

УДК 338.46:621.31(045)

*Е.А. Денисова, Н.А. Алексеева***ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ**

Актуальность задачи оптимального управления инженерными системами зданий, ведущей к минимизации его энергопотребления, в последнее время повышается по причине принятия федерального закона № 261 от 23 ноября 2009 г. о необходимости энергосбережения и правилах повышения энергетической эффективности в отраслях экономики. Кроме того, с 1 января 2022 года использование информационной модели для строительства объектов, финансируемых из бюджета Российской Федерации, стало обязательным. Рассмотрено отличие понятий «интеллектуальное здание» и «умный дом», обозначающих объекты, при строительстве которых применяется ВІМ-моделирование. Систематизирована информация об эффективности применения ВІМ-моделирования: снижение эксплуатационных затрат, сокращение количества аварий на объектах, увеличение времени безотказной работы оборудования, сокращение количества неисправностей оборудования. Проанализированы различные подходы к оценке эффективности внедрения ВІМ-моделей. Сформулированы этапы внедрения ВІМ-моделирования на объекте социальной сферы – типового детского сада. Приведена характеристика этапов внедрения. Осуществлен расчет технико-экономических показателей, характеризующих проект по переоборудованию типового детского сада в «интеллектуальное» здание, показавший экономическую эффективность внедрения модели.

Ключевые слова: ВІМ-модель, ВІМ-моделирование, «интеллектуальное здание», датчики, эффективность, экономия, срок окупаемости.

DOI: 10.35634/2412-9593-2023-33-5-785-790

Введение

С начала января 2022 года вступил в силу закон об обязательном наличии информационной модели объектов, на строительство которых выделены средства бюджета РФ [1]. Это значит, что федеральные и муниципальные объекты в составе проектной документации должны иметь ВІМ-модель (ВІМ переводится как Building Information Modeling или Building Information Model). ВІМ-моделирование – это технология проектирования объектов на основе трехмерного параметрического моделирования, которая позволяет предоставлять данные для экспертизы, выдачи разрешений на строительство, ввода зданий в эксплуатацию и получения в режиме реального времени объективной информации о состоянии объекта.

Вышеупомянутый федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261 установил основные направления повышения энергоэффективности зданий [2], которую можно достичь за счет использования современных систем автоматизации и диспетчеризации. Очевидно, что проекты по строительству зданий будут целесообразными только в комплексе с системами автоматики и управления.

Перспективным подходом в решении намеченных целей является применение информационной трехмерной модели здания на базе «интеллектуального здания». Термин «интеллектуальное здание» относится к коммерческим зданиям, например, офисам или торговым центрам. В то же время применяется и название «умный дом», предназначенное для объектов частных клиентов: дачных домов или квартир. «Интеллектуальное здание» и «умный дом» отвечают требованиям энергоэффективности, простоты, легкости обслуживания и безопасности эксплуатации.

Обзор информации

Обзор актуальной статистики показал, что по стоимостному критерию обустройство инженерных систем «интеллектуального здания» обойдется примерно в 30-50 % от общей стоимости объекта. Необходимая оснастка инженерных систем – датчики, контроллеры и автоматизированное программное обеспечение будут стоить заказчику в размере 7 % в том числе.

Использование систем и технологий интеллектуального управления зданием гарантирует снижение текущих эксплуатационных расходов на 70 %, что вполне достижимо благодаря грамотному и автоматизированному распределению ресурсов, оптимальному управлению инженерными сетями и

сокращению количества неисправностей оборудования. В некоторых случаях время безотказной работы оборудования также может быть увеличено на 50 % за счет постоянного поддержания оборудования и систем в оптимальном состоянии [3].

Надежная работа всех систем здания обеспечивается своевременным реагированием на аварийные ситуации благодаря автоматизации управления и высокой квалификации диспетчеров, которые получают незамедлительные сообщения о чрезвычайных ситуациях.

Инженерные системы «интеллектуального здания» должны контролировать определенное количество информационных точек в автоматическом режиме – счетчиков, считывателей, датчиков, через которые в учетную систему поступает информация о различных параметрах состояния оборудования и окружающей среды. Поскольку «интеллектуальные здания» различаются по площади и характеру использования, более логично говорить об удельном количестве точек данных на единицу площади, а не об абсолютном их числе [4].

Концепция интеллектуального управления зданием заключается в централизованном управлении всеми системами здания. У муниципальных объектов минимально рекомендуемый набор инженерных систем такой: система водяного отопления, система водоснабжения, система орошения зеленых насаждений на территории объекта, система электроснабжения, система безопасности, система механической вентиляции, система кондиционирования, система канализации.

Чтобы охватить такое количество инженерных систем, необходимо не только отслеживать работу элементов системы, но и интегрировать их в единую систему для оптимального управления ими. На рынке предложено программное обеспечение «АБРИС» для цифрового управления проектами строительства и эксплуатации энергоэффективных жилых домов, которое позволит оптимизировать и отслеживать расход ресурсов, жизненно необходимых для комфортного проживания людей [5].

Системы ЖКХ также можно контролировать с помощью специальных датчиков, как и в управлении «интеллектуальным зданием». Объединенные в единую базу данные об объектах с определенными характеристиками называют «информационные точки» здания. Данный подход позволяет проверять каждую систему локально. В нашем случае используется одновременно несколько систем, поэтому количество информационных точек может достигать нескольких тысяч. Как следствие, управление «интеллектуальным зданием» усложняется из-за проблемы интеграции таких систем и данных в единый комплекс [3].

Единый комплекс управления, который может учитывать взаимодействие всех инженерных систем, существует в рамках информационной модели здания. BIM-модель является набором точек, несущих информацию об объекте управления. Здания, построенные с применением информационной модели, позволяют ускорить процесс изучения объекта и его свойства.

Однако мнение о внедрении технологий BIM в строительство разнится. Так, В. Талапов считает, что «с помощью BIM можно заниматься изготовлением необходимой для строительства опалубки, несущими конструкциями (колонны, балки, плиты перекрытий и т. п.), строительными материалами, оборудованием для оснащения здания (лифты, насосы, воздуховоды, электросети, системы отопления, кондиционирования и т. п.), составлять сметы, формировать заказы как в общем объеме, так и по календарному графику, определять общий объем необходимых для этого финансовых средств, составлять график платежей для заказа материалов и оборудования и т. п.» [6].

А. Бауск отметил некоторые недостатки BIM-проектирования: «Насыщенная информацией трехмерная модель – безусловно, отличный инструмент как для отдельного специалиста, так и для совместной работы в группе. <...> кроме того, для прочностного расчета и конструирования (как, впрочем, и для задач строительной физики) существует отдельный рынок инструментов расчета, со своими правилами, национальной сертификацией программных кодов и другими сложностями. Между тем BIM-программы до сих пор испытывают проблемы даже с простой передачей информации о конструкции в расчетные программы того же производителя, которые объявлены интегрированной частью BIM-комплекса. Таким образом, этап расчета конструкции всё равно требует "ручной" работы с моделью и информацией, что противоречит всей концепции BIM» [7].

Принципы и методы информационного моделирования, внедренные в проектах зданий и объектов, в том числе муниципальных учреждений, подразумевают использование новых технологий управления на всех стадиях жизненного цикла объекта: от стадии проектирования и строительства, до стадии быстрого определения стоимости объекта и его эксплуатации. В результате создается трехмерная модель здания на этапе проектирования, изображающая конструкцию здания и инженерные

системы. В случае информационного моделирования здания подразумевается сбор и единая обработка всей информации о будущем объекте, учет всех взаимосвязей и зависимостей еще на этапе проектирования и представления как единого целого – информационной модели (BIM) [3].

Благодаря информационной модели руководство может получать объективную информацию об объекте в режиме реального времени, что позволяет быстрее принимать управленческие решения. Также преимуществом является то, что все пользователи, участвующие в строительстве, имеют доступ к информационной модели. Информационная модель дает возможность идентифицировать видимые элементы системы и скрытые взаимодействия, что при эксплуатации объекта позволяет быстро найти местоположение утечек или аварий.

Наиболее перспективным подходом к решению практических задач является применение информационной трехмерной модели здания на базе «интеллектуального здания». Одним из технологических направлений «интеллектуального здания» является система климат-контроля. Современные версии таких систем позволяют устанавливать температуру в каждом помещении индивидуально и независимо от других. Система управления решает автоматически какое устройство, какой мощности включить, в какой момент: вентиляционные установки, сплит-системы или системы напольного отопления, что исключает необходимость содержания дополнительного штата сотрудников.

Практическое применение информационной модели (BIM)

Рассмотрим целесообразность перевода типового дошкольного учреждения в категорию «интеллектуальное здание» на примере муниципального автономного учреждения «Детский сад № 15» (МАДОУ № 15) в г. Ижевске. Здание рассчитано на 220 детей, оборудовано пищеблоком, медицинскими кабинетами, прачечной, музыкальным и спортивным залами.

Управление процессом автоматизации инженерных систем детского сада показано на блок-схеме (рис. 1).

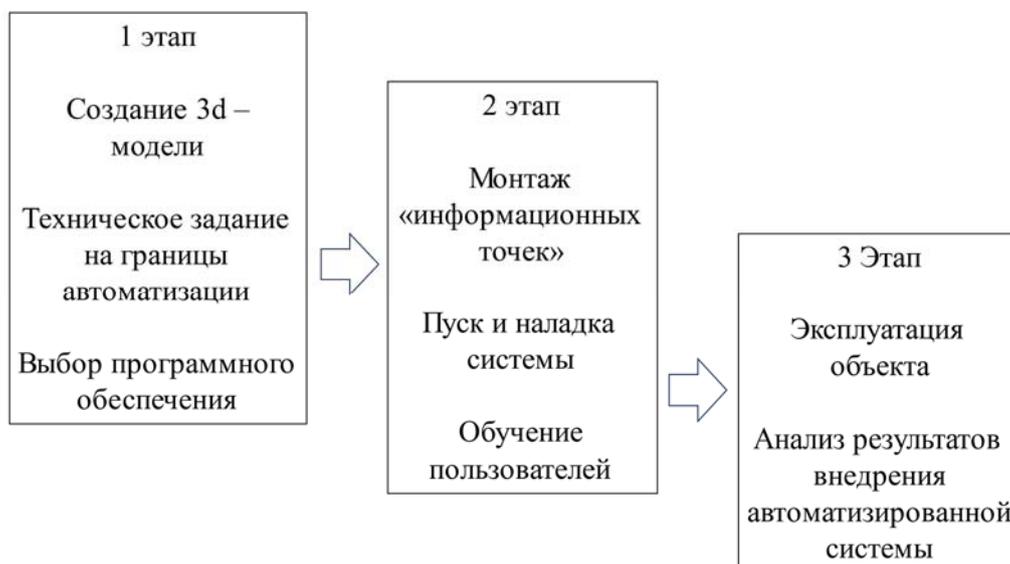


Рис. Этапы внедрения автоматизированной системы в здание

Управление процессом автоматизации инженерных систем детского сада включает в себя несколько этапов, составляющих жизненный цикл здания.

1 этап. Проектирование системы

Ключевым элементом является поиск эксперта, который может построить реальную BIM-модель здания. Затем создается техническое задание для формирования границ автоматизации. Создается программное обеспечение, состоящее из 3D-модели здания, интерактивной компьютерной операционной системы, работающей в режиме реального времени, и пакета системного программного обеспечения.

Программный пакет должен быть представлен отдельными, взаимосвязанными подпрограммами, которые могут автоматизировать систему управления, например: система мониторинга инженер-

ных систем; система контроля качества воздуха; система гарантированного электроснабжения; система обнаружения присутствия; система технического обслуживания и ремонта оборудования; система внутренней навигации; система управления водоснабжением и водоотведением; система отопления, вентиляции и кондиционирования; автоматизированная система технического учёта электроэнергии; автоматизированная система управления освещением; система видеонаблюдения; система обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией; система автоматического пожаротушения; система контроля и управления доступом.

II этап. Настройка системы

Инженерная система каждого интеллектуального здания представляет собой контур управления, основанный на непрерывном мониторинге обратной связи с управляемыми объектами. Связь между внешними и внутренними параметрами интеллектуального здания происходит через «информационные точки» – датчики, считывающие характеристики окружающей среды.

Внешние, неконтролируемые параметры окружающей (наружной) среды, подлежащие измерению, – это солнечная радиация, температура и влажность наружного воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, температура и давление воды в подающих трубопроводах тепловой сети.

Внутренние параметры считаются контролируемыми системой. К ним относятся: температура воздуха, скорость воздуха в рабочей зоне, влажность воздуха, концентрация CO₂, температура и давление воды в обратном трубопроводе, расход воды для отопления и потребление электроэнергии.

Промежуточное положение занимают регулируемые параметры, измеряемые соответствующими приборами, – это температура горячей воды после смесительного узла и температура воды на подаче в отопительный агрегат, температура и объем приточного воздуха.

Поскольку рабочая программа является связующим звеном между оператором и системой, не следует забывать об обучении обычных пользователей. На примере детских садов – это управляющая компания, обслуживающая здание.

III этап. Грамотная эксплуатация объекта

Программное обеспечение можно использовать для изменения режима работы системы, а также для получения различной информации о ее работе. Программное обеспечение ведет статистику измеренных и рассчитанных данных, а также состояния отопительного, вентиляционного и электрического оборудования на ежедневной, еженедельной и ежемесячной основе с учетом средних, минимальных и максимальных значений, аварийных сигналов, потребления и экономии энергии. На этом этапе можно увидеть экономическую выгоду от установки автоматизированной системы управления зданием.

Таблица 1

Технико-экономические показатели при переоборудовании типового детского сада в «интеллектуальное здание»

Показатель	Единица измерения	Значение
Электропотребление здания [9]	кВт	101,2
Снижение электропотребления [10]	%	30
Снижение электропотребления	кВт	30,36
Тариф на электроэнергию	руб./кВт·ч	2,63 ¹⁾
Снижение расходов на электроэнергию	руб./год	79 847
Потребление тепловой энергии	Гкал/год	2 899
Снижение теплопотребления [10]	% / Гкал/год	20 / 579
Тариф на тепловую энергию	руб./Гкал	1 208
Снижение расходов на тепловую энергию	руб./год	700 582
Общее снижение эксплуатационных затрат ΔЭ	руб./г.	780 429
Отапливаемая площадь	м ²	5486,8
Дополнительные капитальные затраты ΔК [10]	USD/м ²	15 ²⁾
Дополнительные капитальные затраты ΔК	руб./м ²	1 125 ³⁾
Дополнительные капитальные затраты ΔК	руб.	6 172 650
Бездисконтный срок окупаемости T _о = ΔК/ΔЭ [11], [12]	год	7,9

Примечания: 1) для пищеблока с электроплитами; 2) среднее значение; 3) при курсе 75 руб./USD.

В таблице представлены технико-экономические показатели [8] и определен расчетный срок окупаемости при переоборудовании типового муниципального дошкольного образовательного учреждения в «интеллектуальное здание».

Срок окупаемости величиной в 7,9 лет существенно меньше расчетного срока службы устанавливаемых инженерных систем управления (10 лет) и срока службы всего здания, что свидетельствует об экономической целесообразности предлагаемого решения.

Основным недостатком систем управления, основанных на технологиях искусственного интеллекта, является высокая стоимость автоматизации системы, поскольку для работы системы требуется создание новой платформы. Сильными сторонами таких систем являются «прозрачность» юридических документов, необходимых для функционирования ЖКХ, и «безопасность», заключающаяся в том, что сеть данных не может быть перезаписана [5].

Заключение

Приведенный анализ показывает, что применение технологии интеллектуального здания в муниципальных объектах целесообразно для повышения энергоэффективности объектов. Управление инженерными системами наиболее удобно с помощью информационной модели здания. Также видна экономия в сокращении времени при проведении государственных проверок и инспекций, возможности оперативно вносить изменения в проектную документацию здания и затем в эксплуатационную документацию здания, что в конечном итоге снижает эксплуатационные расходы объекта и улучшает качество микроклимата здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 г. № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202103100026> (дата обращения: 01.05.2023).
2. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения: 01.05.2023).
3. Комаров Н.М., Жаров В.Г. Управление инженерными системами интеллектуального здания с использованием технологий информационного моделирования // Научный журнал «Сервис Plus». 2013. № 2. С. 74–81.
4. Табунщиков Ю.А. Интеллектуальные здания. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=125/ (дата обращения: 19.03.23).
5. Грахов В.П. Внедрение цифрового управления проектами строительства и эксплуатации энергоэффективных жилых домов // Наука и техника. 2021. Т. 20, № 1. С. 66–74.
6. Талапов В. BIM: кому нужна такая модель? // Isicad.ru: портал САПР, PLM и ERP. 2011.
7. Бауск А. Менее оптимистичный взгляд на BIM // Isicad.ru: портал САПР, PLM и ERP. 2010.
8. Самарин О.Д., Гришнев Е.А. Техничко-экономическая оценка системы управления интеллектуальным зданием // Научно-технический и производственный журнал «Строительство». 2012. № 1. С. 23–24.
9. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения: 01.05.2023).
10. Harke W. Smart Home. Vernetzung von Haustechnik und Kommunikationssystemen im Wohnungsbau. Heidelberg: C.F. Müller Verlag, 2004. 288 p.
11. Дмитриев А.Н., Табунщиков Ю.А., Ковалев И.Н., Шилкин Н.В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. С. 120.
12. Гагарин В. Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 8–16.

Поступила в редакцию 25.06.2023

Денисова Елена Александровна, студент магистратуры
ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
426069, Россия, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7
E-mail: denisovva.he@icloud.com

Алексеева Наталья Анатольевна, доктор экономических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»
426069, Россия, г. Ижевск, ул. Свердлова, 30
E-mail: 497477@mail.ru

E.A. Denisova, N.A. Alekseeva

BIM MODELING AS A TOOL FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF SOCIAL FACILITIES

DOI: 10.35634/2412-9593-2023-33-5-785-790

The relevance of the task of optimal management of engineering systems of buildings, leading to the minimization of its energy consumption, becomes the most important in connection with the adoption of the Federal Law of 23.11.2009 No. 261 "On Energy Saving and on Increasing Energy Efficiency and on Amending Certain Legislative Acts of the Russian Federation." In addition, from January 1, 2022, the use of an information model for the construction of facilities financed from the budget of the Russian Federation became mandatory. The difference between the concepts of "intelligent building" and "smart home" denoting objects during the construction of which BIM modeling is used is considered. Information on the effectiveness of BIM modeling is systematized: reducing operating costs, reducing the number of accidents at facilities, increasing the uptime of equipment, reducing the number of equipment failures. Various approaches to evaluating the effectiveness of the implementation of BIM models are analyzed. The stages of implementation of BIM modeling at the social sphere facility – a typical kindergarten – are formulated. Description of implementation stages is given. Calculation of technical and economic indicators characterizing the project to convert a typical kindergarten into an "intelligent" building, which showed the economic efficiency of the model implementation, is carried out.

Keywords: BIM model, BIM modeling, intelligent building, sensors, efficiency, savings, payback period.

Received 25.06.2023

Denisova E.A., Master degree student
Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov
Studencheskaya st., 7, Izhevsk, Russia, 426069
E-mail: denisovva.he@icloud.com

Alekseeva N.A., Doctor of Economics, Professor
Udmurt State Agrarian University
Sverdlova st., 30, Izhevsk, Russia, 426069
E-mail: 497477@mail.ru