

УДК 338

Н. В. Князева, В. А. Епифанов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва,
email: KniazevaNinV@mpei.ru

РАЗРАБОТКА ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЕГО НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ АКТИВАМИ

Ключевые слова: непроизводственные активы, информационная модель, управление активами, BIM-технологии, промышленные предприятия.

Целью данного исследования является поиск возможных путей создания единой цифровой модели промышленного предприятия для повышения эффективности управления его непроизводственными активами. В статье проведен подробный анализ различных информационных систем, применяемых на всех стадиях жизненного цикла непроизводственных активов промышленного предприятия, начиная с прединвестиционных исследований и заканчивая стадиями эксплуатации и ликвидации. Авторами предложена единая информационная модель активов предприятия, основанная на интеграции ERP-системы предприятия и BIM-моделей его зданий и сооружений. Описаны этапы и участники процесса создания единой информационной модели на предприятии.

N. V. Kniazeva, V. A. Epifanov

National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow,
email: KniazevaNinV@mpei.ru

INDUSTRIAL ENTERPRISE UNIFIED INFORMATION MODEL DEVELOPMENT IN ORDER TO NON-PRODUCTION ASSETS MANAGEMENT EFFICIENCY INCREASE

Keywords: non-production assets, information model, asset management, BIM, industrial enterprises.

The purpose of this study is to find possible ways to create a unified information model of an industrial enterprise with an emphasis on its non-production assets. The article provides a detailed analysis of various information systems used at all stages of the industrial enterprise non-production assets life cycle: pre-design, design, construction, operation and liquidation. The authors proposed a unified information model of enterprise assets based on the integration of ERP-system and building information models. The stages and participants in the process of creating a unified information model at the enterprise are described.

На сегодняшний день информационные технологии завоевали устойчивые позиции во многих секторах экономики, в том числе на промышленных предприятиях и в строительной отрасли.

В процессе управления промышленным предприятием одной из актуальных проблем становится анализ эффективности управления его активами. В условиях рыночной экономики активы являются дорогостоящим товаром, который формирует основную часть рыночной стоимости предприятия как имущественного комплекса. В свою очередь основная доля стоимости активов предприятия приходится на здания и сооружения как производственного назначения (в которых располагаются основные производственные мощности), так и не-

производственного (административные, вспомогательные, жилые здания). В данной ситуации наиболее целесообразным становится построение на предприятии системы управления, которая с одной стороны будет использовать все возможности современного развития информационных технологий, а с другой – предусматривать подсистему управления зданиями и сооружениями.

К одной из наиболее актуальных тенденций использования ИТ в проектировании и строительстве можно отнести информационное моделирование зданий (Building Information Modeling, BIM), предполагающее использование и развитие единой информационной модели здания на всех этапах его жизненного цикла. Процессы проектирования и воз-

ведения объекта при современной концепции строительства, как правило, выполняются параллельно, что определяет необходимость интенсивного обмена результатами работы между проектными и строительными организациями, зачастую географически удаленными друг от друга и использующими несовместимые компьютерные платформы и программные средства. Взаимодействие участников может быть эффективным, только если оно базируется на единой информационной модели объекта, которая характеризуется единым информационным пространством, обеспечивающим совместное использование информации всеми участниками проекта – заказчика как будущего владельца здания/сооружения и исполнителями (проектными и строительными компаниями).

В настоящее время развитие BIM-технологий в строительстве поддерживается на государственном уровне. Так, в соответствии с поручением президента РФ (ПР-1235 от 19.07.2018 года) в целях модернизации строительной области и повышения качества строительства предполагается постепенный переход к системе управления жизненным циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологий информационного моделирования. Это обуславливает применение разработку типовых моделей системы управления (проектной, строительной, эксплуатационной и утилизационной) и принятие стандартов информационного моделирования, а также гармонизацию ранее принятых нормативно-технических документов с международным и российским законодательством. В дорожной карте перехода строительной отрасли к BIM присутствует также подготовка специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве и стимулирование разработки и использования отечественного программного обеспечения для информационного моделирования зданий и сооружений.

Понятие информационного моделирования и информационной модели появилось в Градостроительном кодексе, кроме того, внедрение информационного моделирования в строительстве входит также в число приоритетных задач

национального проекта «Жилье и городская среда»[1].

Однако в настоящий момент BIM-технологии наиболее востребованы строителями на этапах проектирования и строительства, нежели собственниками зданий в дальнейшем. Наиболее продолжительный период жизненного цикла объекта – период эксплуатации оказывается наименее охваченным с точки зрения использования информационных технологий для повышения эффективности управления.

Еще одной характерной чертой развития IT сегодня является наметившийся тренд создания цифровых двойников промышленной продукции, цехов, узлов оборудования и предприятий в целом. Цифровой двойник предприятия должен зеркально отражать реальное состояние компании и, как следствие, включать в себя электронные модели всех видов активов, в том числе и объектов недвижимости.

Все это обуславливает необходимость дальнейшего внедрения информационных технологий на промышленных предприятиях для эффективного управления активами, выбора стратегий обновления и разработки инвестиционных решений, которые являются актуальными задачами на современном этапе развития науки и практики, требующими новых нестандартных решений.

Цель исследования

Целью данного исследования является поиск возможных путей создания единой цифровой модели промышленного предприятия для повышения эффективности управления его непроизводственными активами. Достижение указанной цели в рамках данной статьи предполагает решение 3 основных задач:

1) подробный анализ различных информационных систем, применяемых на всех стадиях жизненного цикла непроизводственных активов промышленного предприятия: предынвестиционные исследования, разработка проекта, строительство, эксплуатация и ликвидация;

2) определение принципа построения информационной модели непроизводственных активов промышленного предприятия;

3) описание этапов и участников процесса создания единой информационной модели на промышленном предприятии.

Материал и методы исследования

Материалами для исследования служили стандарты и нормативные акты РФ, работы российских ученых в области информационного моделирования и BIM, официальные сайты разработчиков информационных систем, применяемых в процессе создания и эксплуатации промышленных зданий.

В качестве методов исследования в работе использованы методы анализа и синтеза, принципы системного подхода. Предлагаемая информационная модель представляет собой информационную систему, построенную на основе интеграции ERP-системы предприятия и BIM-моделей его зданий и сооружений. Соединение двух важных элементов предприятия (финансового и технического управления) в единую систему позволит достичь свойства эмерджентности – значительного увеличения эффективности.

Результаты исследования и их обсуждение

Полный спектр задач, решаемых с помощью современных информационных технологий, чрезвычайно богат, и программ, предназначенных для этого, разработано достаточно много. По своему назначению ИТ в строительстве и управлении зданиями/сооружениями можно разделить на:

- системы автоматического проектирования;
- системы подготовки проектно-сметной документации;
- информационные системы нормативно-технической документации;
- информационные системы управления проектами;
- автоматизированные системы управления предприятием (ERP-системы);
- системы управления зданием (BMS);
- PLM системы и технологии информационного моделирования в строительстве (BIM).

До массового внедрения графических компьютерных программ все ин-

женерные расчеты производились с помощью арифмометров и логарифмических линеек, а полученная проектная документация хранилась на бумажных носителях. Эту ситуацию коренным образом изменили САПР (Системы Автоматизации Проектных Работ). Аббревиатура САПР является синонимом английского понятия CAD (Computer Aided Design – проектирование с помощью ЭВМ). Таким образом, САПР – это организационно-техническая система, предназначенная для выполнения проектной деятельности с применением вычислительной техники, позволяющая создавать конструкторскую и/или технологическую документацию. Сегодня существует огромное множество различных САД-систем, наиболее известными из которых на российском рынке являются AutoCAD [2], ArchiCAD [3], КОМПАС [4].

Начало 20-го века ознаменовалось появлением и активным развитием новых концепций автоматизации, получивших название PLM (Product Lifecycle Management – управление информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла) и ERP (Enterprise Resource Planning – управление ресурсами компании).

ERP-системы применяются в основном для решения финансовых задач компании (управление финансовыми ресурсами, взаимодействие с партнерами и т.д.) и позволяют подготовить всю необходимую финансовую отчетность, при этом существенно снизить бумажный документооборот между подразделениями организации и минимизировать количество ошибок [5]. Самыми распространенными на сегодня ERP-системами на российских предприятиях, пожалуй, являются решения от компаний 1С [6] и SAP AG [7].

Что касается PLM-систем, то они являются логическим развитием САД-технологий. Если в период своего возникновения САПР предназначались для автоматизации подготовки графической документации (как промышленных изделий, так и строительных объектов), то на современном этапе развития в основе таких информационных систем лежит создание компьютерной (цифровой) модели (ЦМ) объекта. Сегодня проекти-

ровщик (основной пользователь информационной системы) создает не просто графический чертеж (набор графических примитивов), а электронную копию проектируемого объекта. Цифровая модель объекта – это табличная форма представления объекта проектирования, в которой приводятся все данные о нем и его элементах (например, данные о стенах, колоннах, окнах, проемах, лестницах, перекрытиях, коммуникациях и т. д.).

Так, согласно ГОСТу 2.052-2006, **Электронная модель изделия (ЭМИ)** – это набор данных, которые определяют свойства, необходимые для изготовления, контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия. В электронной модели кроме модели изображения объекта хранятся все характеристики объекта, которые могут потребоваться специалистам разного профиля – технологам, сметчикам, бухгалтерии и пр.

Product Lifecycle Management, PLM (впервые введенное CIMdata) – стратегический подход к ведению бизнеса, при котором используется набор совместимых решений для поддержки единого представления информации о продукте начиная от концепции создания продукта и заканчивая его утилизацией – с одновременной интеграцией людских ресурсов, процессов и информации.

Таким образом, речь идет о новом подходе к стратегии создания сложных инженерных объектов, который базируется на едином централизованном представлении информации об изделии на всех этапах жизненного цикла этого объекта. Отличительной и важной характеристикой этой информации является её актуальность, достоверность и доступность всему кругу заинтересованных участников расширенного предприятия, к которым относятся основной производитель продукта, инвесторы, поставщики, субподрядчики, заказчики и потребители.

С точки зрения информационных технологий PLM – это совокупность информационных систем, решающая задачи формирования инженерных данных (средствами CAD/CAM/CAE/CAPP) об изделии и задачи управления информацией о продукте, обеспечивая интегрирующую основу, способную ре-

ализовать идеи, приведённые в определении PLM.

Сложные инженерные объекты, такие как объекты недвижимости, в составе информационной модели должны аккумулировать данные строительной составляющей объекта, данные, связанные с экономикой жизненного цикла, эксплуатационные данные, а также комплекс информации, необходимый при утилизации. [8]

Развитие технологии создания цифровой модели объекта (PLM) в строительном проектировании привело к появлению новой передовой технологии – информационному моделированию зданий (Building Information Modeling, BIM), применяемому на всех этапах жизненного цикла строительной продукции. Таким образом, на смену информационной поддержке отдельных этапов создания строительного объекта пришли CALS-технологии (Continuous Acquisition and LifeCycle Support), которые призваны обеспечить информационную поддержку жизненного цикла строительных объектов.

Очень важно, что после завершения строительства жизнь и изменения информационной модели здания не заканчиваются, поскольку информационная модель после строительства передается эксплуатирующей здание организации, которая должна вносить в модель всю информацию о том, какие изменения происходят со зданием, в том числе обо всех ремонтах и заменах деталей или оборудования. В идеальном варианте в передаваемой эксплуатирующей организации BIM-модели здания уже должны содержаться сведения о том, где, когда и какие регламентные работы по обслуживанию здания и установленного в нем оборудования обязана проводить эксплуатирующая организация [9].

Однако в настоящий момент BIM-технологии наиболее востребованы строителями на этапах проектирования и строительства, нежели собственниками зданий в дальнейшем. Наиболее продолжительный период жизненного цикла объекта – период эксплуатации оказывается наименее охваченным с точки зрения использования информационных технологий для повышения эффективности управления.

Таблица 1

Применение ИС в жизненном цикле зданий и сооружений

| Этап ЖЦ строительного объекта | Прединвестиционная стадия | Проектная стадия | | Организация строительства | Эксплуатация | Ликвидация |
|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------|------------|
| | | Разработка проектной документации | Разработка сметной документации | | | |
| САПР | | + | | | | |
| СППСД | | | + | | | |
| Project Management | | + | | + | | |
| ERP-системы | | | | + | +/- | |
| BMS-системы | | | | | + | |
| BIM | + | + | + | +/- | +/- | +/- |

Обзор существующих информационных технологий, применяемых в строительной отрасли, показал, что каждая из них в настоящий момент применяется практически независимо друг от друга (см. таблицу). Поэтому, несмотря на широкий перечень программного обеспечения, используемого в рамках управления объектом недвижимости на различных стадиях его жизненного цикла [10], очень часто наблюдается асинхронность информационных потоков между участниками проекта. Решить данную проблему можно только используя единую систему представления всесторонней информации об объекте на всех этапах его жизненного цикла.

Среди основных задач любого промышленного предприятия, связанных с управлением комплексом зданий, можно выделить следующие:

1. Обеспечение всех служб предприятия актуальной и полной информацией о зданиях и сооружениях предприятия, их текущем состоянии и взаимном расположении, зонировании территории предприятия.

2. Обеспечение соответствующих служб информацией, необходимой для планирования, проведения и поддержки капитальных ремонтов и работ по реконструкции.

3. Повышение скорости и качества принятия управленческих решений.

4. Повышение уровня безопасности, снижение рисков и уменьшение затрат на обслуживание.

5. Управление портфелем проектов капитального строительства.

6. Отчетность и управление эффективностью.

7. Мониторинг потребления энергии и анализ энергоэффективности.

8. Формирование полной стоимости владения объектами эксплуатации.

В настоящий момент информация о зданиях и сооружениях на большинстве промышленных предприятий разрознена и содержится в разных формах в различных подразделениях и информационных системах. Так, правовая информация об имеющихся зданиях и сооружениях находится в ведении юридического отдела, планы ремонта и отчеты о техническом состоянии – в ремонтно-строительном управлении, в финансовый отдел поступают только данные о финансовых тратах на ремонты.

При принятии управленческих решений в первую очередь играет решающую роль объем данных – количество зданий и сооружений с необходимым инженерным оборудованием на любом промышленном предприятии очень велико. Во-вторых, каждый инженерный объект описывается разнообразными финансовыми, нормативными, собственно инженерными данными, которые порождают

ся в разных типах информационных систем, а на многих предприятиях до сих пор представлены в бумажном виде. И это становится реальным препятствием к оперативному получению данных: архив может быть закрыт, электронные данные могут храниться на локальном компьютере разных сотрудников, может отсутствовать пароль или доступ к IT-системе и т.д. Кроме того, количество применяемых информационных систем на предприятии часто весьма велико, и пользователь просто не в состоянии оперативно обратиться одновременно к пяти или десяти системам [11].

Для решения этих задач необходимо построить единую информационную систему предприятия, которая будет соединять в себе возможности быстрого доступа к технической и экономической информации предприятия, в том числе о его зданиях и сооружениях (рис.1).

Возможным способом реализации данной идеи может стать PLM подход, используемый чаще в машиностроении. Концепция PLM для объектов капитального строительства воплотилась в BIM-технологиях. Это подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту объекта, предполагающий сбор и обработку архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации об объекте со всеми взаимосвязями и зависимостями.

Если мы, с другой стороны, посмотрим на информационные системы, используемые при эксплуатации недвижимости промышленным предприятием, мы также увидим недостаток информационной поддержки процесса эксплуатации. Так, если сравнивать ERP-системы, используемые при управлении компанией на стадии эксплуатации, можно заметить одну общую черту – во всех их них присутствует модуль, связанный с управлением активами. Однако во всех случаях этот модуль направлен лишь на документальное управление (ведение реестра, учета доходов и расходов, заключение договоров на аренду и обслуживание) и не использует возможности современных BIM-систем. Причиной таких недостатков можно назвать тот факт, что разработчики ERP-систем нацелены на поддержку финансово-экономической деятельности предприятия.

Поэтому, разрабатывая модуль «Управление активами», они рассматривали недвижимость лишь как источник получения дохода от сдачи объектов (зданий или помещений) в аренду, следовательно, основной задачей такого модуля была именно договорная работа с арендаторами и эксплуатационными службами и планирование финансовых потоков.

Несмотря на существенное развитие BIM технологий, они активно внедряются только на стадии проектирования и строительства новых зданий и сооружений. Однако важно помнить, что проектная модель на стадии строительства или эксплуатации не настолько полезна, потому что она представляет собой всего лишь справочник со статической информацией объекта в состоянии «как спроектировали», и никогда не соответствует текущему положению дел на строительной площадке и тем более во время эксплуатации. Строителю нужно решать свои задачи, для чего он должен наполнять систему данными, получать из нее необходимую информацию и автоматически порождать документы из модели. То же самое на стадии эксплуатации – хотя здесь модель не так часто меняется геометрически (только при ремонтах или реконструкции), но зато там ежедневно и ежеминутно появляются новые эксплуатационные данные о техническом состоянии, результаты осмотров и т.д. И модель должна вбирать в себя эти данные, чтобы быть объективной, полной, а значит, полезной при принятии решений [12].

Сегодня существует большое количество IT-разработок, которые помогают управлять техническим состоянием зданий и сооружений. Существующая модель здания позволяет более качественно планировать и выполнять работы по обслуживанию и ремонту действующих зданий предприятия, а также строительства новых. Модель обеспечивает быстрый доступ к информации даже неподготовленному пользователю. Например, с помощью мобильных устройств можно автоматизировать сбор эксплуатационной информации об объекте, дополняя ими уже хранящиеся в системе инженерные данные об объекте.



Рис. 1. Развитие информационной модели управления активами

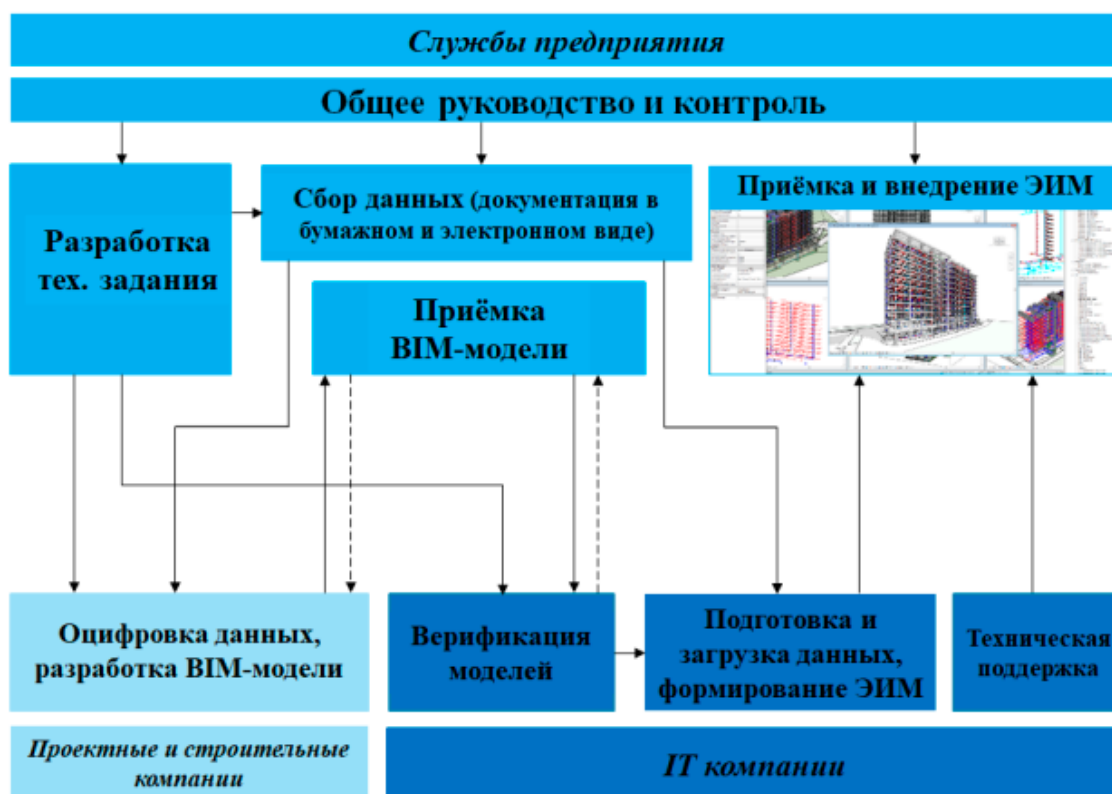


Рис. 2. Процесс создания ЭИМ зданий предприятия

Обход оборудования сотрудником может осуществляться с использованием мобильного терминала. Терминал позволяет осуществить быстрый доступ к информационной модели оборудования и минимизирует вероятность ошибок.

Однако все эти возможности сейчас используются только небольшой части вновь созданных в последние несколько лет предприятий. Таким образом, потенциал цифровой модели зданий на действующих предприятиях практически не используется.

Средний уровень износа зданий и сооружений многих промышленных предприятий составляет более 30-40%. Здания строились в то время, когда никакие информационные системы в строительстве еще не использовались, поэтому вся техническая документация хранится на предприятиях только в бумажном виде. Ситуацию усложняет тот факт, что за это время не раз проводились капитальные ремонты и реконструкции зданий, которые изменяли техническое состояние и наполнение зданий.

На рисунке 2 схематически представлен процесс создания электронно-информационной модели зданий промышленного предприятия.

В организационной структуре промышленных предприятий обычно есть подразделение, занимающееся ремонтом и обслуживанием зданий и сооружений, однако создание ЭИМ (электронно-информационной модели), даже с учетом существующей документации, должно вестись специализированными проектными и/или строительными компаниями, в арсенале которых есть BIM-информационные системы.

Сегодня разными строительными компаниями используются BIM-разработки от разных вендоров, однако данный факт не должен быть препятствием при создании электронно-информационной модели. В BIM подходе были определены основные технологические принципы IFC (Industry Foundation Classes) и аесXML, которые описывают и стандартизируют структуры данных для представления информации. Поэтому при использовании любой информационной системы для создания модели, она через STEP-формат IFC может быть перенесена в другую информационную систему [12].

Очень важно, чтобы процесс внедрения единой информационной модели поддерживался на всех уровнях управления организацией, так как он будет затрагивать сразу очень много подразделений: менеджмент организации (подпроцесс «Общее руководство и контроль»), эксплуатационные службы (подпроцессы «Разработка ТЗ», «Сбор данных», «Эксплуатация»), отдел информационного ПО (подпроцессы «Разработка ТЗ», «Приемка и внедрение»). В создании электронно-информационной модели активов предприятия также могут быть задействованы сторонние IT компании, которые будут заниматься верификацией модели, наполнением модели данными, интеграцией с существующими системами предприятия и, в дальнейшем, технической поддержкой.

Выводы

Таким образом, развитие информационных систем привело почти к параллельному появлению технологий PLM в машиностроении и BIM в строительстве, у которых несомненно существуют общие корни. Так, в обеих концепциях используются принципы объектно-ориентированного программирования для описания структуры данных любого объекта проектирования. Появление PLM и BIM обеспечивает поддержку коллективной работы и управления проектными и производственными процессами на протяжении всего жизненного цикла продукции. Однако, несмотря на схожесть концепций, у них все-таки есть главное отличие – это сама специфика строительного объекта, который всегда индивидуален и меняется на протяжении всего жизненного цикла. Данный факт не позволяет использовать без изменений одни и те же разработки для промышленных и строительных объектов, необходимо обязательно учитывать индивидуальность строительной продукции.

Для автоматизации решения задач управления необходимо построить единую информационную систему предприятия, которая будет соединять в себе возможности быстрого доступа к технической и экономической информации предприятия, в том числе о его зданиях и сооружениях. Такая

модель, встроенная в ERP систему, будет включать в себя всю актуальную информацию о зданиях и сооружениях, в том числе планах обслуживания и ремонтов, сметную стоимость работ, результаты осмотров и т.п., позволяя вписать процесс управления зданиями в общий процесс управления предприятием.

Внедрение BIM-модели позволит оптимизировать бизнес-процессы и снизить риски на всех этапах жизненного цикла зданий, будет способствовать выработке оптимальных решений, выявлению ошибок на ранних стадиях проектирования, снижению затрат на строительство и эксплуатацию, сокращению сроков работ.

Библиографический список

1. Епифанов В.А. Создание современных систем нормативов и стандартов в проектировании объектов различного назначения в России // Россия: тенденции и перспективы развития: материалы XX Национальной научной конференции с международным участием. 2021. Вып. 16. Ч. 1. М.: ИНИОН РАН, 2021. С. 321-324.
2. Официальный сайт компании Autodesk. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.autodesk.ru/> (дата обращения: 01.12.2021).
3. Официальный сайт компании Graphisoft. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.graphisoft.ru/> (дата обращения: 01.12.2021).
4. Официальный сайт компании Аскон. [Электронный ресурс]. URL: <http://kompas.ru/> (дата обращения: 01.12.2021).
5. ERP системы. [Электронный ресурс]. URL: <https://ardma.ru/razvitie/liderstvo/upravlenie-biznesom/431-erp-sistemy-chto-eto-prostymi-slovami-plyusy-i-minusy-erp-obzor> (дата обращения: 01.12.2021).
6. Официальный сайт компании 1С. [Электронный ресурс]. URL: <https://solutions.1c.ru/> (дата обращения: 01.12.2021).
7. Официальный сайт компании SAP. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sap.com/> (дата обращения: 01.12.2021).
8. PLM. [Электронный ресурс] // URL: <http://lmsoft.ru/products/plm/> (дата обращения: 01.12.2021).
9. Мыльников Д. BIM-технологии в системе координат жизненного цикла здания // Информационные технологии на службе стройиндустрии. 2017. № 3. С. 64-68.
10. Князева Н.В. Управление недвижимым имуществом промышленного предприятия на основе теории жизненных циклов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2017. Т. 11. № 2. С. 36-41.
11. Конвисар Е. Цифровые активы в цифровой экономике // САПР и графика. 2018. № 11. С. 10-15.
12. Талапов В. Технология BIM: стандарты, классификаторы и уровни зрелости // САПР и графика. Специальный выпуск «Архитектура и строительство». 2015. № 2. С. 6-10.