

МИРОВОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ НОРМИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Н. Н. Шалобыта¹, О. А. Акулова², Е. Н. Шалобыта³

¹ К. т. н., доцент, проректор по научной работе

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: nnshalobyta@mail.ru

² К. т. н., заведующий кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики

Брестского государственного технического университета, Брест, Беларусь, e-mail: akulovabrest@gmail.com

³ Студентка Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: enshalobyta@stud.etu.ru

Реферат

Новые подходы к инженерной деятельности в области строительства требуют интенсивного развития технологий информационного моделирования, в основе которых заложены понятия моделей отдельных или целых объектов, опирающиеся на принципы 3D-моделирования, параметризации и автоматического создания документации для их полного жизненного цикла. В большом числе западных стран к настоящему времени технологии информационного моделирования стали уже неотъемлемой частью процесса инженерного проектирования, в то время как в странах СНГ в общем, и в Республике Беларусь в частности, наблюдается заметное отставание в этой области. Одной из основных причин этого является отсутствие в Республике Беларусь национальных стандартов по информационному моделированию. Тем не менее данные технологии в последние годы вызывают все больший интерес промышленности и поддержку государства, и поэтому использование опыта в области регулирования информационного проектирования и применения BIM-технологий в строительной индустрии для разработки национальных стандартов является важным и перспективным направлением исследований.

В приведенной статье рассмотрены нормативные документы в области BIM-проектирования стран-лидеров в этой области, основные тенденции в разработке отечественных BIM-стандартов, а также возможные сценарии внедрения информационного моделирования в строительную отрасль Республики Беларусь.

Ключевые слова: строительная отрасль, информационное моделирование зданий и сооружений, BIM-технологии, BIM-стандарты.

WORLD AND DOMESTIC EXPERIENCE IN THE FIELD OF BUILDING INFORMATION MODELING

N. N. Shalobyta, O. A. Akulova, E. N. Shalobyta

Abstract

New approaches to engineering activities in the field of construction require the intensive development of information modeling technologies, which are based on the concepts of models of individual or entire objects based on the principles of 3D modeling, parameterization and automatic creation of documentation for their full life cycle. In a large number of Western countries, information modeling technologies have already become an integral part of the engineering design process, while in the CIS countries in general, and in the Republic of Belarus in particular, there is a noticeable lag in this area. One of the main reasons for this is the lack of national information modeling standards in the Republic of Belarus. Nevertheless, these technologies in recent years have aroused increasing interest in industry and government support, and therefore the use of experience in the field of information design regulation and the use of BIM technologies in the construction industry for the development of national standards is an important and promising area of research.

This article discusses the regulatory documents in the field of BIM design developed by the leading countries in this area, the main trends in the development of the national BIM standard, as well as possible scenarios for the information modeling introduction in the construction industry of the Republic of Belarus.

Keywords: construction industry, Building Information Modeling (BIM), BIM-technologies, BIM-standards.

Введение

Рассматривая информационное моделирование, необходимо выделить уже сложившиеся модели, применяемые как в промышленности (машиностроение, авиастроение и т. д.), так и в строительстве [1]:

- **PLM** (сокр. от англ. *Product Lifecycle Management*) – технология управления жизненным циклом изделий, представляющая организационно-техническую систему, обеспечивающую управление всей информацией об изделии и связанных с ним процессах на протяжении всего его жизненного цикла, начиная с проектирования и производства до снятия с эксплуатации.
- **BIM** (сокр. от англ. *Building Information Modeling* или *Building Information Model*) – информационное моделирование здания или информационная модель здания, включающая в себя совершенно новый подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания (управлению жизненным циклом объекта), который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект.

В строительной отрасли BIM-технологии представляют собой совершенно новую идеологию в проектировании, которая вносит существенные изменения в архитектурную и строительную отрасли. Появившаяся в 1975 г. изначально под другим именем, идея информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) в результате эволюционного развития теории архитектурных САПР [2, 3] как единая технология начала активно применяться примерно с 2000 г., благодаря широкому внедрению базовых принципов BIM в программном обеспечении ведущих разработчиков архитектурных систем (Autodesk, Inc. и др.).

Несмотря на то, что область применения BIM-технологий неуклонно расширяется, стандартизация и нормотворчество значительно отстают от возможностей и нужд строительной отрасли. В первую очередь это связано с необходимостью создания единого, методологически и терминологически согласованного комплекса документов, требующего широкомасштабных научных исследований. Одним из важных вопросов является разработка требований к геометрическим параметрам, уровням геометрической и атрибутивной проработки компонентов информационной модели, графическому отображению, визуализации, форматам и др.

Анализ стандартов и нормативных документов в области BIM-технологий

С 2000 годов начали появляться первые национальные нормативные документы (Австралия, Великобритания, Гонконг, Дания, Испания, Нидерланды, Норвегия, Сингапур, США, Финляндия), регламентирующие общие правила для процесса информационного моделирования зданий [1, 2, 3]. В результате обобщения многолетнего опыта применения САПР в строительстве стали создаваться международные стандарты. В настоящее время International Standard Organization (ISO) имеется два технических комитета, которые имеют прямое отношение к BIM [1, 2, 3]:

- **технический комитет ISO/TC 184** – Automation systems and integration (Системы промышленной автоматизации и интеграции), подкомитет ISC 4 – Industrial Data (Промышленные данные). В данном подкомитете на основе разработки IFC 4 международного консорциума buildingSMART разработан стандарт ISO 16739:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries, по сути являющийся стандартом на описание форматов обмена данными между BIM-системами;
- **технический комитет ISO/TC 59** – Buildings and civil engineering works (Строительство зданий), подкомитет SC 13 – Organization of information about construction works (Организация информации о строительных работах), который разработал к настоящему времени базовых 7 стандартов, направленных на управление проектированием и строительством зданий на основе BIM-моделей:
- ISO 12006-2:2001 Building construction – Organization of information about construction works – Part 2: Framework for classification of information;
- ISO 12006-3:2007 Building construction – Organization of information about construction works – Part 3: Framework for object-oriented information;
- ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance;
- ISO 16354:2013 Guidelines for knowledge libraries and object libraries;
- ISO 22263:2008 Organization of information about construction works – Framework for management of project information;

- ISO 29481-1:2010 Building information modelling – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format;
- ISO 29481-2:2012 Building information models – Information delivery manual – Part 2: Interaction framework.

Несмотря на разработку базовых международных документов, многие стороны реальной работы, заложенной в основу методологии BIM, к настоящему времени только формируются, и на практике применяются (если имеются) различные национальные стандарты, стандарты консорциума buildingSMART (США), BIM Task Group (Великобритания), а также стандарты де-факто отдельных фирм – разработчиков программного обеспечения [1, 2, 4, 5, 6, 7]. Так, согласно разработанному специалистами от промышленности, государственного сектора и различных научных институтов в компании BIM Task Group базовому стандарту PAS 1192-2:2013 [8] и в соответствии с определением, введенным М. Бью [9] (рисунок 1), в настоящее время выделяют 4 уровня применения BIM-технологий: уровень 0 (Level 0), начальный или всем известное, в первую очередь, ручное двухмерное черчение, но с использованием отдельных инструментов САПР; уровень 1 (Level 1), при котором некоторые элементы двухмерного черчения трансформируются путем использования САПР в 3D-модели; уровень 2 (Level 2), на котором с помощью САПР к полноценным 2D- и 3D-моделям добавляется общая среда данных (система инженерного документооборота) с получением в автоматическом режиме документации непосредственно из информационной модели, при этом модель должна также содержать 4D- (календарные графики реализации проектов) и 5D-описания (стоимостные показатели) и уровень 3 (Level 3) как единую интегрированную систему полного цикла жизненного цикла объекта от момента проектирования до эксплуатации и утилизации. Конечно, в настоящее время в большинстве стран мира при внедрении термина «BIM-технологии» речь идет о повсеместном внедрении 2 уровня, и только отдельные компании-лидеры в строительной индустрии имеют возможность при разработке уникальных проектов внедрять элементы 3 уровня.

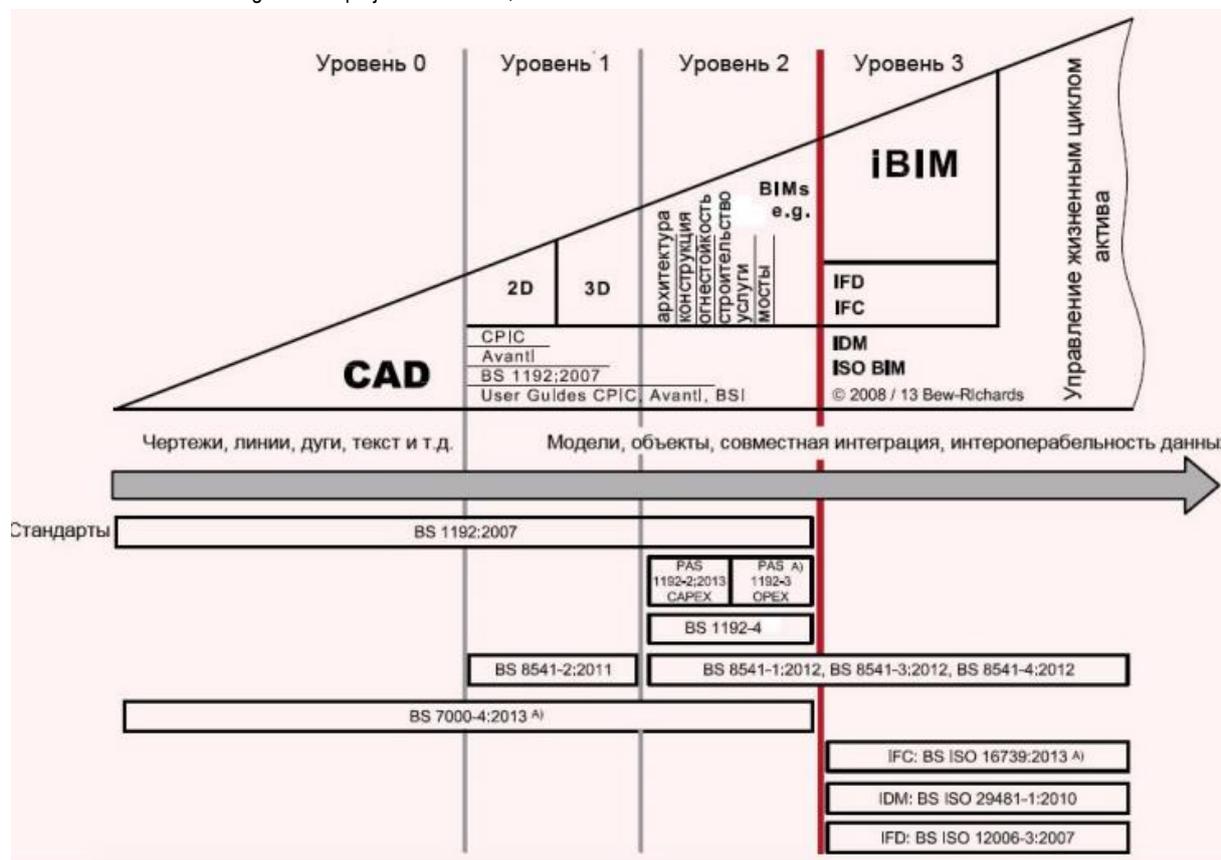


Рисунок 1 – Классификация уровней развития BIM-технологий и связанные с их развитием стандарты PAS 1192-2:2013 [8, 40]

Международный опыт нормирования в области информационного моделирования

ВIM-стандарты Великобритании. Несмотря на то, что Великобритания не является первой страной, применившей технологии информационного моделирования, в настоящее время она является одним из лидеров по внедрению стандартов ВIM-технологий [15, 18, 22, 23, 24]. В 2007 году разработан первый британский стандарт BS 1192 [10], который расширялся и дорабатывался более 10 лет и в настоящее время все еще имеет потенциал развития. Великобритания одна из первых стран в мире инициировала регулирование ВIM на государственном уровне. Так, в 2011 году кабинет министров Великобритании подготовил «Правительственную стратегию развития строительства». Существенный толчок в этой области стал возможен, в первую очередь, в результате подготовки к проведению в 2012 году Олимпийских игр в Лондоне. Организаторы строительства олимпийских объектов своевременно поняли важность и перспективность унификации и автоматизации информационного взаимодействия между подрядчиками.

Британские стандарты можно разделить на две группы: BS (British Standard) – непосредственно стандарты и PAS (Publicly Available Specification) – проекты стандартов, не требующие длительного согласования и утверждения и оперативно обеспечивающие удовлетворение потребностей строительной отрасли.

- Основные британские ВIM-стандарты включают [11]:
- BS 1192:2007+A2:2016. Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice (Британский стандарт. Совместное производство архитектурной, инженерной и строительной информации. Свод правил);
 - PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling (Проект стандарта для управления информацией на этапе капитального строительства с использованием информационного моделирования);
 - PAS 1192-3:2014. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling

(Проект стандарта для управления информацией на этапе эксплуатации объекта с использованием информационного моделирования);

- BS 1192-4:2014. Collaborative production of information – Part 4: Fulfilling employer’s information exchange requirements using COBie – Code of practice (Британский стандарт. Совместное производство информации. Выполнение требований заказчика к информационному обмену с использованием COBie. Свод правил);
- PAS 1192-5:2015. Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management (Проект стандарта по информационной безопасности для информационного моделирования, цифровой среды общих данных и умного управления активами);
- BS 8536-1:2015. Briefing for design and construction – Part 1: Code of practice for facilities management (Buildings infrastructure) (Британский стандарт. Инструкция для проектирования и строительства. Свод правил для управления объектами (строительная инфраструктура));
- BS 8536-2:2016 Briefing for design and construction – Part 2: Code of practice for asset management (Linear and geographical infrastructure) (Британский стандарт. Инструкция для проектирования и строительства. Свод правил для управления объектами (линейная и географическая инфраструктура)).

С практической точки зрения наибольший интерес представляют PAS 1192-2:2013 [8], который посвящен процессу реализации проектной информационной модели PIM (Project Information Model), завершающегося созданием эксплуатационной информационной модели AIM (Asset Information Model), которая и передается заказчику, а также PAS 1192-3:2014 [25], который определяет требования к информационному управлению для достижения 2-го уровня зрелости информационного моделирования, включающего эксплуатацию и техническое обслуживание (рисунки 2 и 3 соответственно).

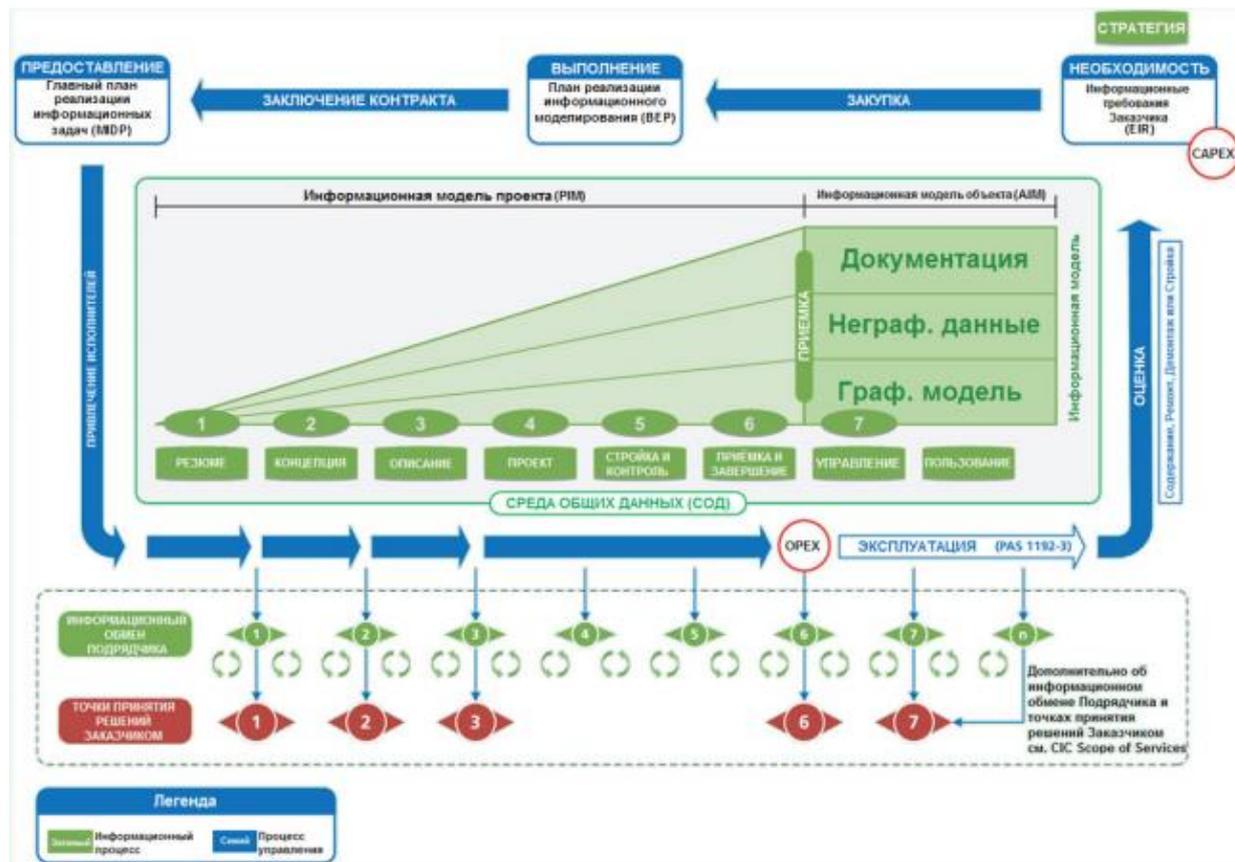


Рисунок 2 – Требования к процессу создания проектной информации для достижения 2-го уровня зрелости информационного моделирования [8, 40]

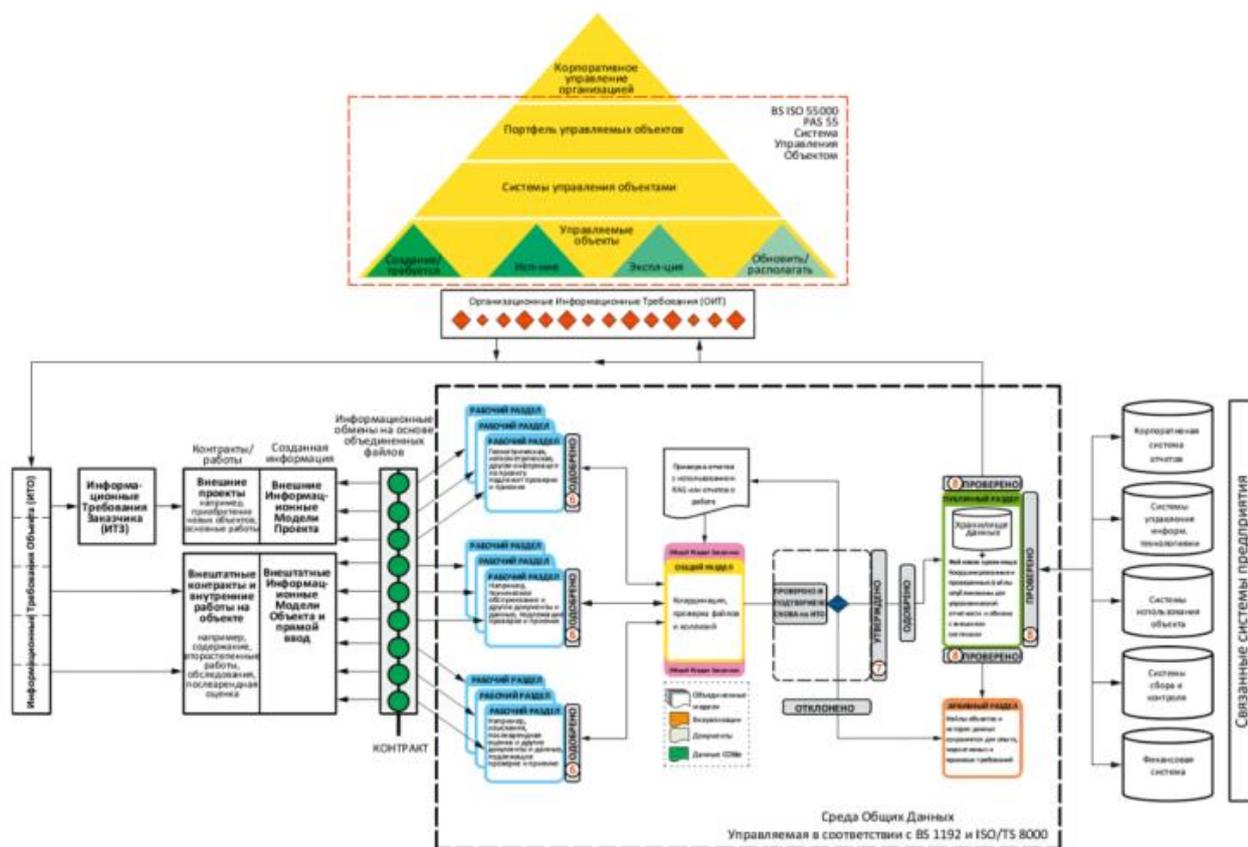


Рисунок 3 – Требования к информационному управлению для достижения 2-го уровня зрелости информационного моделирования [25, 40]

Комплекс британских BIM-стандартов (National BIM Report 2019) также включает ряд дополнительных стандартов и практических руководств и является одним из наиболее проработанных в мире по вопросам описания правил работы с данными; ролей и обязанностей всех членов команды, работающих над BIM проектом, на всех стадиях жизненного цикла (проектирования, возведения, эксплуатации и утилизации объекта); методов контроля технической безопасности; порядка сдачи объекта в эксплуатацию. Кроме того, нормы постоянно совершенствуются и дополняются, исходя из реального проектно-го опыта.

BIM-стандарты США. США первыми начали заниматься вопросами стандартизации в области BIM. Связано это прежде всего с наличием большого числа научно-образовательных учреждений, а также ведущих компаний-производителей программных комплексов для строительной отрасли [16, 22]. В отличие от британских стандартов, где государство является основным регулятором процесса, американские нормы ориентированы на непосредственных участников рынка, одним из которых является государство. Отличительной особенностью BIM-стандартов США является то, что в их разработке кроме таких компаний как buildingSMART alliance (bSa) (подразделение некоммерческой неправительственной организации National Institute of Building Sciences (NIBS, Национального института строительных наук) и BIMForum (филиал в США международного консорциума buildingSMART International (bSI)) приняли непосредственное участие ведущие разработчики программного обеспечения в области строительства (Autodesk, Inc., Bentley AECOSim Building и т. д.).

В США первый Национальный BIM-стандарт National BIM Standard – United States (NBIMS-US Version 1) был выпущен еще в 2007 году. В начале 2013 года buildingSMART alliance сформировал Целевую группу по видению NBIMS-US 2021 (VTF), чтобы сосредоточиться на определении, прогнозировании и предположениях о том, что может ожидать строительную отрасль в ближайшие 8–10 лет и, следовательно, как NBIMS-US™ должен выглядеть для поддержки этого будущего. В настоящее время в США действует третья версия стандарта, которая содержит 50 документов и представляет собой настоящую «энциклопедию» BIM [21, 22]. Стандарт охватывает весь

спектр современных BIM-технологий и содержит большое число документов, постоянно развивается и дополняется различными документами, разрабатываемыми заказчиками, научными и научно-образовательными учреждениями, которые отвечают современному уровню развития BIM-технологий в мире.

Стандарт NBIMS-US Version 3 включает три главных раздела:

- обзор используемых стандартов;
- стандарты по обмену данными;
- практические руководства.

Стандарт NBIMS-US V3 охватывает практически весь современный спектр BIM-технологий и представляет собой множество документов, разрабатываемых различными компаниями, и это определяет сложность стандарта и невозможность внесения в него актуальных изменений. Поэтому многие некоммерческие организации заказчиков, научно-образовательные учреждения и другие организации в США выпускают документы, развивающие и дополняющие NBIMS-US V3, или на практике при проектировании используют упрощенные руководства (guides) по BIM. Среди них особо следует отметить следующие [22]:

- ERDCSR-12-2. The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling – Дорожная карта Инженерного корпуса армии США для реализации жизненного цикла BIM);
- The VA BIM Guide – руководство по BIM, разработанное офисом по управлению зданиями и сооружениями Департамента по делам ветеранов США;
- Penn State BIM Planning Guide for Facility Owners. V2 – BIM-руководство для владельцев зданий и сооружений, разработанное университетом штата Пенсильвания совместно с buildingSMART alliance.

Следует подчеркнуть, что лишь США и Великобритания активно развивают свои BIM-стандарты, остальные страны мира, как правило, в основу своих нормативных документов принимают наработки вышеперечисленных стандартов, а иногда даже и практические руководства. В таблице 1 приводится информация о стандартах, описанная в источнике [22] А. В. Скворцовым.

Таблица 1 – Информация о стандартах для BIM в строительстве [22]

Страна, разработчик стандарта	Наименование нормативных документов
Велико-британия	BS 8536-1:2015 Briefing for design and construction — Part 1: Code of practice for facilities management (Buildings infrastructure)
	BS 8536-2:2016 Briefing for design and construction — Part 2: Code of practice for asset management (Linear and geographical infrastructure)
	BS 1192:2007 + A2:2016 Collaborative production of architectural, engineering and construction information – Code of practice
	PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling
	PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling
	BS 1192-4:2014 Collaborative production of information – Part 4: Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie — Code of practice
	PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management
	AEC (UK) BIM Technology Protocol v2.1.1. Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry
	Government Soft Landings
	Digital Built Britain
США	National BIM Standard - United States™ V3
	E203-2013 Building Information Modeling & Digital Data Exhibit
	G201-2013 Project Digital Data Protocol Form
	G202-2013 Project Building Information Modeling Protocol Form
	Level of Development (LOD) Specification 2016
	The Contractor's Guide to BIM
	ERDC SR-12-2. The US Army Corps of Engineers Roadmap for Life-Cycle Building Information Modeling (BIM)
	USACE BIM Minimum Modeling Matrix (M3)
	USACE Advanced Modeling Project Execution Plan (PxP) Template V3.0
	U.S. Air Force BIM Minimum Requirements v2.1
	The VA BIM Guide
	GSA Building Information Modeling Guide Series
	State of Ohio Building Information Modeling Protocol
	Texas Facilities Commission Professional Architectural/Engineering Guidelines
	GSFIC BIM Guide - Series 01 Model Analysis and Validation
	State of Wisconsin DSF BIM Guidelines and Standards for Architects and Engineers
	CoSA BIM Standards
	NYC BIM Guidelines
	Penn State BIM Planning Guide for Facility Owners. V2
	MIT CAD & BIM Guidelines
MIT BIM Execution Plan	
Georgia Tech BIM Requirements & Guidelines for Architects, Engineers and Contractors	
USC BIM Guidelines	
IU BIM Guidelines & Standards for Architects, Engineers, and Contractors	
SDCCD BIM Standards for Architects, Engineers & Contractors	
LACCD Building Information Modeling Standards. Version 4.1	
Канада	BIM PxP Toolkit
	AEC (CAN) BIM Protocol (2012)
Норвегия	Statsbygg Building Information Modelling Manual 1.2.1
	Boligprodusentenes BIM Manual 2.0
Финляндия	HB V770 Modellgrunnlag. Krav til grunnlagsdata og modeller
	Common BIM Requirements 2012
Германия	GAEB DA XML 3.2
Нидерланды	Rgd BIM Standard 1.1
Австралия	NATSPEC National BIM Guide

Продолжение таблицы 1

Страна, разработчик стандарта	Наименование нормативных документов
Новая Зеландия	New Zealand BIM Handbook
Китай (Гонконг)	BIM Project Specification 3.0
	CIC Building Information Modelling Standards (Phase One)
Сингапур	Singapore BIM Guide Version 2.0
	BIM Essential Guide:
	BIM Essential Guide. For BIM Adoption in an Organization
	BIM Essential Guide. For BIM Execution Plan
	BIM Essential Guide. For Architectural Consultants
	BIM Essential Guide. For C & S Consultants
	BIM Essential Guide. For MEP Consultants
BIM Essential Guide. For Contractors	
BIM e-Submission:	
Code of Practice for Building Information Modelling (BIM) e-Submission	
BIM e-Submission Templates	
BIM e-Submission Template Guide	

Стандарты BIM в Российской Федерации. В Российской Федерации к 2021 году в проектировании и строительстве объектов предполагалось обеспечить переход к использованию технологий информационного моделирования (BIM-технологий). Важным шагом на пути внедрения технологий информационного моделирования в России стало внесение в Градостроительный кодекс базовых терминов «информационная модель объекта капитального строительства», «классификатор строительной информации» и «государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности». На основании постановления правительства Российской Федерации от 12 сентября 2020 года № 1416 утверждены правила формирования и ведения классификатора строительной информации и должна осуществляться подготовка ГОСТ «Принципы классификации и кодирования в строительстве». Классификатор строительной информации должен вестись в рамках государственной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ГТСОГД), постановление о которой принято 28 сентября 2020 года (№ 1558). Согласно ему информационная система должна заработать с 1 декабря 2022 года.

В настоящее время в Российской Федерации создается Единая система информационного моделирования, состоящая из 29 стандартов. По линии Технического комитета (ТК) 465 «Строительство» Росстандарта с 2017 г. выполнялась разработка ряда базовых стандартов в области информационного моделирования для строительства в целом. В рамках ответственности ТК 465 планируется перевести все документы на единую сквозную классификацию, систематизировав их следующим образом: основополагающие стандарты (основные положения, общие требования, термины и определения); классификаторы и каталоги; организация данных и правила обмена информацией; процессы информационного моделирования на этапах жизненного цикла зданий и сооружений; промышленные объекты; линейные объекты; безопасность и качество. В базовой группе «основополагающих стандартов» к настоящему времени официально принят ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 «Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений» [42], проекты двух других документов «Единая система информационного моделирования. Основные положения» и «Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы» находятся в разработке. Работа над документами в группе «Классификаторы и каталоги» [42] велась в рамках обновления СП 328.1325800.2017 «Правила описания компонентов информационной модели» и СП 333.1325800.2017 «Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [27, 29]. К настоящему времени введен в действие только обновленный документ СП 328.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» [27], который содержит единые требования, правила и рекомендации по созданию компонентов, используемых для формирования информационных моделей объектов строительства.

Документы по организации данных и правилам обмена информацией представлены следующими сводами правил и стандартами: СП 331.1325800.2017 «Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» [28], СП 404.1325800.2018 «Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования» [30] и СП 481.1325800.2020 «Правила применения в экономически эффективной проектной документации повторного использования и при ее привязке» [33], ГОСТ Р 10.0.02-2019/ ИСО 16739-1:2018 «Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных» [34], ГОСТ Р 10.0.03-2019/ ИСО 294811:2016 «Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат» [35], ГОСТ Р 10.0.04-2019/ ИСО 29481-2:2012 «Справочник по обмену информацией. Часть 2. Структура взаимодействия» [36] и ГОСТ Р 10.0.06-2019/ ИСО 12006-3:2007 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией» [38], ГОСТ Р ИСО 22263-2017 «Модель организации данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией» [39].

Группа нормативных документов для разных этапов жизненного цикла зданий и сооружений укомплектована следующими документами: для этапа строительства – своды правил СП 301.1325800.2017 «Правила организации работ производственно-техническими отделами» [26] и СП 471.1325800.2019 «Контроль качества производства строительных работ» [31], ГОСТ Р 58439.2-2019 «Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 2. Стадия капитального строительства» [43] (в настоящее время недействующий); для стадии эксплуатации – СП 480.1325800.2020 «Требования к формированию информационных моделей объектов капитального строительства для эксплуатации многоквартирных домов» [32] и ГОСТ Р 57311-2016 «Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства» [41].

С января 2022 года формирование и ведение информационной модели объекта в Российской Федерации становится обязательным для заказчика, застройщика, технического заказчика и эксплуатирующей организации. Однако в связи неясностью в плане обязательности исполнения норм существует необходимость в их дальнейшей проработке и совершенствовании.

Внедрение информационного моделирования в строительную отрасль Республики Беларусь

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 № 156 первым приоритетным направлением научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы является «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства», среди которых отмечаются «цифровые пространственные модели, технологии дополненной реальности».

Несмотря на принятие отраслевой программы по разработке и внедрению информационных технологий комплексной автоматизации проектирования и поддержки жизненного цикла здания, сооружения на 2012–2015 годы, утвержденной постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31 января 2012 г. № 4, а также подпункты 3.1, 3.2 пункта 3, подпункт 4.1 пункта 4 квалификационных требований, установленных постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 2 мая 2014 г. № 25 «О некоторых вопросах аттестации юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих отдельные виды архитектурной, градостроительной, строительной деятельности (их составляющие), выполнение работ по обследованию зданий и сооружений», приказ Министерства архитектуры и строительства РБ № 29827 от октября 2014 г. «О применении BIM-технологий в строительстве», а также приказ Министерства архитектуры и строительства РБ № 70 от 16 марта 2018 г. «О внедрении технологии информационного моделирования», к сожалению, в настоящее время не существует комплекса нормативных документов, регламентирующих основные требования по применению BIM в строительстве, кроме требований к проектным и научно-исследовательским организациям по применению программных продуктов определенных производителей, позиционирующих себя в качестве BIM [1]. Однако следует все же отметить, что в Республике

Беларусь с 1 марта 2016 года введен СТБ 12911-2015 «Основные положения руководства по информационному моделированию зданий», разработанный на основе международного стандарта ISO 12911-2012 «Framework for building information modeling guidance», который устанавливает основы, определяющие технические условия для внедрения BIM. Также приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 16 марта 2018 г. № 70 утвержден план внедрения технологического информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, согласно которому к 2022 году должен быть разработан национальный BIM-стандарт в области строительства. Кроме того, во исполнение Директивы Президента Республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 8 «О приоритетных направлениях развития строительной отрасли» по поручению Министерства строительства и архитектуры РУП «Белстройцентр» разрабатывает подсистему «Библиотека базовых элементов» государственной информационной системы «Госстройпортал», целью создания которой является предоставление базовых элементов участникам жизненного цикла объекта строительства на всех его этапах и информационное обеспечение участников инвестиционного процесса сведениями о строительных материалах, изделиях, оборудовании и конструкциях, применяемых на территории Республики Беларусь.

В настоящее время в строительных и проектных компаниях Республики Беларусь BIM-технологии применяются в недостаточной степени, что снижает значимость строительной отрасли в структуре цифровой экономики. В этой связи существует несколько сценариев внедрения BIM-технологий в строительных компаниях [17, 18, 20, 21]:

1. Внедрение собственными силами сотрудников компании, которые при этом не освобождаются от текущей проектной деятельности. В этом случае информационная модель создается лишь по некоторым направлениям работы компании (например, архитектура, конструкции, инженерные сети и т. д.).
2. Внедрение собственными силами компании при технической и консультационной поддержке со стороны поставщиков программного обеспечения, но при этом сценарии появляются дополнительные расходы, связанные с получением рекомендаций по новой организации функционирования компании.
3. Внедрение собственными силами с привлечением в штат новых специалистов или сотрудников сторонней организации, владеющих BIM-технологиями. Эффективность этого сценария во многом зависит от квалификации и компетентности привлеченных специалистов и собственных сотрудников, что, несомненно, приводит к увеличению степени внедрения BIM-технологий, но при этом не может быть обеспечен полный переход к информационному моделированию всеми сотрудниками. Данный сценарий несомненно имеет определенные финансовые затраты, однако является наиболее эффективным и перспективным. Высококвалифицированными специалистами осуществляется обучение ведущих сотрудников, которые в будущем смогут обеспечить приобретение BIM-компетенций всеми сотрудниками компании. Кроме того, привлеченные сотрудники сторонних организаций смогут выполнить пилотный проект с созданием информационной модели по всем направлениям деятельности компании, а также автоматизированным получением полного комплекта проектной документации.

На наш взгляд, роль таких организаций могут выполнять специализированные структурные подразделения высших учебных заведений строительного профиля. В частности, осуществление такой стратегии является одним из перспективных направлений деятельности отраслевой лаборатории «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве», созданной 22 марта 2021 года на базе учреждения образования «Брестский государственный технический университет» при поддержке Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь и Министерства образования Республики Беларусь.

Для активного продвижения BIM-технологий недостаточно иметь развитые САПР, необходимо наличие кадров, способных эффективно их использовать. В связи с этим актуальна разработка соответствующей системы повышения квалификации, а также подготовки специалистов в вузах. Необходимо понимать, что суть технологий информационного моделирования заключается не в использовании современных САПР. BIM-технологии – это совершенно новый подход к самому процессу проектирования. И несмотря на то, что переход к BIM-проектированию –

это вопрос будущего, готовить специалистов в этой области необходимо уже сегодня. Естественно, что в условиях отсутствия соответствующей нормативной базы подготовка новых образовательных стандартов затруднена. Тем не менее, необходимо внедрять в учебный процесс наиболее важные принципы и понятия новых технологий в проектировании, демонстрировать студентам потенциал современного программного обеспечения и эффективные способы его использования.

Существует несколько вариантов внедрения BIM-технологий в образовательный процесс:

- применение методов информационного моделирования в рамках научно-исследовательской работы студентов;
- включение вопросов BIM-технологий в учебные программы специальных дисциплин (в том числе в результате внедрения результатов НИРС в учебный процесс);
- включение в учебные планы специальностей факультативного курса или отдельной дисциплины по информационному моделированию;
- разработка новых образовательных стандартов и учебных планов, обеспечивающих комплексный подход, включающий применение информационного моделирования при изучении целого ряда учебных дисциплин.

Очевидно, что последний вариант является наиболее сложным, но, вместе с тем, и самым эффективным.

Заключение

Современные реалии в области информационного моделирования зданий и сооружений определяют большое число сложных задач и нерешенных вопросов, но вместе с тем открывают широкие возможности для новых научных исследований и достижений.

Рассмотрев особенности мирового опыта нормирования BIM в строительстве, можно выделить ряд общих тенденций, которые полезно учесть при разработке национального документа в области информационного моделирования:

1. Несмотря на то, что BIM-проектирование предполагает переход к совершенно новым методам работы, что связано с дополнительными затратами времени, труда и финансов, только такой подход является единственно эффективным для обеспечения конкурентоспособности строительной отрасли Республики Беларусь на мировом рынке.
2. В мировой практике в строительной индустрии за последние полвека накоплен значительный практический опыт применения BIM-технологий, отраженный в национальных стандартах ряда ведущих стран, таких как Великобритания, США, Китай и др. В связи с этим, прежде чем перейти к техническому регламентированию, необходимо тщательно обобщить имеющийся опыт реализации BIM-технологий и использовать его применительно к особенностям строительной отрасли Республики Беларусь. Очевидно, что особую роль в процессе внедрения BIM-технологий должно играть государство, в первую очередь, при разработке нормативных документов, экспертизе и контроле, а также при формировании государственного заказа на BIM-проектирование. Следствием данных процессов должна стать разработка отечественных программных продуктов для информационного моделирования (в качестве примера может служить российская BIM-система для проектирования Renga фирмы АСКОН).
3. Внедрение BIM-проектирования требует глубокого реформирования технического образования, разработки новых образовательных стандартов и учебных программ, учитывающих идеологически новый подход к проектированию и строительству.
4. Существует определенное разнообразие программного обеспечения на проектном рынке строительной отрасли (ArchiCAD, MagiCAD, Tekla Structures, Revit, Allplan, Renga (АСКОН) и др.). Каждый из продуктов имеет свои плюсы и минусы и может быть адаптирован для обучения студентов конкретных специальностей. Очевидно, что наиболее развитые САПР имеют зарубежное происхождение, что снижает информационную безопасность страны. Поэтому весьма важно создание отечественных BIM-инструментов, учитывающих особенности проектных организаций Республики Беларусь, а также BIM-решений для специальных проектных задач, в том числе с использованием имеющейся базы отечественных типовых решений, что откроет широкие возможности для научных исследований в этой области.

5. Применение технологий информационного моделирования зданий и сооружений является одним из приоритетных направлений развития строительной отрасли в Республике Беларусь. Для эффективного их внедрения необходимо создание национальных BIM-стандартов, учитывающих как зарубежные нормативные документы, так и отечественный опыт BIM-проектирования. При этом важным является не только реформирование строительной отрасли с учетом современных информационных технологий, но и системы образования, обеспечивающей ее высококвалифицированными специалистами.

Список цитированных источников

1. Стадии развития и оценка качества BIM-технологий / Н. Н. Шалобыта [и др.] // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) : сборник статей III Международной научно-технической конференции, Брест, 29–30 марта 2019 года / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Строительный факультет, ООО "Лири САПР", ООО "ПСС-SOFISTIK", ОДО "БрестКАД", ООО "Проект-наука" ; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – С. 9–16.
2. Сковрцов, А. В. BIM для автомобильных дорог: оценка зрелости технологии / А. В. Сковрцов // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 2(3). – С. 12–21.
3. Акулова, О. А. Роль параметрического моделирования при изучении студентами строительных специальностей BIM-технологий в проектировании / О. А. Акулова, В. П. Уласевич, Н. Н. Шалобыта // Теория и практика исследований и проектирования в строительстве с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) : сборник статей Международной научно-технической конференции, Брест, 30–31 марта 2017 года / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет (строительный факультет), ООО "Лири САПР", ООО "ПСС-SOFISTIK", ОДО "БрестКАД" ; редкол.: С. М. Семенюк [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2017. – С. 3–7.
4. Сковрцов, А. В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? / А. В. Сковрцов // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 1(2). – С. 8–11.
5. Yin, R. K. Case Study Research: Design and Methods / Robert K. Yin. – 2nd edition. – California : Sage Publications, 1994. – 171 p.
6. National Building Information Modelling Standard. Version 1 – Part 1. Overview, Principles and Methodologies : final report, December 2007 / National Institute of Building Sciences. – United States : buildingSMARTalliance, 2007. – 182 p.
7. Succar, B. Building Information Modeling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders / B. Succar // Automation in Construction. – 2009. – Vol. 18 (3). – P. 357–375.
8. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information Modeling : PAS 1192-2:2013. – 2013. – 68 p.
9. Going BIM in a Commercial World / M. Bew [et al.] // eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: European Conferences on Product and Process Modeling (ECCPM 2008). Sophia Antipolis. France. – P. 139–150.
10. BS 1192:2007+A1:2015. Совместное производство архитектурной, инженерной и конструкторской информации – нормы и правила; официальный перевод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://web.archive.org/web/20160815201149/http://brownie-soft.com/uploads/files/BS_1192_2007_new_ru_demo.pdf. – Дата доступа: 20.03.2021.
11. National BIM Report 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019>. – Дата доступа: 20.03.2021.
12. National BIM Standard – United States. Version 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://classes.engr.oregonstate.edu/cce/winter2018/cce203/NBIMS-US_V3/NBIMS-US_V3_Acknowledgments.pdf. – Дата доступа: 20.03.2021.
13. NBS National BIM Library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nationalbimlibrary.com>. – Дата доступа: 20.03.2021.
14. Singapore BIM Guide. Version 2. Building and Construction Authority [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf. – Дата доступа: 20.03.2021.
15. Баранник, С. В. Обзор британских стандартов семейства PAS 1192 / С. В. Баранник // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2016. – № 1(6). – С. 24–27.

16. Бараник, С. В. Обзор практических документов национального BIM-стандарта США NBIMS-US V3 / С. В. Бараник // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2017. – № 1(8). – С. 4–8.
17. Вилисова, А. Д. Анализ сценариев внедрения BIM-технологии в строительных компаниях / А. Д. Вилисова, Л. И. Миронова // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы IV Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет ; под общ. ред. А. А. Семенова. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2021. – С. 99–105.
18. Гиря, Л. В. Применение BIM-технологий в практике эксплуатации зданий и сооружений / Л. В. Гиря, Г. П. Трофимов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы IV Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет ; под общ. ред. А. А. Семенова. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2021. – С. 113–119.
19. Гурьева, Ю. А. BIM-технологии в строительном комплексе: зарубежный и отечественный опыт / Ю. А. Гурьева // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы III Международной научно-практической конференции / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2020. – С. 60–68.
20. Внедрение BIM-технологий в строительстве / А. М. Горшков [и др.] // Alfabuild. – 2019. – № 4(11). – С. 70–81.
21. Кисель, Е. И. Особенности внедрения BIM-технологий на инвестиционной стадии жизненного цикла объектов строительства / Е. И. Кисель, Л. Г. Срывкина // Организация строительного производства : материалы II Всероссийской научной конференции, 4–5 февраля 2020 г. / Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2020. – С. 70–84.
22. Скорцов, А. В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM / А. В. Скорцов // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2016. – № 2(7). – С. 4–48.
23. Талапов, В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. – М. : ДМК Пресс, 2015. – 412 с.
24. Талапов, В. В. Технология BIM: стандарты, классификаторы и уровни зрелости / В. В. Талапов // САПР и графика. [Электронный ресурс]. – 2015. – № 2. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/24774>. – Дата доступа: 20.03.2021.
25. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modeling : PAS 1192-3:2014. – 2014. – 44 p.
26. Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами : СП 301.1325800.2017. – Введен 2018-03-02. – М. : Стандартинформ, 2017. – 23 с.
27. Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели : СП 328.1325800.2020. – Введен 2021-07-01. – М. : Стандартинформ, 2021. – 13 с.
28. Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах : СП 331.1325800.2017. – Введен 2018-03-19. – М. : Стандартинформ, 2018. – 32 с.
29. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла : СП 333.1325800.2020. – Введен 2021-07-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 226 с.
30. Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования : СП 404.1325800.2018. – Введен 2019-06-18. – М. : Стандартинформ, 2019. – 28 с.
31. Информационное моделирование в строительстве. Контроль качества производства строительных работ : СП 471.1325800.2019. – Введен 2020-06-25. – М. : Стандартинформ, 2020. – 66 с.
32. Информационное моделирование в строительстве. Требования к формированию информационных моделей объектов капитального строительства для эксплуатации многоквартирных домов : СП 480.1325800.2020. – Введен 2020-07-15. – М. : Стандартинформ, 2020. – 12 с.
33. Информационное моделирование в строительстве. Правила применения в экономически эффективной проектной документации повторного использования и при ее привязке : СП 481.1325800.2020. – Введен 2020-07-18. – М. : Стандартинформ, 2020. – 12 с.
34. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных : ГОСТ Р 10.0.02-2019/ ИСО 16739-1:2018. – Введен 2019-09-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 27 с.
35. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 1. Методология и формат : ГОСТ Р 10.0.03-2019/ ИСО 29481-2:2016. – Введен 2019-09-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 32 с.
36. Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией. Часть 2. Структура взаимодействия : ГОСТ Р 10.0.04-2019/ ИСО 29481-2:2012. – Введен 2019-09-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 78 с.
37. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 2. Основные принципы классификации : ГОСТ Р 10.0.05-2019/ ИСО 12006-2:2015. – Введен 2019-09-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 24 с.
38. Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Строительство зданий. Структура информации об объектах строительства. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией : ГОСТ Р 10.0.06-2019/ ИСО 12006-3:2007. – Введен 2019-09-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 36 с.
39. Модель организации данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией : ГОСТ Р ИСО 22263-2017. – Введен 2017-10-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 16 с.
40. Системы дизайн-менеджмента. Руководство по дизайн-менеджменту в строительстве : ГОСТ Р 57295-2016. – Введен 2018-01-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 32 с.
41. Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства : ГОСТ Р 57311-2016. – Введен 2017-07-01. – М. : Стандартинформ, 2018. – 8 с.
42. Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений : ГОСТ Р 57563-2017/ ИСО/ TS 12911:2012. – Введен 2017-10-01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 33 с.
43. Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 2. Стадия капитального строительства : ГОСТ Р 58439.2-2019. – Введен 2019-09-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 24 с.
44. Планирование срока службы объектов строительства. Часть 4. Планирование срока службы с использованием информационного моделирования : ГОСТ Р 58907-2020. – Введен 2021-01-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 31 с.

References

1. Stadii razvitiya i ocenka kachestva BIM-tehnologij / N. N. Shalobyta [i dr.] // Teoriya i praktika issledovanij i proektirovaniya v stroitel'stve s primeneniem sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya (SAPR) : sbornik statej III Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, Brest, 29–30 marta 2019 goda / Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Brestskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, Stroitel'nyj fakul'tet, OOO "Lira SAPR", OOO "PSS-SOFISTIK", ODO "BrestKAD", OOO "Proekt-nauka" ; redkol.: N. N. Shalobyta [i dr.]. – Brest : BrGTU, 2019. – S. 9–16.
2. Skvorcov, A. V. BIM dlya avtomobil'nyh dorog: ocenka zrelosti tekhnologii / A. V. Skvorcov // SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. – 2014. – № 2(3). – S. 12–21.
3. Akulova, O. A. Rol' parametricheskogo modelirovaniya pri izuchenii studentami stroitel'nyh special'nostej BIM-tehnologij v proektirovanii / O. A. Akulova, V. P. Ulasevich, N. N. Shalobyta // Teoriya i praktika issledovanij i proektirovaniya v stroitel'stve s primeneniem sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya (SAPR) : sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, Brest, 30–31 marta 2017 goda / Ministerstvo obrazovaniya Respubliki Belarus', Brestskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet (stroitel'nyj fakul'tet), OOO "Lira SAPR", OOO "PSS-SOFISTIK", ODO "BrestKAD" ; redkol.: S. M. Semenyuk [i dr.]. – Brest : BrGTU, 2017. – S. 3–7.
4. Skvorcov, A. V. BIM dlya dorozhnoj otrasli: chto-to novoe ili my etim uzhe zanimaemsa? / A. V. Skvorcov // SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. – 2014. – № 1(2). – S. 8–11.
5. Yin, R. K. Case Study Research: Design and Methods / Robert K. Yin. – 2nd edition. – California : Sage Publications, 1994. – 171 p.

6. National Building Information Modelling Standard. Version 1 – Part 1. Overview, Principles and Methodologies : final report, December 2007 / National Institute of Building Sciences. – United States : buildingSMARTalliance, 2007. – 182 p.
7. Succar, B. Building Information Modeling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders / B. Succar // Automation in Construction. – 2009. – Vol. 18 (3). – P. 357–375.
8. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information Modeling : PAS 1192-2:2013. – 2013. – 68 p.
9. Going BIM in a Commercial World / M. Bew [et al.] // eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: European Conferences on Product and Process Modeling (ECCPM 2008). Sophia Antipolis. France. – P. 139–150.
10. BS 1192:2007+A1:2015. Sovmestnoe proizvodstvo arhitekturnoj, inzhenernoj i konstruktorskoj informacii – normy i pravila; oficial'nyj perevod [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://web.archive.org/web/20160815201149/http://brownie-soft.com/uploads/files/-BS_1192_2007_new_ru_demo.pdf. – Data dostupa: 20.03.2021.
11. National BIM Report 2019 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2019>. – Data dostupa: 20.03.2021.
12. National BIM Standard – United States. Version 3 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://classes.engr.oregonstate.edu/~cce/winter2018/cce203/NBIMS-US_V3/NBIMS-US_V3_Acknowledgments.pdf. – Data dostupa: 20.03.2021.
13. NBS National BIM Library [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.nationalbimlibrary.com>. – Data dostupa: 20.03.2021.
14. Singapore BIM Guide. Version 2. Building and Construction Authority [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf. – Data dostupa: 20.03.2021.
15. Barannik, S. V. Obzor britanskikh standartov semejstva PAS 1192 / S. V. Barannik // SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. – 2016. – № 1(6). – S. 24–27.
16. Barannik, S. V. Obzor prakticheskikh dokumentov nacional'nogo BIM-standarta SSHA NBIMS-US V3 / S. V. Barannik // SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. – 2017. – № 1(8). – S. 4–8.
17. Vilisova, A. D. Analiz scenarijev vnedreniya BIM-tehnologii v stroitel'nyh kompaniyah / A. D. Vilisova, L. I. Mironova // BIM-modelirovanie v zadachah stroitel'stva i arhitektury : materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet ; pod obshch. red. A. A. Semenova. – Sankt-Peterburg : SPbGASU, 2021. – S. 99–105.
18. Giroya, L. V. Primenenie BIM-tehnologii v praktike ekspluatatsii zdaniy i sooruzhenij / L. V. Giroya, G. P. Trofimov // BIM-modelirovanie v zadachah stroitel'stva i arhitektury : materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet ; pod obshch. red. A. A. Semenova. – Sankt-Peterburg : SPbGASU, 2021. – S. 113–119.
19. Gur'eva, Yu. A. BIM-tehnologii v stroitel'nom komplekse: zarubezhnyj i otechestvennyj opyt / Yu. A. Gur'eva // BIM-modelirovanie v zadachah stroitel'stva i arhitektury : materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii / Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. – Sankt-Peterburg : SPbGASU, 2020. – S. 60–68.
20. Vnedrenie BIM-tehnologii v stroitel'stvo / A. M. Gorshkov [i dr.] // Alfabuild. – 2019. – № 4(11). – S. 70–81.
21. Kisel', E. I. Osobennosti vnedreniya BIM-tehnologii na investitsionnoj stadii zhiznennogo cikla ob'ektov stroitel'stva / E. I. Kisel' L. G. Srykina // Organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva : materialy II Vserossijskoj nauchnoj konferencii, 4–5 fevralya 2020 g. / Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. – Sankt-Peterburg : SPbGASU, 2020. – S. 70–84.
22. Skvorcov, A. V. Obzor mezhdunarodnoj normativnoj bazy v sfere BIM / A. V. Skvorcov // SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. – 2016. – № 2(7). – S. 4–48.
23. Talapov, V. V. Tekhnologiya BIM. Sut' i osobennosti vnedreniya informacionnogo modelirovaniya zdaniy / V. V. Talapov. – M.: DMK Press, 2015. – 412 s.
24. Talapov, V. V. Tekhnologiya BIM: standarty, klassifikatory i urovni zrelosti / V. V. Talapov // SAPR i grafika. – 2015. – № 2 [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://sapr.ru/article/24774>. – Data dostupa: 20.03.2021.
25. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modeling : PAS 1192-3:2014. – 2014. – 44 p.
26. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila organizatsii rabot proizvodstvenno-tehnicheskimi otdelami : SP 301.1325800.2017. – Vveden 2018-03-02. – M.: Standartinform, 2017. – 23 s.
27. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila opisaniya komponentov informacionnoj modeli : SP 328.1325800.2020. – Vveden 2021-07-01. – M.: Standartinform, 2021. – 13 s.
28. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila obmena mezhdru informacionnymi modelyami ob'ektov i modelyami, ispol'zuemymi v programmyh kompleksah : SP 331.1325800.2017. – Vveden 2018-03-19. – M.: Standartinform, 2018. – 32 s.
29. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila formirovaniya informacionnoj modeli ob'ektov na razlichnyh stadiyah zhiznennogo cikla : SP 333.1325800.2020. – Vveden 2021-07-01. – M.: Standartinform, 2020. – 226 s.
30. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila razrabotki planov proektov, realizuemyh s primeneniem tekhnologii informacionnogo modelirovaniya : SP 404.1325800.2018. – Vveden 2019-06-18. – M.: Standartinform, 2019. – 28 s.
31. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Kontrol' kachestva proizvodstva stroitel'nyh rabot : SP 471.1325800.2019. – Vveden 2020-06-25. – M.: Standartinform, 2020. – 66 s.
32. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Trebovaniya k formirovaniyu informacionnyh modelej ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva dlya ekspluatatsii mnogokvartirnyh domov : SP 480.1325800.2020. – Vveden 2020-07-15. – M.: Standartinform, 2020. – 12 s.
33. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila primeneniya v ekonomicheski effektivnoj proektnoj dokumentatsii povtornogo ispol'zovaniya i pri ee privyazke : SP 481.1325800.2020. – Vveden 2020-07-18. – M.: Standartinform, 2020. – 12 s.
34. Otrasleyve bazovye klassy (IFC) dlya obmena i upravleniya dannymi ob ob'ektah stroitel'stva. Chast' 1. Skhema dannyh : GOST R 10.0.02-2019/ ISO 16739-1:2018. – Vveden 2019-09-01. – M.: Standartinform, 2019. – 27 s.
35. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Spravochnik po obmenu informaciej. Chast' 1. Metodologiya i format : GOST R 10.0.03-2019/ISO 294811:2016. – Vveden 2019-09-01. – M.: Standartinform, 2019. – 32 s.
36. Informacionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Spravochnik po obmenu informaciej. Chast' 2. Struktura vzaimodejstviya : GOST R 10.0.04-2019/ISO 29481-2:2012. – Vveden 2019-09-01. – M.: Standartinform, 2019. – 78 s.
37. Sistema standartov informacionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzhenij. Stroitel'stvo zdaniy. Struktura informacii ob ob'ektah stroitel'stva. Chast' 2. Osnovnye principy klassifikacii : GOST R 10.0.05-2019/ISO 12006-2:2015. – Vveden 2019-09-01. – M.: Standartinform, 2019. – 24 s.
38. Sistema standartov informacionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzhenij. Stroitel'stvo zdaniy. Struktura informacii ob ob'ektah stroitel'stva. Chast' 3. Osnovy obmena ob'ektno-orientirovannoj informaciej : GOST R 10.0.06-2019/ISO 12006-3:2007. – Vveden 2019-09-01. – M.: Standartinform, 2019. – 36 s.
39. Model' organizatsii dannyh o stroitel'nyh rabotah. Struktura upravleniya proektnoj informaciej : GOST R ISO 22263-2017. – Vveden 2017-10-01. – M.: Standartinform, 2018. – 16 s.
40. Sistemy dizajn-menedzhmenta. Rukovodstvo po dizajn-menedzhmentu v stroitel'stve : GOST R 57295-2016. – Vveden 2018-01-01. – M.: Standartinform, 2020. – 32 s.
41. Modelirovanie informacionnoe v stroitel'stve. Trebovaniya k ekspluatatsionnoj dokumentatsii ob'ektov zavershennogo stroitel'stva : GOST R 57311-2016. – Vveden 2017-07-01. – M.: Standartinform, 2018. – 8 s.
42. Modelirovanie informacionnoe v stroitel'stve. Osnovnye polozheniya po razrabotke standartov informacionnogo modelirovaniya zdaniy i sooruzhenij : GOST R 57563-2017/ISO/TS 12911:2012. – Vveden 2017-10-01. – M.: Standartinform, 2017. – 33 s.
43. Organizatsiya informacii ob ob'ektah kapital'nogo stroitel'stva. Informacionnyj menedzhment v stroitel'stve s ispol'zovaniem tekhnologii informacionnogo modelirovaniya. Chast' 2. Stadiya kapital'nogo stroitel'stva : GOST R 58439.2-2019. – Vveden 2019-09-01. – M.: Standartinform, 2019. – 24 s.
44. Planirovanie sroka sluzhby ob'ektov stroitel'stva. Chast' 4. Planirovanie sroka sluzhby s ispol'zovaniem informacionnogo modelirovaniya : GOST R 58907-2020. – Vveden 2021-01-01. – M.: Standartinform, 2020. – 31 s.

Материал поступил в редакцию 10.02.2022