решить задачу организации эффективного обмена BIM-данными.

При этом под обменом BIM-данными следует понимать не только файловую передачу информационных моделей или их компонентов, но и их совместное использование.

Выделенные в эталонной модели уровни развития интероперабельности можно интерпретировать применительно к BIM-технологии, условно сопоставив их с уровнями зрелости обменных процессов (табл. 2): от технического, предполагающего обмен на уровне документов, через технологический и организационный (обмен на уровне файлов в стандартных и открытых форматах) к верхнему концептуальному уровню, предусматривающему управление IFC-транзакциями.

Реализация различных форм интероперабельности должна гарантировать возможность хранения и последующего использования данных типовых информационных моделей вне зависимости от программного продукта (BIM-системы), в котором осуществлялась его разработка.

Так, если рассматривать интероперабельность BIM-продуктов в аспекте их прогрессивного развития, то все новые релизы BIM-решений должны поддерживать возможность работы с файлами, созданными в ранних версиях. Кроме того, если программное обеспечение утрачивает свою актуальность и больше не используется для разработки информационных моделей, либо принимается решение о переходе на BIM-инструменты другого вендора, то имеющиеся BIM-объекты должны открываться в новых прикладных решениях (кросс-софтверная интероперабельность).

Таблица 2. Характеристика уровней зрелости процесса обмена BIM-данными*
Table. 2. Characteristics of maturity levels of the BIM data exchange process *

Уровень интероперабельности Level interoperability	Вид интероперабельности View interoperability	Характеристика Characteristic	Интерпретация применительно к BIM Interpretation in relation to BIM	Уровень зрелости обменных процессов The level of maturity of metabolic processes	Характеристика Characteristic	
0	-	отсутствие взаимодействия между системами	отсутствие взаимодействия между компонентами BIM-системы	0	—	—
1	техническая (физическая)	способность к обмену сигналами и данными	способность к обмену данными в файловом формате	I – технический	обмен на уровне файлов	планирование технических вопросов, связанных с сопряжением систем и их сервисов
2	синтаксическая	способность к обмену данными	способность к обмену данными, представленными в общем формате	II – технологический	обмен на уровне файлов в открытом формате IFC	точное значение совместно используемой информации, которое сохраняется на всех итерациях информационного обмена и равнозначно понимается всеми участниками
3	семантическая	способность к обмену информацией	способность системы обрабатывать информацию, поступающую из внешних источников, корректно интерпретировать передаваемую информацию			
4	прагматическая	способность совместного использования информации в контексте решаемой задачи	способность взаимодействующих систем учитывать контекст используемой информации			
5	консолидационная (динамическая)	способность к совместному использованию информации с учетом изменяющихся условий функционирования	способность систем учитывать эффект передачи информации и изменения состояния друг друга	III – организационный	согласованное функционирование на основе обмена элементами BIM-моделей	согласованные обменные процессы, при выполнении которых достигаются согласованные цели
6	координационная	способность к совместному использованию информации в условиях согласования допущений и ограничений	полная совместимость на основе реализации единой модели информации и процессов взаимодействия	IV – концептуальный	управление IFC транзакциями	обмен BIM-моделями в единой цифровой среде

*Составлено авторами с использованием [17]

Федеративная интероперабельность предполагает возможность объединения в единую модель элементов, разработанных с использованием различных программных продуктов, и формирования ведомостей геометрических или регламентных коллизий. Если рассматривать интеграцию с точки зрения факта совершения интероперабельного обменного процесса, то в качестве ее характеристик целесообразно выделить следующие: формы проявления (внутренние и внешние); методы реализации (консолидация, федерализация, распространение); направления взаимодействия (бинаправленная, по горизонтали, по вертикали, по диагонали).

К примеру, если анализировать внутреннюю интеграцию BIM-решений на стадии проектирования, то интеграция «по горизонтали» будет означать охват всех частей и этапов строительного проектирования с гарантией согласованной передачи данных по технологической цепочке между дисциплинами проекта (архитектура, конструкции, и т.д.). Вертикальное направление предполагает согласованную передачу данных по технологической цепочке производственного процесса (проектирование, изготовление, монтаж и т.д.). Интеграция «по диагонали» – обмен информацией с другими системами (например, передача данных из графических САД-систем в расчетные САЕ). Реализация свойства бинаправленности на этапе проектирования подразумевает, что результаты расчетов выгружаются в моделирующую систему с дальнейшим обновлением исходной модели.

Ключевой проблемой формирования экосистемы отечественного программного обеспечения технологии информационного моделирования является организация управления существенно неоднородными структурированными BIM-данными, которые должны верно интерпретироваться, обрабатываться входящими в состав экосистемы приложениями и мигрировать между ними без коллизий, обеспечивая должный уровень интероперабельности и интегрируемости. Поскольку на данный момент формирование цифровых компонентов информационной модели ведется в мультиинструментальной среде, включающей целый ряд различных программных продуктов, то возникает необходимость автоматизированной сборки единой консолидированной BIM-модели и ее экспертизы с точки зрения согласованности содержащейся в ней информации, взаимодействия разделов. Для получения интегрированной информационной модели и коллективной работы с ней, а также в целях организации информационного взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса, обеспечения их оперативного доступа к актуальной, достоверной, согласованной информации разработку и ведение информационной модели предполагается осуществлять в единой информационно-технологической среде общих данных (СОД) [18].

Концепция построения единой среды находится в стадии формирования, но ее основные структурные элементы, определяемые логикой BIM-процессов в рамках отдельной информационной модели, уже выделены и заложены в систему государственных стандартов [19, 20] (рис. 3). Поскольку BIM-философия охватывает весь жизненный цикл объекта капитального строительства, то создание программно-технических комплексов среды общих данных, обеспечивающих эффективное управление итеративным процессом разработки и использования информационной модели всеми участниками инвестиционно-строительной деятельности целесообразно вести на основе платформенных решений, обеспечивающих, как горизонтальную, так и вертикальную интеграцию BIM-систем. Прикладные цифровые платформы субъектов градостроительной деятельности при реализации платформенного подхода будут выступать в роли агрегаторов информационных потоков цифрового документооборота значительного числа участников. Посредством технологических интерфейсов информационные системы участников будут подключены к отраслевой цифровой платформе, предназначенной для накопления, обмена и управления BIM-данными в структурированном виде. Разработка цифровых платформ станет технологической основой для интеграции и перехода на цифровые форматы обмена данными в единой информационно-телекоммуникационной среде.

1. Раздел рабочих данных (Work-in-progress) Пространство хранения текущих (незавершенных) моделей. Информация доступна только в рамках целевой группы	2. Раздел общих данных (Shared) Материалы, утвержденные руководителем целевой группы и используемые участниками проекта (в рамках одной или смежных профессиональных дисциплин) для координации проекта, анализа текущего состояния информационной модели и ее дальнейшей разработки Размещенные в разделе исходные файлы изменить нельзя	2.1 Клиентская часть раздела общих данных (Client Shared) Информация для координации работ с субподрядчиками
Среда общих данных (СОД)		
3. Раздел опубликованных данных (Published) Утвержденные, согласованные между участниками проекта материалы, готовые для передачи авторизованным внешним пользователям, не являющимся членами команды проекта	4. Раздел архивных данных (Archive) Полный набор данных информационной модели, размещаемый в архиве после его согласования и аннулирования в публичном разделе Редактирование данных не допускается, корректировка – только путем создания новой версии файла на основе копии из архивного раздела	

Рис. 3. Структура среды общих данных по ГОСТ Р 10.0.01-2018[20]
Fig. 3. The structure of the general data environment according to GOST R 10.0.01-2018[20]

На данный момент интеграционные возможности BIM-инструментов растут, причем стремление к полноценному воплощению BIM-концепции требует развития технологий взаимодействия не только внутри BIM-системы, но и интеграции с корпоративными информационными системами, расчетными программными комплексами, системами визуализации и т.д. (рис. 4).

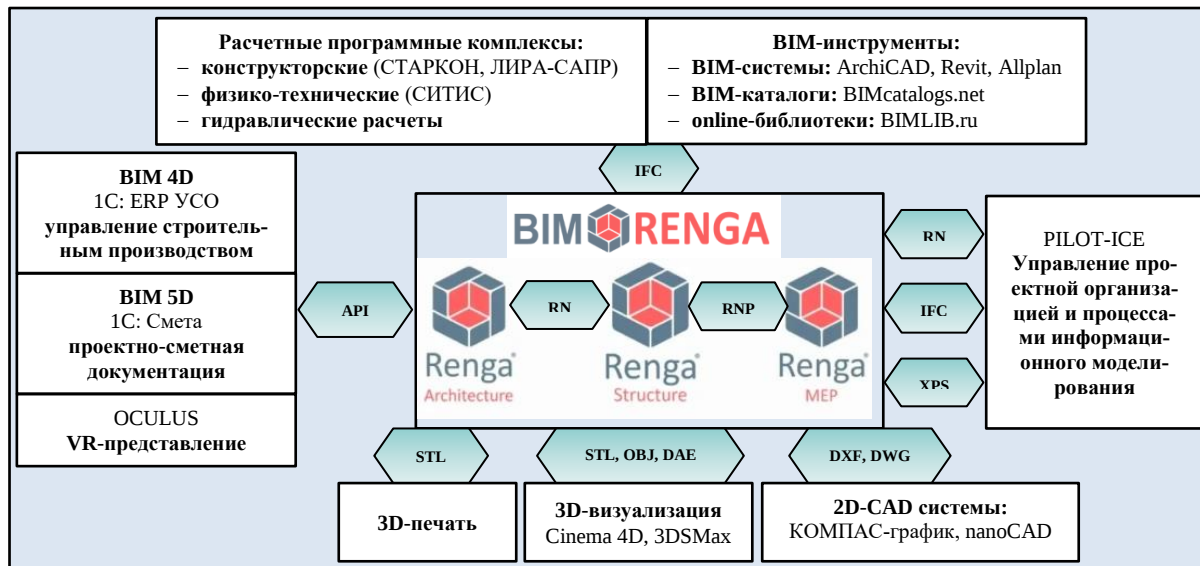


Рис. 4. Взаимодействие инструментов реализации технологии информационного моделирования в BIM-системе Renga
Fig. 4. Interaction of tools for implementing information modeling technology in the Renga BIM system

При этом многообразие программных продуктов, используемых при обмене данными в процессе информационного моделирования, порождает проблему множественности форматов, в которых представляются цифровые компоненты модели и сопровождающая их формирование документация.

На текущий момент для обеспечения интеграции BIM-инструментов рассматривается возможность применения прямых трансляторов от производителя программного обеспечения (API), стандартных форматов передачи геометрии (DWG, DXF, STL, DFF,

STP), промышленных форматов обмена (IFC, DSTV, KISS и др.), а также формата обмена данными через интернет (XML). Подход к организации обмена данными на основе собственных форматов разработчиков используется на ранних уровнях зрелости технологии информационного моделирования. Его нельзя признать рациональным, поскольку генерируемая в специальных «сборочных» программах федерированная модель (federated model) представляет собой набор отдельных элементов, полученных в разнородных программах со своими форматами файлов. При этом компоненты общей модели не взаимодействуют друг с другом, и изменения одного из них не приводит к автоматическому изменению связанных с ним элементов.

Более высокий уровень развития обменных процессов основан на концепции Open BIM, предполагающей использование открытого подхода к информационному моделированию. Сущность концепции заключается в формировании единой интегрированной модели (integrated model) из взаимосвязанных компонентов, построенных на базе различных решений, но сохраненных в едином открытом формате.

Это позволяет организовать стандартизированный обмен данными и обеспечить не просто взаимодействие между программными пакетами, но и совместимость на уровне рабочих процессов. В настоящее время существует порядка десяти форматов открытого обмена данными, но в качестве наиболее приемлемого варианта для реализации концепции Open BIM в градостроительной деятельности признан международный открытый универсальный стандарт IFC (Industry Foundation Classes). Разработанный еще в 1995 г. и являющийся совместным продуктом архитектурно-конструкторских фирм и производителей программного обеспечения многих стран, формат IFC продолжает развиваться и совершенствоваться.

В основе концепции его построения лежит информационная схема архитектурно-строительной и смежных отраслей, формально специализированная на языке объектно-ориентированного моделирования данных EXPRESS. Данные, определяемые IFC-схемой, могут представляться разными форматами (например, SPF, XML, JSON PDF) и храниться под управлением реляционных и объектно-ориентированных СУБД. Формат позволяет помимо трехмерной геометрии передавать атрибутивную информацию, в результате чего поддержка формата IFC является одним из признаков отнесения программного продукта к BIM-решениям.

Практика поддержки формата ведущими мировыми вендорами стала основанием для его принятия в Российской Федерации в 2018 г. в качестве государственного. Однако, существенные риски использования международного открытого стандарта обмена данными, связанные с обеспечением информационной безопасности, а также высокая вероятность запрета на его использование со стороны правообладателя в условиях санкционных ограничений, обусловили потребность разработки национального аналога стандарта IFC. Качественно разработанный национальный стандарт должен обеспечить обмен, хранение и безопасность данных на всех этапах жизненного цикла ОКС и соответствовать ключевым функциональным требованиям: поддерживать концепцию 7D-моделирования; предусматривать синтаксические и семантические конструкции; быть независимым от программных платформ и языков реализации; поддерживать совместимость с классификатором строительной информации и форматом IFC.

Решение поставленных задач в процессе разработки российского стандарта требует колоссальных интеллектуальных усилий, финансовых и временных затрат, в том числе по причине недостаточно развитой теоретико-методологической базы BIM-концепции, теории открытых данных и обмена информацией. Профессиональное сообщество рассматривает три возможных подхода к созданию открытого национального стандарта обмена [21]:

– подход А – национальный стандарт – дополнительное соглашение к международному стандарту IFC, уточнение существующей концептуальной информационной схемы IFC с учетом национальных регуляций и правил (в этом случае российское ПО – часть международной экосистемы);

– подход В – основа национального стандарта обмена BIM-данными – новая концептуальная информационная схема. При этом гармонизация с международным стандартом IFC остается ключевым требованием, поэтому российское ПО способно взаимодействовать с иностранным на основе IFC;

– подход С – российский стандарт обмена данными разрабатывается исключительно на основе конкретных национальных требований без учета концептуализации и формализации стандарта IFC.

В настоящее время разработка национального стандарта является предметом дискуссий специалистов. При этом каждый из рассмотренных подходов имеет своих сторонников и противников. Одни считают разработку российского аналога нецелесообразной вследствие высоких затрат, другие считают эти затраты оправданными. Но все они сходятся во мнении, что использование открытого стандарта позволит обеспечить требования связанности данных, сквозную идентификацию формируемых в процессе выполнения строительных проектов информационных моделей. Стандарт не только позволит перейти на единую платформу, единые термины, понятия, но и развивать в этом направлении соответствующее программное обеспечение, что, в свою очередь, позволит добиться главной цели – сформировать единую систему информационно-технологического обеспечения технологии информационного моделирования.

Вывод. Проведенное исследование подтвердило необходимость формирования единой экосистемы отечественного программного обеспечения для эффективного внедрения и использования BIM-технологии на всех этапах жизненного цикла ОКС. В рамках исследования идентифицированы ключевые параметры отнесения программных продуктов к BIM-системам, рассмотрены подходы к решению проблемы обеспечения должного уровня интероперабельности и интегрируемости программных продуктов класса BIM, а также варианты разработки унифицированных правил хранения и процессов миграции BIM-данных в рамках единой цифровой инфраструктуры на основе стандартизации форматов обмена.

Библиографический список:

1. Smith P. BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*. 2014; 85: 482–492.
2. Appraisal of emergence of building information modeling (BIM) and blockchain technologies in construction industry / A. Awali, H.A. H. Ahmed, B.N. A.Almasni [et al.]. *Экономика строительства*. 2022; 2(74): 108–119.
3. Manzoor, B., Othman, I., Gardezi, S.S.S., Altan, H., Abdalla S.B. BIM-Based Research Framework for Sustainable Building Projects: A Strategy for Mitigating BIM Implementation Barriers. *Applied sciences (Switzerland)*. 2021; 11. 12: 5397.
4. Da Silva, T.F.L., Arroteia, A.V., Melhado, S.B., De Carvalho M.M., Vieira, D.R. Exploring the influence of risks in BIM implementation: a review exploring BIM critical success factors and BIM implementation phases. *Journal of modern project management*. 2021; 8. 3: 125–135.
5. Канев В.В. Опыт применения технологий информационного моделирования для анализа архитектурно-конструктивных решений зданий / В.В. Канев, Д.В. Лаптев // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 21. С. 1147–1152.
6. Смирнов Д. Информационный BIM-менеджмент в соответствии с ISO 19650 // Путевой навигатор. 2022. № 50(76). С. 24–29.
7. Ковалев В.В. К вопросу применения технологии информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2022. № S2(22). С. 202–207.
8. Bogdanov, A., Zaitsev, V., Khalitova, K. (2021). Application of BIM-technologies during the construction and operation of buildings and structures // E3S Web of Conferences Volume 274 (2021). 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021). France, 2021. P. 6009.
9. Инструмент для развития // Рязанские ведомости. 2022. №18(6023) / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rv-ryazan.ru/instrument-dlya-razvitiya/>
10. Баклушина И. В. Особенности использования технологии информационного моделирования (BIM-технологии) на примере программного обеспечения Revit / И.В. Баклушина, А. В. Усова, А. В. Бойкова // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 62-5. С. 80–83.

11. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2021 № 3883-р / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/727688538>
12. Ovsianikova, T.Yu. Building information modelling systems: strategic objectives and realities of digital transformation in construction / T.Yu. Ovsianikova, A.A. Patsukov. *Real Estate: Economics, Management*. 2022; 1: 13-18.
13. Проблема 01.01.02: BIM и русский софт // Строительство.ru. Всероссийский отраслевой интернет-журнал / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stroimprosto-msk.ru/publications/belyj-bim/>
14. BIM-стандарт организации Версия 1.0 Allplan 2017 / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://allbau-software.de/phocadownload/BIM%20-%20standart%201.0.pdf>
15. Электронный справочник программных продуктов, предназначенных для цифровизации проектно-исследовательской деятельности / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tim.nopriz.ru/programms>
16. Перечень отечественного программного обеспечения, доступного для формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства в соответствии с законодательством Российской Федерации / [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPPrJRXLUFoewruNwKpcFBjOTHiQwBcCbU1viZMZ8iLpaghYQkHUTs74x-TnvTVxL0DdsQ5X2uvUVueix2nAyoaabeIwjz1LqDUSAiez8mup-MmOTS9XanxBztYwa6iR9r7DN1uVHiHIIIMeg%3D%3D%3Fsign%3DN0as72P5oOI6Veyef8hFJfkEty456Uq2e0Pl3jFyys0E%3D&name=1647195128_Perechen_otechestvennogo_programmnogo_obespecheniya_-_versiya_3.docx&nosw=1
17. Батоврин В.К., Гуляев Ю.В., Олейников А.Я. Обеспечение интероперабельности – основная тенденция в развитии открытых систем // Информационные технологии и вычислительные системы. 2009. № 5. С. 7-15
18. Савина А.Г., Малявкина Л.И., Савин Д.А. Информационно-технологическое обеспечение формирования единой цифровой среды взаимодействия в градостроительной сфере // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2022. № 15. С. 60-65.
19. ГОСТ Р 10.0.04-2019/ ИСО 29481-2:201. Стандарты информационного моделирования зданий и сооружений. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 2. Структура взаимодействия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/t/1200164872>
20. ГОСТ Р 10.0.00-2018 Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Основные положения. Общие требования к технологии информационного моделирования. / [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ngbp-sro.ru/files/news/news358/Appendix%201.pdf>
21. Манифест национального стандарта. Открытый формат обмена ТИМ данными / [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ancb.ru/files/ck/1644400375_Manifest_standarta_obmena_TIM_dannymi.pdf

References:

1. Smith, P. BIM Implementation – Global Strategies. *Procedia Engineering*. 2014; 85: 482–492.
2. Appraisal of emergence of building information modeling (BIM) and blockchain technologies in construction industry. / A. Awali, H.A. H. Ahmed, B.N. A. Almasni [et al.]. *Construction economics*. 2022; 2(74): 108-119. (In Russ)
3. Manzoor, B., Othman, I., Gardezi, S.S.S., Altan, H., Abdalla S.B. (2021). BIM-Based Research Framework for Sustainable Building Projects: A Strategy for Mitigating BIM Implementation Barriers // *Applied sciences (Switzerland)*. 11. 12. 5397.
4. Da Silva, T.F.L., Arroteia, A.V., Melhado, S.B., De Carvalho M.M., Vieira, D.R. (2021). Exploring the influence of risks in BIM implementation: a review exploring BIM critical success factors and BIM implementation phases. *Journal of modern project management*. 2021; 8. 3: 125-135.
5. Kanev, V.V. Experience of using information modeling technologies for the analysis of architectural and structural solutions of buildings / V.V. Kanev, D.V. Laptev. *Innovations. The science. Education*. 2020; 21: 1147-1152 (In Russ)
6. Smirnov, D. Information BIM management in accordance with ISO 19650. *Travel navigator*. 2022; 50(76): 24-29. (In Russ)
7. Kovalev, V.V. On the issue of the application of information modeling technology at all stages of the life cycle of buildings and structures. *Actual problems of military scientific research*. 2022; S2(22): 202-207. (In Russ)
8. Bogdanov, A., Zaitsev, V., Khalitova, K. Application of BIM-technologies during the construction and operation of buildings and structures // *E3S Web of Conferences Volume 274 (2021). 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021)*. France. 6009.
9. A tool for development. *Ryazan Vedomosti*. 2022; 18(6023) / [Electronic resource]. Access mode: <https://ryazan.ru/instrument-dlya-razvitiya/>. (In Russ)

10. Baklushina, I.V. Features of using information modeling technology (BIM technology) on the example of Revit software / I.V. Baklushina, A.V. Usova, A.V. Boikova. *Trends in the development of science and education*. 2020; 62-5: 80-83. (In Russ)
11. On the approval of the strategic direction in the field of digital transformation of the construction industry, urban and housing and communal services of the Russian Federation until 2030. Decree of the Government of the Russian Federation No. 3883-r dated 27.12.2021 / [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/727688538>. (In Russ)
12. Ovsianikova, T.Yu. Building information modelling systems: strategic objectives and realities of digital transformation in construction / T.Yu. Ovsianikova, A.A. Patsukov. *Real Estate: Economics, Management*. 2022; 1: 13-18. (In Russ)
13. The problem 01.01.02: BIM and Russian software. *Construction.ru*. All-Russian industry online magazine / [Electronic resource]. Access mode: <https://stroimprosto-msk.ru/publications/belyj-bim/>. (In Russ)
14. BIM-standard of the organization Version 1.0 Allplan 2017 / [Electronic resource]. Access mode: <https://allbau-software.de/phocadownload/BIM%20-%20standart%201.0.pdf>. (In Russ)
15. Electronic directory of software products intended for digitalization of design and survey activities / [Electronic resource]. Access mode: <http://tim.nopriz.ru/programms>. (In Russ)
16. The list of domestic software available for forming and maintaining an information model of a capital construction object in accordance with the legislation of the Russian Federation / [Electronic resource]. Access mode: https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPRrJRXLUFoewruNwKpcFBjOTHiQwBcCbU1viZMZ8iLpaghYQkHUTs74x-TnvTVxL0DdsQ5X2uvUVueix2nAyoaabeIwz1LqDUSAiez8mup-MmOTS9XanxBztYwa6iR9r7DN1uVHiHIMeg%3D%3D%3Fsign%3DN0as72P5oOI6Veyf8hFJfkEty456Uq2e0Pl3jFyys0E%3D&name=1647195128_Perechen_otechestvennogo_programmnogo_obespecheniya_-_versiya_3.docx&nosw=1. (In Russ)
17. Batovrin V.K., Gulyaev Yu.V., Oleinikov A.Ya. Ensuring interoperability is the main trend in the development of open systems. *Information technologies and computing systems*. 2009; 5: 7-15. (In Russ)
18. Savina A.G., Malyavkina L.I., Savin D.A. Information and technological support for the formation of a unified digital environment of interaction in the urban planning sphere. *Education and science without borders: fundamental and applied research*. 2022; 15: 60-65. (In Russ)
19. GOST R 10.0.04-2019/ ISO 29481-2:201. Standards of information modeling of buildings and structures. Information modeling in construction. Information exchange guide. Part 2. Structure of interaction / [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/t/1200164872> (In Russ)
20. GOST R 10.0.00-2018 System of standards for information modeling of buildings and structures. The main provisions. General requirements for information modeling technology / [Electronic resource]. Access mode: <http://nghp-sro.ru/files/news/news358/Appendix%201.pdf>. (In Russ)
21. Manifesto of the national standard. Open format of TIM data exchange / [Electronic resource]. Access mode: http://ancb.ru/files/ck/1644400375_Manifest_standarta_obmena_TIM_dannymi.pdf. (In Russ)

Сведения об авторах:

Малыавкина Людмила Ивановна, доктор экономических наук, профессор кафедры математики и информационных технологий; ludamal20@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9079-5684

Савина Анна Геннадьевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры математики и информационных технологий; angen1976@mail.ru, ORCID 0000-0002-2295-4695

Савин Денис Алексеевич, аспирант кафедры технологии, сервиса, торгового и таможенного дела; denalsavin@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9390-6597

Information about authors:

Lyudmila I. Malyavkina, Dr. Sci. (Economic), Prof., Department of Mathematics and Information Technology; ludamal20@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9079-5684

Anna G. Savina, Cand. Sci. (Pedagogic), Assoc. Prof., Department of Mathematics and Information Technology; angen1976@mail.ru, ORCID 0000-0002-2295-4695

Denis A. Savin, Postgraduate Student, Department of Technologies, Service, Trade and Customs Business; denalsavin@yandex.ru, ORCID 0000-0001-9390-6597

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest

Поступила в редакцию/Received 05.02.2023.

Одобрена после рецензирования/ Revised 26.02.2023.

Принята в печать/Accepted for publication 26.02.2023.