

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №6, Том 11 / 2019, No 6, Vol 11 <https://esj.today/issue-6-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/25SAVN619.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Гинзбург А.В., Куликова Е.Н., Павлов А.С., Вайнштейн М.С. Обеспечение интероперабельности при проектировании с применением технологий информационного моделирования // Вестник Евразийской науки, 2019 №6, <https://esj.today/PDF/25SAVN619.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Ginzburg A.V., Kulikova E.N., Pavlov A.S., Vainshtein M.S. (2019). Interoperability in construction design by means of information modeling technologies. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(11). Available at: <https://esj.today/PDF/25SAVN619.pdf> (in Russian)

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации № НШ-3492.2018.8

УДК 004.91

ГРНТИ 67.01.85

Гинзбург Александр Витальевич

ФБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Заведующий кафедрой «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: Ginav@mgsu.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=297453

Куликова Екатерина Николаевна

ФБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Проректор, доцент кафедры «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»
Кандидат технических наук
E-mail: Kulikova@mgsu.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=783681

Павлов Александр Сергеевич

АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций»
Москва, Россия
Заместитель руководителя департамента экспертизы и оптимизации проектных решений
Доктор технических наук, профессор
E-mail: a.s.pavlov@inbox.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=215544

Вайнштейн Михаил Семенович

ФБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Профессор-консультант кафедры «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: vaynshteynms@mgsu.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=284431

**Обеспечение интероперабельности
при проектировании с применением технологий
информационного моделирования**

Аннотация. Внедрение технологий информационного моделирования в строительные процессы позволило значительно повысить их эффективность. Наряду с этим возник ряд задач, решение которых направлено на обеспечение возможности максимально результативного применения указанных технологий. К таким задачам, в частности, относится организация технического взаимодействия между участниками информационного моделирования как в рамках одного этапа жизненного цикла, так и между ними. Целью данной статьи стало изучение существующих открытых стандартов обмена данными в области информационного моделирования и прочих открытых форматов, с распределением их по конкретным стадиям жизненного цикла строительного объекта, а кроме того, выявление тех стадий, которые не имеют соответствующего им открытого стандарта. Для выполнения данной цели был рассмотрен унифицированный жизненный цикл строительного объекта, включающий в себя 12 стадий: идея, концепция, планирование, требования, проект, проверка на соответствие требованиям, реализация, валидация и верификация, эксплуатация, накопление знаний, модернизация, вывод из эксплуатации. Изучены основы обеспечения технической интероперабельности при выполнении информационного моделирования. Выявлены действующие открытые форматы, используемые для беспрепятственного взаимодействия участников строительного процесса. Определены международные и отечественные стандарты, которые регламентируют их применение. Установлена взаимосвязь между этапами жизненного цикла и имеющимися открытыми стандартами. Даны рекомендации по использованию конкретных открытых стандартов и форматов, в том числе с учетом уровней детализации информационных моделей, которые могут применяться участниками строительного процесса для унифицированного обмена информацией.

Ключевые слова: строительный объект; информационное моделирование; открытые стандарты; интероперабельность; жизненный цикл; обмен информацией; форматы файлов

Введение

Концепция информационного моделирования (англ. Building Information Modeling, BIM) к настоящему времени заняла прочное место в качестве технологии проектирования [1–3]. Преимущества и задачи, решаемые информационным моделированием на проектной стадии, достаточно очевидны. Тем не менее, информационная модель позиционируется как источник информации об объекте на всех этапах жизненного цикла и не ограничивается этапом проектирования [4–7]. Наряду с этим, имеет место тот факт, что для повышения эффективности проектирования различные разделы проекта могут выполняться отдельными специалистами в различных программных продуктах, каждый из которых имеет собственный формат хранения данных [8–10].

Обозначенные выше причины формируют необходимость организации обмена данными как между отдельными дисциплинами проекта, так и между соответствующими этапами жизненного цикла строительного объекта [11–13]. Способность двух или более информационных систем или компонентов к обмену информацией и использованию информации, полученной в результате обмена, называется интероперабельностью¹. В России термин «интероперабельность» и основные положения, относящиеся к нему, зафиксированы в ГОСТ Р 55062-2012 «Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения»¹. Для описания интероперабельности применительно к информационному моделированию зданий и

¹ ГОСТ Р 55062 «Информационные технологии (ИТ). Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения» // [Электронный ресурс] // «Техэксперт». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200102958> (дата обращения: 01.11.2019).

сооружений был разработан СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах»². Согласно данному документу интероперабельность формируется на трех уровнях: техническом, семантическом и организационном как показано на рисунке 1. При этом одной из ключевых задач в настоящее время является организация технического уровня интероперабельности для обмена данными на протяжении всего жизненного цикла объекта, которая реализуется за счет применения открытых форматов файлов.



Рисунок 1. Три уровня интероперабельности [5]

Целью данного исследования является изучение существующих открытых стандартов обмена данными в области информационного моделирования и прочих открытых форматов с распределением их по конкретным стадиям жизненного цикла строительного объекта.

1. Методы

1.1 Этапы жизненного цикла строительного объекта

Первоначально необходимо определить основные этапы жизненного цикла строительного объекта.

Существуют различные исследования на эту тему, но согласно ГОСТ Р 57269-2016 «Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Термины и определения», жизненный цикл представляет собой процесс развития объекта (системы) от зарождения идеи до вывода из эксплуатации³. А ГОСТ Р 57296-2016 «Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Описание данных для математического моделирования процессов жизненного цикла. Основные положения»³ данный стандарт устанавливает унифицированный жизненный цикл, который включает в себя 12 стадий, последовательность которых представлена на рисунке 2.

² СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» [Электронный ресурс] // «Техэксперт». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556793894> (дата обращения: 01.11.2019).

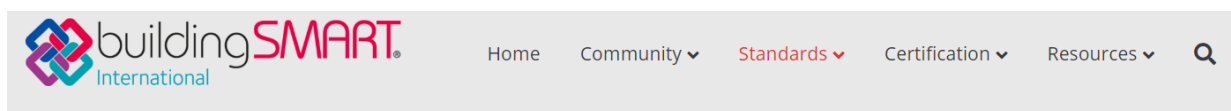
³ ГОСТ Р 57296-2016. Интегрированный подход к управлению информацией жизненного цикла антропогенных объектов и сред. Описание данных для математического моделирования процессов жизненного цикла. Основные положения [Электронный ресурс] // «Техэксперт». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200142441> (дата обращения: 01.11.2019).



Рисунок 2. Этапы жизненного цикла объекта [6]

1.2 Поддержка открытых стандартов

Такой подход, при котором проектирование, строительство и иные этапы жизненного цикла реализуются с использованием открытых стандартов обмена данными получил название openBIM. Стандарты в рамках данной концепции разрабатываются и поддерживаются международной некоммерческой организацией buildingSMART [14–17]. Публикация стандартов обмена данными происходит на официальном сайте данного альянса (рисунок 3)⁴.



buildingSMART Technologies

The buildingSMART standards are often expressed as technologies which can be leveraged in existing industry tools and platforms, or serve as the basis for new ones. These open, international standard technical specifications are crucial to the transformation of the built environment industry and central to its effective digitization. These core technologies include:

- Industry Foundation Classes (IFC)
- BIM Collaboration Format (BCF)
- Model View Definitions (MVDs)
- buildingSMART Data Dictionary (bSDD)

Рисунок 3. Публикация стандартов на сайте buildingSMART⁵

1.3 Открытые стандарты buildingSMART

В таблице 1 представлены официально опубликованные к настоящему моменту стандарты обмена данными buildingSMART, дано их краткое описание, установлен соответствующий им международный и российский стандарт.

Таблица 1

Описание действующих стандартов buildingSMART [18]

№	Название стандарта	Описание стандарта	Международный стандарт	Российский стандарт
1	Industry Foundation Classes (IFC), отраслевые базовые классы.	Стандарт описания данных информационной модели строительного объекта.	ISO 16739-1:2018 «Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema».	ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных».

⁴ Официальный сайт buildingSMART [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.buildingsmart.org/> (дата обращения: 01.11.2019).

№	Название стандарта	Описание стандарта	Международный стандарт	Российский стандарт
2	BIM Collaboration Format (BCF), формат совместной работы BIM.	Стандарт описания проблем, выявленных в информационных моделях в формате IFC.	-	-
3	Model View Definitions (MVD), определение модельного вида.	Стандарт описания подмножества информационной модели в формате IFC, предназначенного для конкретной задачи.	ISO 16739-1:2018 «Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema».	ГОСТ Р 10.0.02-2019/ISO 16739-1:2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных».

1.4 Прочие открытые стандарты

Перечисленные в предыдущем разделе стандарты носят специализированный характер. Они были разработаны в рамках поддержки технологии информационного моделирования. На данный момент столь узкая группа стандартов не в состоянии охватить все виды информации, используемой в рамках строительного процесса. К примеру, стандарт IFC не может описать всю информацию, имеющую отношение к объекту строительства. Кроме того, информационная модель, согласно Градостроительному Кодексу, на текущий момент является только одной из форм проектной документации. Поэтому помимо описанных выше, могут применяться и другие открытые форматы данных из других областей.

Таблица 2

Прочие форматы, применяемые для передачи строительной информации

Назначение	Форматы
Форматы для представления текстовой информации (в том числе табличной)	ODF (OpenDocument Format) (.odt), CSV (Comma-Separated Values), PDF (Portable Document Format)
Форматы для представления расчетов	ODF (OpenDocument Format) (.ods)
Форматы для представления двухмерных чертежей и схем	PDF (Portable Document Format), DWF (Design Web Format)
Форматы для представления растровых изображений	PNG (Portable Network Graphics)
Форматы для представления результатов инженерных изысканий и других геопространственных данных	LandXML, Shape-file*, OGC (Open Geospatial Consortium)
Форматы для представления данных информационной модели для эксплуатации	COBie (Construction Operations Building information exchange)
Форматы для передачи данных информационной модели в инструменты технического анализа	gbXML (Green Building XML)

Составлено авторами

2. Результаты исследования

В данном разделе даны рекомендации по использованию открытых форматов на различных стадиях жизненного цикла для обеспечения интероперабельности.

На *стадии Идеи* происходит формирование общего представления об объекте, ставится цель и задачи, необходимые для ее достижения. На данном этапе формируется

информационная модель с уровнем детализации LOD 100 (согласно СП 333.1325800.2017⁵) [19], которая хранится в формате IFC. Дополнительно идея может быть представлена в формате PNG для предоставления заинтересованным лицам.

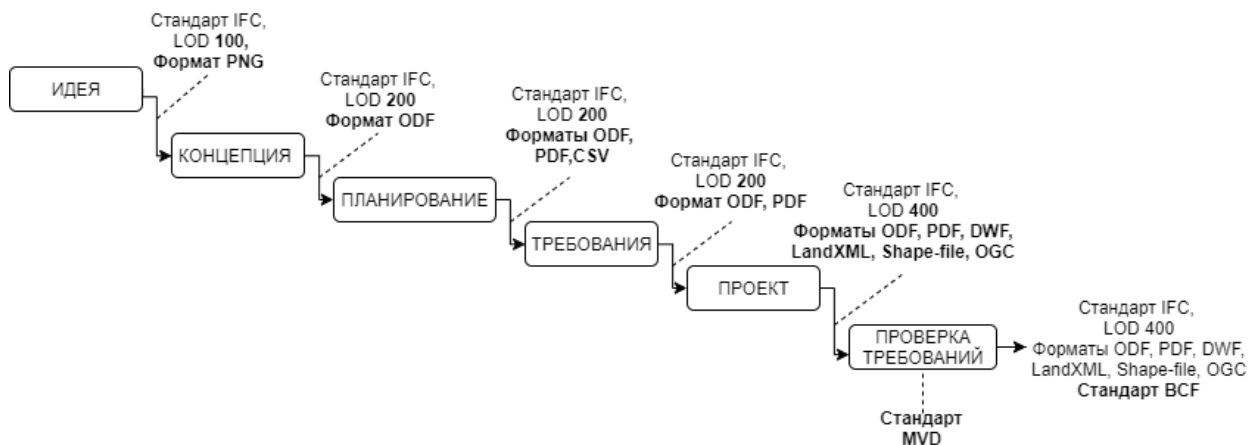


Рисунок 4. Стадии жизненного цикла и применяемые форматы. Часть 1 (составлено авторами)

На *стадии Концепции* представление об объекте формируется более конкретно, для чего определяются свойства и связи объекта и выполняется его материализация. Также на данном этапе выполняется технико-экономическое обоснование (ТЭО). На данном этапе информация об объекте может быть представлена в виде модели в формате IFC с уровнем детализации LOD 200. Для представления ТЭО могут быть использованы открытые форматы ODF.

На *стадии Планирования* выполняется формирование участников проекта, планов и строится временная модель. На данной стадии уровень детализации модели остается неизменным. Дополнительно разработанные материалы, в том числе планы и графики, могут быть представлены в форматах ODF, PDF, CSV.

На *стадии Требований* формируется техническое задание и определяются прочие требования к объекту. Для представления требований используются форматы, позволяющие хранить текстовые данные, такие как ODF и PDF, однако на данном этапе требуется определение стандарта, позволяющего хранить машиночитаемые требования.

На *стадии Проекта* разрабатывается проектная (информационная модель LOD 300) и рабочая (информационная модель LOD 400) документация. Для представления результатов инженерных изысканий используются форматы LandXML, Shape-file, OGC. Представление пояснительных записок и прочей текстовой информации выполняется с использованием форматов ODF, PDF. Двумерные чертежи могут быть представлены в PDF и DWF.

На *стадии Проверки требований* определяется соответствие техническому заданию и прочим требованиям. Замечания к информационной модели могут представляться с использованием стандарта BCF. Для получения подмножеств модели используется стандарт MVD.

⁵ СП 333.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла [Электронный ресурс] // «Техэксперт». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/556793897> (дата обращения: 01.11.2019).

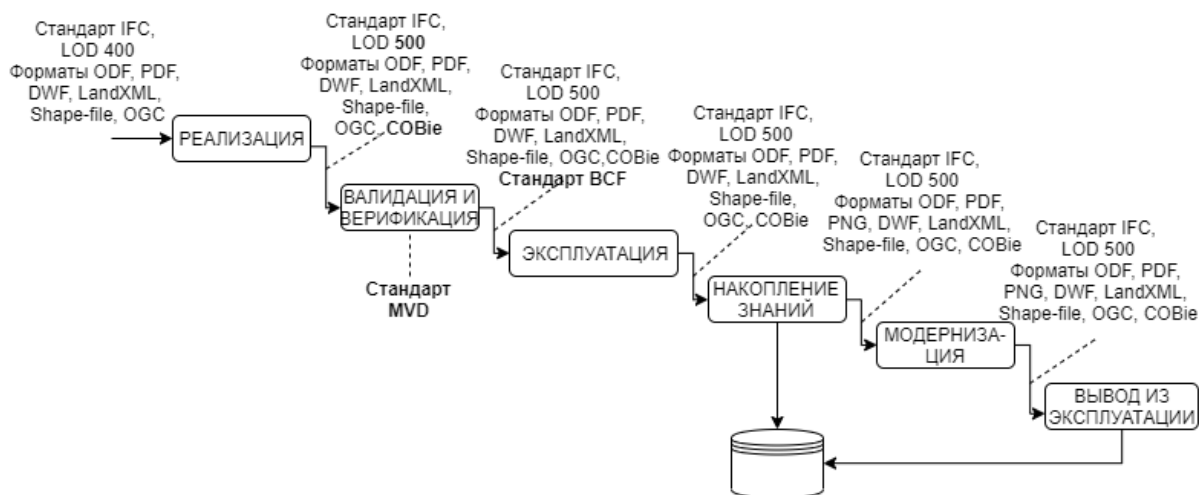


Рисунок 5. Стадии жизненного цикла и применяемые форматы. Часть 2 (составлено авторами)

В результате *стадии Реализация* формируется информационная модель с уровнем детализации LOD 500 [20], которая передается на *стадию Валидация и верификация*, где происходит проверка объекта на соответствие проекту и требованиям. Замечания к информационной модели могут представляться с использованием стандарта BCF. Для получения подмножеств модели используется стандарт MVD.

На *стадии Эксплуатация* происходит регулярное использование объекта, выполняется контроль за его состоянием, поддержание его свойств. Уровень детализации модели остается неизменным. Дополнительные данные хранятся в ранее описанных форматах.

На *стадии Накопления знаний* происходит аккумуляция и систематизация всей информации, сформированной на предыдущих этапах ЖЦ в перечисленных ранее форматах.

На *стадии Модернизации* при необходимости осуществляется модификация и обновление объекта и соответственно его информационной модели. На *стадии Вывода из эксплуатации* объект выводится из использования, вся информация по нему отправляется в хранилище.

Выводы

Проведенное исследование позволило установить соответствие между разработанными открытыми стандартами обмена данными и стадиями жизненного цикла строительного объекта, на которых они применяются для представления информации. Были рассмотрены как открытые стандарты в области информационного моделирования, так и стандарты из других областей. В качестве продолжения данного исследования планируется провести детальный анализ бизнес-процессов, выполняемых на каждом из этапов жизненного цикла, выявить типы информации, поступающие на вход того или иного процесса и формируемые в результате его выполнения. На основе полученных данных появится возможность дать более детальное описание форматов, задействованных для передачи того или иного вида информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Талапов, В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / В.В. Талапов. – М: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
2. Талапов, В.В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM / В.В. Талапов // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2016. – № 4 (688). – С. 108–114.
3. Гусакова, Е.А. Информационное моделирование жизненного цикла проектов высотного строительства / Е.А. Гусакова // Вестник МГСУ. – 2018. – Т. 13. – № 1 (112) – С. 14–22.
4. Гинзбург, А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта / А.В. Гинзбург // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – №9. – с. 61–65.
5. Волков, А.А. Проблемы существующей системы управления жизненным циклом объектов капитального строительства и факторы, их определяющие / А.А. Волков, А.Н. Овчинников // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – №5. – с. 38–42.
6. Rezaei, F. Integrating building information modeling and life cycle assessment in the early and detailed building design stages / F. Rezaei, C. Bullea, P. Lesage // Automation in Construction. – 2019. – v. 153. – pp. 158–167.
7. Кузина, О.Н. Информационное моделирование стоимости объекта строительства на каждом этапе жизненного цикла / О.Н. Кузина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 1. – С. 107–111.
8. Eastman, C. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors / Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks and Kathleen Liston. – New Jersey, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2008. – 490 p.
9. Крылов, Е.Н. Применение современных телекоммуникационных технологий к решению вопросов обмена данными в проектной организации / Е.Н. Крылов, А.А. Волков, Е.Н. Куликова // Инновации и инвестиции. – 2018. – №7. – с. 224–226.
10. Малыха, Г.Г. Методы передачи информации в САПР / Г.Г. Малыха, С.А. Синенко, М.С. Вайнштейн, О.Б. Гусева // Вестник МГСУ. – 2012. – № 1. – С. 159–163.
11. Шилов, Л.А. Подход к управлению жизненным циклом строительного объекта на основе BIM-технологий // Л.А. Шилов, Л.А. Шилова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 2. – с. 86.
12. Ginzburg, A.V. LE IM: Living Environment Information Modelling / A.V. Ginzburg // International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry, ESCI 2018; Ho Chi Minh City; Viet Nam: MATEC Web of Conferences. – 2018. – v. 193, 05030.
13. Синенко, С.А. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве: Учебник. – Саратов: Вузовское образование, 2013. – 240 с.

14. Lee, Y.-C. The Mechanism and Challenges of Validating a Building Information Model regarding data exchange standards / Y.-C. Lee, W. Solihin, C.M. Eastman // *Automation in Construction*. – 2019. – V. 100. – pp. 118–128.
15. Nandavar, A. Opening BIM in a new dimension / A. Nandavar, F. Petzold, G. Schubert, E. Youssef // *Intelligent and Informed – Proceedings of the 24th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRIA 2019*. – 2019. – vol. 1. – pp. 595–604.
16. Fernando, B. Interoperability in the use of the BIM methodology | [Interoperabilidad en el uso de la metodología BIM] / B. Fernando, M. Sergio // *Revista de Obras Publicas*. – 2018. – vol. 165(3597). – pp. 36–43.
17. Choi, J. Development of application for generation of automatic 2D drawings based on openBIM / J. Choi, Y. Lee, I. Kim // *ISARC 2018 – 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction and International AEC/FM Hackathon: The Future of Building Things*. – 2018.
18. Гинзбург, А.В., Шилова Л.А., Шилов Л.А. Современные стандарты информационного моделирования в строительстве / А.В. Гинзбург, Л.А. Шилова, Л.А. Шилов // *Научное обозрение*. – 2017. – №9. – с. 16–20.
19. Leite, F. Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models / F. Leite, A. Akcamete, B. Akinci, G. Atasoy, S. Kiziltas // *Automation in Construction*. – 2011. – v. 20. – i. 5. – pp. 601–609.
20. Кузина, О.Н. Формирование информационной модели «исполнительная» на стадии строительства (С-BIM) / Кузина, О.Н. / *Наука и бизнес: пути развития*. – 2019. – № 7 (97). – С. 43–47.

Ginzburg Alexander Vitalievich

National research Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: Ginav@mgsu.ru

Kulikova Ekaterina Nikolaevna

National research Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: Kulikova@mgsu.ru

Pavlov Alexander Sergeevich

All-Russian research institute for nuclear power plants operation, Moscow, Russia
E-mail: a.s.pavlov@inbox.ru

Vainshtein Mikhail Semenovich

National research Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: vaynshteynms@mgsu.ru

Interoperability in construction design by means of information modeling technologies

Abstract. The introduction of information modeling technologies in construction has significantly increased its' efficiency. At the same time, a number of problems appeared, the solution of which can result in efficient implementation of abovementioned technologies. Such tasks, in particular, include the technical interaction between the participants of information modeling both within one stage of the life cycle and between them. The purpose of this article was to investigate the existing open standards of data exchange in the field of information modeling and other open formats, with their distribution through the stages of the life cycle of a construction object, and in addition, to identify those stages that do not have an open standard corresponding to them. To achieve this goal, the unified life cycle of the construction object was considered, which includes 12 stages: idea, concept, planning, requirements, project, verification of compliance, implementation, validation and verification, operation, knowledge accumulation, modernization, decommissioning. The basics of technical interoperability in the implementation of information modeling are studied. The existing open formats used for unhindered interaction of participants of the construction process were revealed. International and domestic standards that regulate their application are defined. The relationship between the stages of the life cycle and the available open standards is established. Recommendations are given on the use of specific open standards and formats, including taking into account the levels of detail of information models that can be used by participants of the construction process for a unified exchange of information.

Keywords: construction site; building information modeling; open standards; interoperability; lifecycle; information exchange; file formats