

BIM-моделирование для жизненного цикла здания: реалии современности и потребности развития в России*

Рецензия эксперта на статью получена
15.02.2021 [The expert review on the article
received on February 15, 2021].

Национальные стандарты и внедрение информационного моделирования в России

Важным событием в области цифровизации в строительстве стало принятие Федерального закона от 27 июня 2019 года №151-ФЗ [1], вносящего изменения в закон об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости, где представлена часть положений, которые касаются изменения Градостроительного Кодекса в части информационного моделирования. Этим законом вводится понятие информационного моделирования объекта капитального строительства. Органы государственной власти РФ наделяются соответствующими полномочиями по установлению правил формирования и ведения информационной модели для объектов капитального строительства, на реализацию которых используются бюджетные средства. Также определены полномочия по установлению порядка создания и функционирования Государственной информационной системы обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД), где хранятся все документы, направляемые для получения разрешения на строительство согласно ст. 51 Градостроительного кодекса. Цифровые информационные модели (ЦИМ), как правило, имеют большие размеры, и могут возникать сложности при передаче этих моделей в ИСОГД и выгрузке их по запросам заявителей, и пока неясно, как эта проблема будет решаться.

Также определены полномочия органов исполнительной власти по правилам ведения классификатора строительной

информации. Классификация строительной информации является обязательной для формирования и ведения информационной модели в случае, если в соответствии с требованиями отечественного Градостроительного кодекса формирование и ведение информационной модели являются обязательными.

Стандарты информационного моделирования включены в новый перечень документов добровольного применения (приказ Росстандарта от 17 апреля 2019 года №831) с 2019 года, как обеспечение соблюдения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 года №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». В этот перечень, наряду с прочими требованиями, вошли национальные стандарты и своды правил по информационному моделированию в строительстве, которые на сегодняшний день состоят из 12-ти ГОСТов [2] и восьми СП [3]. Добровольность в данном случае условная, так как применение документов по стандартизации из данного перечня, включая стандарты с применением технологий информационного моделирования [2, 3], является достаточным условием соблюдения требований Технического регламента о безопасности зданий и сооружений, а без соблюдения данного технического регламента пройти экспертизу любого объекта капитального строительства невозможно. Поэтому перед проектной организацией возникает выбор — использовать предложенные стандарты из перечня или разрабатывать собственные стандарты организации, соответствующие требованиям стандартов.

УДК 658.26:69.003.13:005.41. Номер научной специальности: 05.14.04.

BIM-моделирование для жизненного цикла здания: реалии современности и потребности развития в России

Т. В. Яцук, инженер-архитектор, Агентство проектного консалтинга «Содействие»; **И. А. Султангузин**, д.т.н., профессор, Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»); **Д. А. Кругликов**, аспирант, НИУ «МЭИ»; **Ю. В. Яворовский**, к.т.н., заведующий кафедрой промышленных теплоэнергетических систем, НИУ «МЭИ»; **Б. А. Христенко**, аспирант, НИУ «МЭИ»; **В. Ю. Чайкин**, магистр, НИУ «МЭИ»

BIM-моделирование постепенно внедряется в России в проектирование и организацию строительного производства объектов гражданского строительства. Но возможности цифровых BIM-технологий намного обширнее, чем то, как они используются сегодня в России, и могут охватывать весь жизненный цикл объекта. В статье представлен процесс информационного моделирования для энергоэффективного жилого дома на разных этапах жизненного цикла, который может быть отчасти применен в гражданском строительстве. Внедрение технологий информационного моделирования может решить множество задач собственников по реконструкции, управлению инженерными системами и обслуживанию имущества дома, особенно в сфере услуг ЖКХ для многоквартирных домов.

Ключевые слова: BIM-моделирование, цифровая информационная модель (ЦИМ), Государственная информационная система обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД), классификаторы строительных элементов, базовая отраслевая классификация (Industry Foundation Classes, IFC), ArchiCAD, PHPP, энергоэффективность, энергосбережение, мониторинг, цифровизация отрасли строительства и ЖКХ.

UDC 658.26:69.003.13:005.41. Number of the scientific specialty: 05.14.04.

BIM-modeling for the building life cycle: modern realities and development needs in Russia

T. V. Yatsyuk, engineer-architect, "Agency of project consulting "Sodeystvie", LLC; **I. A. Sultanguzin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (NRU "MPEI"); **D. A. Kruglikov**, postgraduate student, NRU "MPEI"; **Yu. V. Yavorovsky**, PhD, Head of the Department of Industrial Heat and Power Systems, NRU "MPEI"; **B. A. Christenko**, postgraduate student, NRU "MPEI"; **V. Yu. Chaikin**, master, NRU "MPEI"

BIM-modeling is gradually being introduced in Russia in the design and organization of construction production of civil engineering facilities. But the possibilities of digital BIM technologies are much more extensive than how they are used today in Russia and can cover the entire life cycle of an object. The article presents the process of information modeling for an energy-efficient residential building at different stages of the life cycle, which can be partially applied in civil construction. The introduction of information modeling technologies can solve many problems of owners for the reconstruction, management of engineering systems and maintenance of the property of the house, especially in the field of housing and communal services for apartment buildings.

Key words: Building Information Modeling (BIM), Digital Information Model (DIM), Russian State Information System for Ensuring Urban Planning Activities (ISOGD), Industry Foundation Classes (IFC), ArchiCAD, PHPP, energy-efficiency, energy-saving, monitoring, digitalization of construction and housing industry.

Чтобы стандарт организации, определяющий процесс проектирования с использованием технологий информационного моделирования, считаться официальным и соответствующим требованиям технического регламента, он должен пройти экспертную оценку в профильном комитете, после чего должным образом быть оформлен и утверждён как СТО. Поэтому, чтобы избежать расходов на утверждение соответствия требований национальному стандарту, большинство стандартов организации в России — это документ, который за пределы организации не выходит, составляется с учётом требований стандарта, включённого в перечень требований технического регламента, и служит главным образом руководством для работы специалистов организации.

Нюанс добровольности применения стандарта, включённого в этот перечень и не только, регламентируется ГОСТ Р 1.0–2012, который говорит о том, что если добровольный стандарт попал в задание на проектирование, то информационные требования заказчика и любые другие документы, сопровождающие информационное моделирование, становятся обязательными для исполнителя в силу Гражданского кодекса, и за его исполнение спросит заказчик. Также, согласно указанному ГОСТу, применение национального стандарта и свода правил становится обязательным для любой организации, если существует ссылка на них в организационно-распорядительных документах этой организации или вышестоящей организации (или органа власти, которому подчиняется организация). Поэтому все исполнители, сталкивающиеся с BIM-моделированием в своей деятельности, при возможности должны принимать участие в формировании технического задания на информационное моделирование, соответствующим образом корректируя требования заказчика и плановую реализацию, поскольку не все национальные стандарты возможно полностью реализовать с использованием существующего программного обеспечения.

Приказом Минстроя России от 6 августа 2020 года №430/пр «Об утверждении структуры и состава классификатора строительной информации» утверждена структура и состав классификатора строительной информации.

Органы местного самоуправления также могут сами определять наборы требований и формировать общий классификатор к информационным моделям по объектам, реализуемым за бюджет этих субъектов, но учитывать этот набор должен минимальные требования, утверждённые

Большинство стандартов организации в России — документ, который за пределы организации не выходит, составляется с учётом требований стандарта, включённого в перечень требований технического регламента

в национальных стандартах и федеральными органами.

Например, Комитетом города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов разработаны требования к информационным моделям для прохождения экспертиз проектной документации на строительство для объектов капитального строительства с использованием BIM-модели [4]. Приказом от 26 июня 2019 года №МКЭ-ОД/19-39 определены требования по каждому разделу проектной и рабочей документации, согласно Постановлению №87, расписаны требования к классификации, моделированию элементов и информационному наполнению ЦИМ.

Требования национальных стандартов вступили в силу с 1 января 2021 года для объектов транспортной инфраструктуры, далее с 1 января 2023 года — для ряда объектов, которые будут финансироваться из бюджетов субъектов РФ. По данным, размещённым в Единой информационной системе в сфере закупок, более половины строительного производства осуществляется за счёт бюджетных средств. Заключённые договора на работы по проектированию, инженерным изысканиям, а также строительству, реконструкции, капитальному ремонту в 2019 году по №223-ФЗ составляли 2,842 млрд руб. [5] и 2,364 трлн руб. по №44-ФЗ [6], что составило 57 % от общего объёма строительства в 2019 году [7]. Таким образом, в системе государственных закупок ни один подрядчик и ни один застройщик не смогут сдать проектную документацию без цифровой информационной модели, и придётся корректировать свою работу под эти требования.



•• Программа, презентации и видеозапись конференции

Готовиться к переходу на работу с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ) придётся не только тем, кто работает с госзаказом, но и всем организациям, осуществляющим деятельность в сфере гражданского строительства. Система стандартов по гражданским объектам практически готова, но рынок не готов самостоятельно сформировать этот спрос. В пилотных частных проектах бизнес пробует использовать информационное моделирование для получения конкурных преимуществ, но крупные корпорации задают тон, где так или иначе любой проектировщик опирается на требования заказчика и находится между требованиями экспертизы в лице соблюдения технического регламента безопасности, сводов правил, обязательных и добровольных стандартов и пожеланиями заказчика.

Поскольку цифровая информационная модель будет передаваться в Информационную систему обеспечения градостроительной деятельности (ИСОГД) на разных этапах проектирования и строительства, то её могут проверить надзорные органы на качество исполнения в любое время и с привлечением соответствующих специалистов и экспертов. Поэтому по формальному признаку вести работы с применением технологий информационного моделирования не представляется возможным. Проектировщикам придётся конкурировать качеством применения стандарта, и тогда информационная модель будет корректно воспринята на каждом этапе жизненного цикла всеми участниками, а данные, которые будут сформированы в ЦИМ с передачей в ИСОГД, будут использоваться по задачам. Эти данные будут корректироваться в соответствии с изменениями, дорабатываться и использоваться для дополнительных значимых задач.

Непонимание требований национальных стандартов и их практическое несоблюдение может повлечь непредвиденные убытки для ответственной проектной организации. На рынке есть разные программные комплексы с возможностью формирования цифровой информационной модели, но не все программы готовы по умолчанию удовлетворять всем сводам правил. Поэтому, если не удастся убрать пункты в техническом задании заказчика, решение которых невозможно с использованием классических инструментов, то для создания требуемой информационной модели приходится использовать несколько программных комплексов, интегрировать их между собой и зачастую дорабатывать под требуемые задачи.

* Статья подготовлена на основе доклада, представленного на III ежегодной BIM-конференции «BIM и BEM как инструменты оптимизации современного инженерного обустройства зданий», проведённой журналом СОК 2 февраля 2021 года в рамках выставки Aquatherm Moscow.

Информационное моделирование и взаимодействия в BIM-среде ArchiCAD, виртуальная реальность в BIMx

Для информационного моделирования зданий мы создаём сводную координатную BIM-модель в среде ArchiCAD с применением дополнительных интегрирующихся программных комплексов для решения задач этапов жизненного цикла здания, таких как RHPP, MagiCAD, AnsysFluent и другие [8–9].

Возможности BIM-среды в ArchiCAD представлены в схеме на рис. 1 и включают в себя возможность гибкой настройки элементов под требования национальных стандартов и стандарта организации, возможность создания новых объектов с требуемыми параметрами, обмен данными в настраиваемом IFC-формате по типам параметров.

Отраслевая базовая классификация (Industry Foundation Classes, IFC) — это формат и схема данных с открытой спецификацией. Данная классификация представляет собой международный стандарт обмена данными в информационном моделировании в области гражданского строительства и эксплуатации зданий и сооружений, которая также утверждена для применения в национальных стандартах России для ЦИМ.

OpenBIM в ArchiCAD — открытый обмен данными на базе сводной BIM-модели. Участники проектирования могут выбирать наиболее подходящее для них программное обеспечение. Для обмена данными очень важно иметь возможность отфильтровать содержимое BIM-модели.

Взаимодействие различных разделов проекта, реализованных в разных программных комплексах, происходит через формат IFC, который в ArchiCAD производится через удобный транслятор. Предварительно настраиваются правила сортировки информации со смежными специалистами с требуемой классификацией для передачи информации между программными комплексами. Трансляция модели может производиться частями по группам элементов или целиком в зависимости от той задачи, которую требуется решить в смежном программном комплексе. При обмене данными модели может производиться перенос свойств в среду ArchiCAD из других программ, например, параметры огнестойкости металлических конструкций или свойства материалов воздуховодов. При экспертизе классификаторов может потребоваться внесение дополнительных свойств для некоторых элементов проекта. Такое же требование может предъявить и заказчик

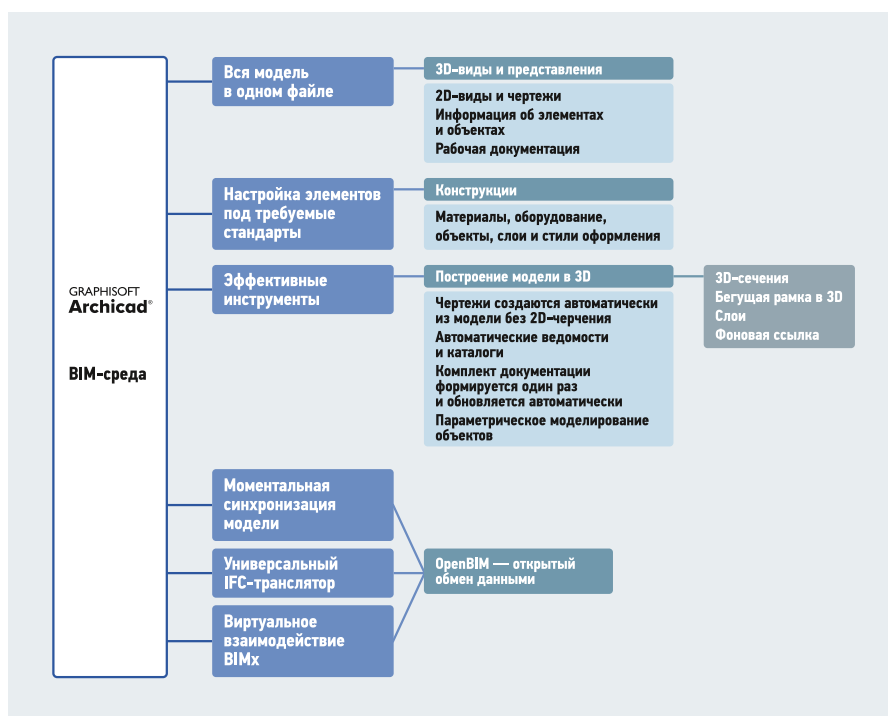


Рис. 1. Схема BIM-среды в ArchiCAD

перед сдачей проекта. Перед импортом проекта следует сопоставить все свойства передаваемых данных и привести их в соответствие. Параметры обмена данными касаются сопоставления 3D-элементов, типов классификаций, свойств геометрии, слоёв, материалов и покрытий. Соответственно в BIM-среде ArchiCAD возможно настроить любой отраслевой классификатор, соответствующий национальным стандартам или стандарту организации.

Взаимодействие различных разделов проекта, реализованных в разных программных комплексах, происходит через формат IFC, который в ArchiCAD производится через удобный транслятор. Предварительно настраиваются правила сортировки информации со смежными специалистами с требуемой классификацией для передачи информации между программными комплексами

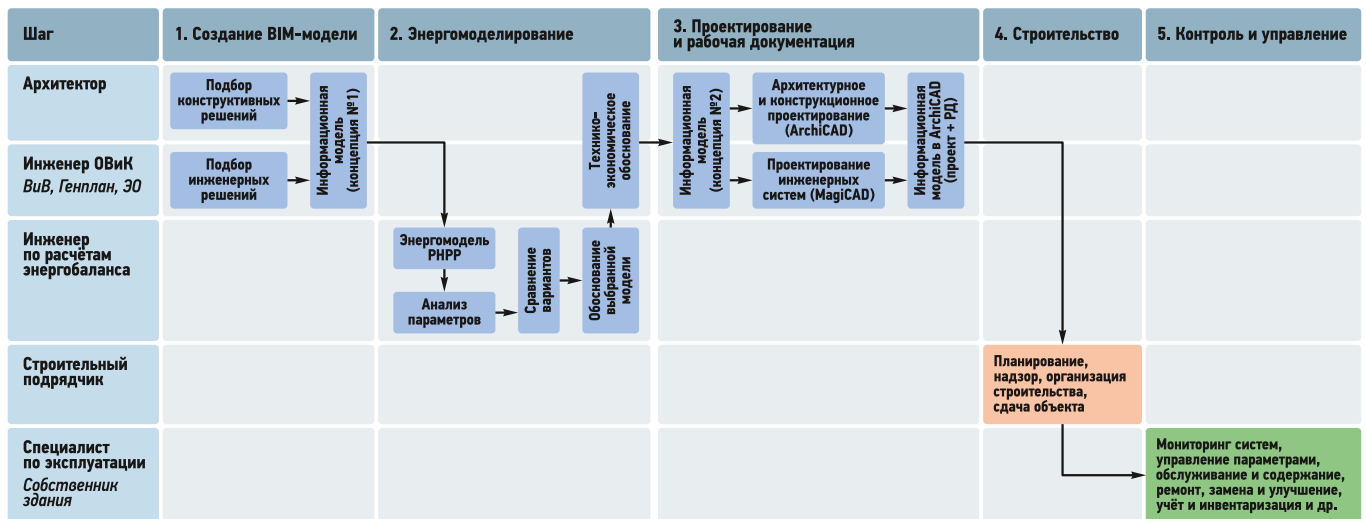
BIMx — это программное приложение, которое устанавливается на любые гаджеты для интерактивного представления 3D-модели и 2D-документации BIM-моделей зданий, созданных с помощью ArchiCAD, через гораздо более простой и интуитивно понятный интерфейс, чем сложный пользовательский интерфейс среды ArchiCAD. BIMx представляет трёх-

мерные модели зданий в интерактивном режиме, аналогичном игровым платформам. Клиенты, строители, эксперты могут виртуально пройти по объекту и сделать измерения виртуальной линейкой в 3D любого элемента. Модель можно увидеть в 3D-разрезе или в любой плоскости сечения в 3D, сверстанная 2D-документация может быть доступна непосредственно из 3D-моделей и наоборот. Из данного приложения можно также взаимодействовать с проектировщиками информационной модели, направляя запросы или другие данные.

Основная ценность BIM-модели в среде ArchiCAD — объёмно-пространственное представление и совокупность информации, где любой элемент модели может содержать количество информации, необходимое для качественного проектирования и расчётов, обмена данными, управления строительным производством и эксплуатации здания.

Последняя версия ArchiCAD теперь позволяет производить расчёты конструкций прямо в сводной модели, плагин моделирования инженерных систем теперь встроен в программу, в проекте можно размещать готовые модели инженерного оборудования в формате RVT.

Программный комплекс ArchiCAD отвечает требованиям национальных стандартов в отношении предоставления информации для надзорных органов в сфере градостроительной деятельности и может применяться в качестве среды общих данных на всех этапах жизненного цикла.



●● Рис. 2. BIM-моделирование энергоэффективного здания на основных этапах жизненного цикла

BIM-моделирование на примере энергоэффективного жилого дома

Рассмотрим BIM-моделирование на всех реализованных этапах жизненного цикла с использованием различных программных комплексов на примере энергоэффективного жилого дома общей площадью 205 м², построенного в Пушкинском районе Московской области [8]. В силу удобства взаимодействия программы ArchiCAD с различными программными комплексами, программа ArchiCAD 22 выбрана основной координационной средой для информационной модели.

Главными задачами любого проекта жилищного строительства, в том числе индивидуального, является создание благоприятного микроклимата внутри здания, получение высокого уровня энергоэффективности здания, оптимизация капитальных затрат строительства, сокращение эксплуатационных расходов и минимизация ущерба окружающей среде.

Для построенного энергоэффективного жилого дома в Пушкинском районе [8] пройдены и реализованы следующие этапы жизненного цикла: разработка концепции, проектирование, строительство, эксплуатация и дооборудование/модернизация. На всех этапах жизненного цикла происходит работа с информацией об объекте по выбранному методу и с применением технологий информационного моделирования для решения поставленных задач [28]. В табл. 1 показано, какие цели и задачи решаются на каждом этапе жизненного цикла для энергоэффективного жилого дома.

Обобщённая карта процесса BIM-моделирования этапов жизненного цикла для энергоэффективного жилого дома с основными ролями отражена на рис. 2, где задачи выбора архитектуры и дизайна здания, его конструкции, а также инженерной системы решаются и уточняются в итерационном процессе на этапе про-

ектирования, дополняются информацией и сопроводительными документами на этапе строительства, эксплуатации и модернизации здания.

В этап проектирования здания добавлен дополнительный этап энергомоделирования [9] для подбора оптимальных параметров дома с удельным потреблением тепловой энергии на отопление во время эксплуатации, приближенном к стандарту «пассивного дома» [11, 12]. На этом этапе анализируются варианты решений и обосновываются принятые решения по значимым параметрам.

По заданию заказчика созданы планировочно-объёмные решения дома, концептуальные решения конструкций и инженерных систем. Отопление дома было выбрано преимущественно тёплыми полами на первом этаже и радиаторами в подвале, предусмотрена централизованная вентиляция с рекуперацией тепла и подогревом.

●● BIM-моделирование энергоэффективного жилого дома на реализованных этапах жизненного цикла

табл. 1

Жизненный цикл	Этап	Цели/задачи
Концепция	Создание объёмной информационной модели здания в среде ArchiCAD. Подбор систем отопления и вентиляции здания с оценкой различных вариантов систем и источников отопления	Выражение идеи проекта в планировочно-объёмном и параметрическом виде с учётом условий местности и ТУ
Проектирование	Энергомоделирование. Тепловой расчёт с определением нагрузок согласно отобранным вариантам отопления (PHPP и designPH). Сравнительная характеристика вариантов и выбор обоснованного технического решения. Оценка целесообразности применения ВИЭ	Выбор технико-экономически обоснованных конструктивных и инженерных решений и технических характеристик
	Разработка проектной документации в BIM-модели	Внесение выбранных решений в проект, корректировка параметров и утверждение с уровнем детализации LOD300
Строительство	Создание рабочей документации в MagiCAD с интеграцией в сводную BIM-модель ОВиК (Отопление, вентиляция и кондиционирование, чертежи для организации основных строительных и монтажных работ). Создание рабочей документации в сводной BIM-модели ArchiCAD. Конструкции железобетонные (ЖБ), конструкции металлические (КМ), водоснабжение и водоотведение (ВиВ), электроснабжение (ЭС), инженерный раздел генплана	Проверка коллизий проекта, создание рабочих чертежей для осуществления строительного производства с уровнем детализации LOD 400
	Земляные работы. Армирование монолитных работ. Кладка стен и перегородок, заполнение оконных проёмов. Монтаж перекрытий ферм. Сантехнические работы. Монтаж системы вентиляции. Монтаж системы отопления. Утепление здания и т.д. согласно графику работ	Создание готового объекта с основными инженерными системами
Эксплуатация	Мониторинг инженерных систем	Понимание параметров систем и условий
	Управление системами	Выбор и настройка наиболее выгодных режимов отопления и вентиляции
Дооборудование / модернизация	Дооборудование системы отопления потолочными панелями для целей отопления и охлаждения. Дооборудование эклектическими панелями для получения дополнительной электроэнергии. Дооборудование дополнительным источником тепла (подземный теплоаккумулятор с солнечными коллекторами)	Равномерное распределение тепла и холода в доме с использованием потолочных панелей. Достижение нулевого электропотребления. Дополнительная экономия энергии



■ Рис. 3. Пространственная модель здания в BIM-среде ArchiCAD

Расчёты энергетического баланса здания в пакете проектировщика «пассивного дома» (PHPP) [11] с интеграциями разных вариантов параметров позволили выбрать наиболее эффективные решения системы отопления и вентиляции, конструкции оболочки здания. В расчётах потребления энергии для отопления учитываются климатические условия, режимы эксплуатации здания, расположение здания на участке, параметры оболочки, инсоляция, выбранные системы отопления и вентиляции и другие параметры, сравнивались пять вариантов состава оборудования. Параметры для конструктивных и инженерных решений подобраны таким образом [8], чтобы обеспечить годовое потребление тепла для отопления в размере 32 кВт·ч/м².

Выбранные конструктивные решения были внесены в сводную информационную модель в ArchiCAD, где произведено рабочее проектирование конструктивных разделов. По выбранным инженерным решениям были произведены расчёты в MagiCAD и дальнейшая трансляция расположения инженерных систем в сводную информационную модель в среде ArchiCAD. Инженерные разделы генплана, водоснабжение и водоотведение также проработаны в среде ArchiCAD благодаря расширению MER, выполнена трассировка воздуховодов и расстановка оборудования, сводная пространственная модель представлена на рис. 3.

В настоящее время ведётся проектирование сезонного аккумулятора теплоты и холода для модернизации существующей системы энергоснабжения дома [17]. В сводной информационной модели в BIM-среде ArchiCAD выполнено моделирование конструкции ёмкости, солнечные коллекторы установлены на устойчивую металлическую конструкцию с возможностью управления наклоном, выполнена трассировка между аккумулятором, коллекторами, тепловым насосом и баком-аккумулятором (рис. 3).

Для целей строительства и монтажа оборудования произведено планирование

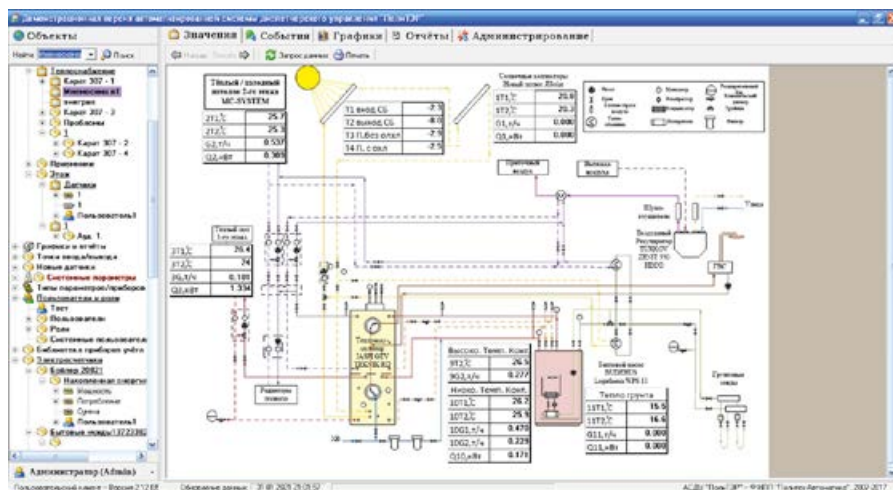
последовательности процессов, создание дополнительных чертежей и схем для производства работ. В процессе строительства и монтажных работ исходная координатная модель использовалась для уточнения данных, визуального представления данных исполнителям строительных и монтажных работ. При отклонении от проекта производства работ изменения вносились по факту произведённых работ.

После ввода в эксплуатацию в доме осуществляется непрерывный мониторинг среды внутри дома, внешней температуры воздуха, мониторинг потребления энергии системами отопления и вентиляции воздуха. Для сбора данных используется ПТК «ПолиТЭР» от фирмы НПП «Политех-Автоматика» [13]. Этот комплекс позволяет производить сбор,

обработку и архивирование значений, получаемых от тепловычислителей, расходомеров, термодар, беспроводных датчиков температуры и электросчётчиков. Эти данные позволяют создать полное представление о работе всех систем дома. Используя данные, поступающие от тепловычислителей, можно сделать выводы о количестве получаемой домом энергии от солнца, грунтового теплового насоса, благодаря чему имеется доступ к полной картине энергопотребления дома (рис. 4).

Ещё одной системой мониторинга является метеостанция MISOL WS-2310-1. Она собирает в автоматическом режиме такие важные показатели, как температура, влажность внутри и снаружи дома, барометрическое давление, количество осадков, солнечную энергию, солнечный УФ-индекс, показания скорости и направления ветра. Подобные параметры имеют высокую ценность для теплоэнергетических расчётов в программах BIM- и BEM-моделирования, так как от параметров окружающей среды зависит работа всех инженерных систем дома. Использование реальных погодных данных и значения теплотребления дома позволяет оценить соответствие произведённых расчётов на проектном этапе энергомоделирования, спланировать дооборудование и модернизацию систем на последующих жизненных циклах.

Выбранные конструктивные решения были внесены в сводную информационную модель в ArchiCAD, где произведено рабочее проектирование конструктивных разделов. По выбранным инженерным решениям были произведены расчёты в MagiCAD и дальнейшая трансляция в сводную информационную модель в среде ArchiCAD



■ Рис. 4. Мониторинг инженерных систем в «ПолиТЭР»



Рис. 5. Схема системы управления энергоэффективным домом в «ТеплоМОНИТОР»

Для мониторинга и удалённого управления инженерным оборудованием применяется модульная система «ТеплоМОНИТОР» (компания «ГидроЛОГО»). При помощи контроллера SmartWeb X, входящего в состав данной системы «ТеплоМОНИТОР», производится:

- управление тепловым насосом;
- управление аккумулятором тепла;
- управление тёплым полом первого этажа;
- управление потолком второго этажа;
- управление температурой ГВС;
- управление солнечными коллекторами;
- сбор информации о системе.

Все указанные операции проводятся в автоматическом режиме для поддержания на объекте заданных значений температур воздуха и горячего водоснабжения. Управление и контроль параметров осуществляется через веб-интерфейс контроллера, с его помощью можно вручную задавать параметры и температуру различных контуров системы отопления. Устройство отправляет на сервер состояния температурных, дискретных и других датчиков, и заходя на личную страницу сервера (рис. 5) из любой локации, можно проверить текущую работу оборудования, просмотреть историю работы устройств, менять режимы и параметры. Управление системой вентиляции осуществляется с помощью встроенного в систему вентиляции автоматического блока управления с датчиками температуры и углекислого газа (CO_2).

В 2019 году дом был оснащён дополнительной системой потолочного отопления/охлаждения на втором этаже, которая представляет их себя гипсокартонные панели MC-System (гипсокартон Gyproc, армированный фиброволокном) с трубками $1,1 \times 10,1$ мм, разложенные по поверхности потолка. Раскладка панелей была произведена в исходной информационной модели. Целью оснащения было дополнить существующую систему отоп-

режим системы отопления/охлаждения потолка второго этажа сразу снизилась с 26 до 18°C. В 20:00 снова изменили установленную температуру комфорта с 20 до 23°C, после чего режим системы отопления/охлаждения потолка второго этажа изменился с охлаждения на отопление — температура в системе выросла с 18 до 27°C. По мере нагревания помещений, температура в системе отопления/охлаждения потолка второго этажа стала стремиться к установленной температуре в помещениях, что говорит о равномерном распределении тепла. Скачки режима системы потолочных панелей происходят

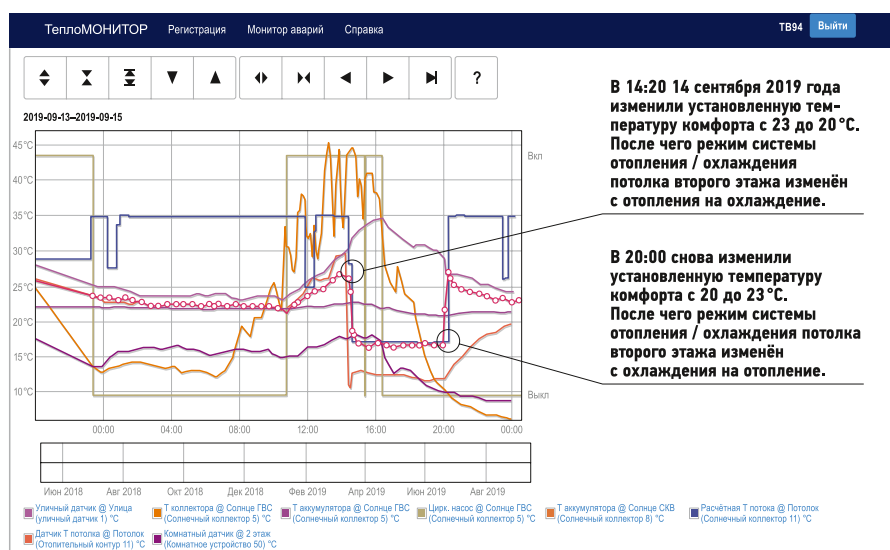


Рис. 6. Управление режимами нагрева и охлаждения потолка в системе «ТеплоМОНИТОР»

ления для быстрого и равномерного поддержания комфортной температуры помещений зимой и равномерного охлаждения помещений летом.

После дооборудования [15] инженерных систем потолочными панелями MC-System для равномерного обогрева или охлаждения помещений второго этажа производилось включение дополнительной системы отопления/охлаждения потолка в комплекс «ТеплоМОНИТОР». На рис. 6 видно, что при тестировании системы 14 сентября 2019 года в 14:20 изменили установленную температуру на втором этаже с 23 до 20°C, после чего

в случае изменения в настройке температурных режимов в помещении, изменений погоды, изменений параметров других систем отопления. В целом потолочные панели позволяют чутко и быстро поддержать установленные параметры комфорта в дополнение к работе более инерционной системы тёплого пола, которая смонтирована на первом этаже.

При внедрении в существующую систему дополнительного оборудования все эти комплексы мониторинга имеют возможность масштабирования, благодаря чему возможно произвести наладку сбора различных параметров инженерного оборудования без значимых затрат. Грамотная настройка системы мониторинга позволяет получать информацию о работе всего оборудования, которое применяется в системах теплоснабжения, подтверждение расчётных параметров, информацию о состоянии среды.

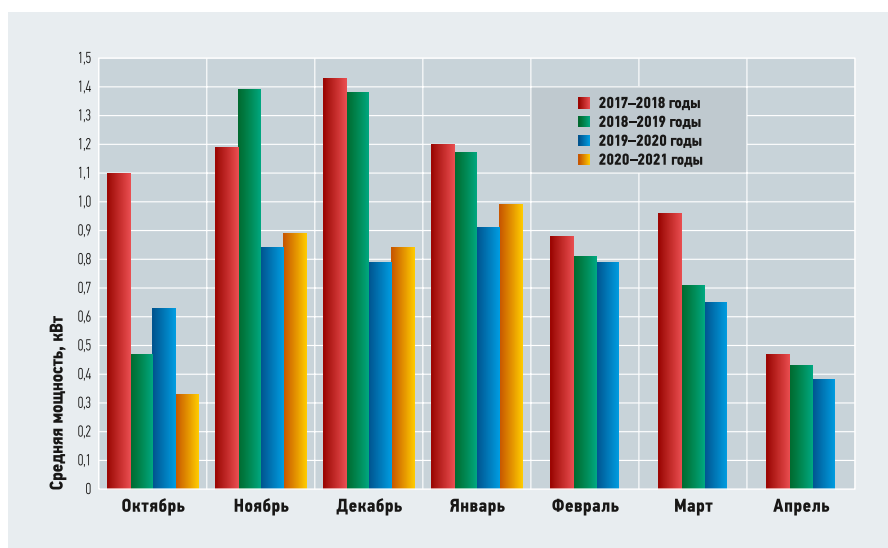
Это, в свою очередь, позволяет судить о состоянии систем, необходимости их ремонта, дооборудования или модернизации, сравнить с аналоговыми решениями других проектов.

Грамотная настройка системы мониторинга позволяет получать информацию о работе всего оборудования, которое применяется в системах теплоснабжения, подтверждение расчётных параметров, информацию о состоянии среды. Это, в свою очередь, позволяет судить о состоянии систем

На базе данных систем мониторинга сделан анализ энергопотребления дома за период эксплуатации с 2017 по 2021 годы (рис. 7). На рис. 7 видно, что потребляемая мощность инженерных систем снижается, что связано с нормализацией влажностного режима внутри дома после строительства, настройкой взаимной работы систем, более тёплой погодой осенне-зимних периодов 2019–2020 годов в сравнении с 2017–2018-ми. Но зима 2021 года значительно холоднее аналогичного периода 2019–2020 годов, что вызвало незначительное повышение потребления мощности отопительной системой.

Перспективы развития энергоэффективного жилого дома. Дооборудование и модернизация инженерных систем

С принятием Федерального закона от 27 декабря 2019 года №471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» с целью выдачи электроэнергии в сеть разрешается подключать к электрическим сетям «объекты микрогенерации», то есть электростанции мощностью до 15 кВт. В связи с этим на крышу дома смонтировано 30 солнечных панелей (СП) Delta серии BST [16]: 10 СП — по 360 Вт, 10 СП — по 380 Вт, 10 СП — по 450 Вт, суммарной мощностью на 11,9 кВт, что полностью покрывает потребность дома в электрической энергии в солнечные дни. Часть электричества будет накапливаться в аккумуляторные батареи (АКБ) для использования в ночное время, а излишки продаваться в сеть по оптовой цене. Солнечные батареи Delta с фотоэлектрическими модулями BST эффективно работают при низкой интенсивности солнечного света с КПД модуля до 20,2 %.



• • Рис. 7. Анализ энергопотребления энергоэффективного жилого дома за 2017–2021 годы

Для целей достижения нулевого энергопотребления на отопление жилого дома в настоящее время ведётся проектирование системы жидкостного аккумулятора тепла и холода в грунте с накоплением тепла от солнечных коллекторов для последующего внедрения в существующую инженерную систему. Тип аккумулирования и параметры новой системы будут зависеть от расчётов термодинамических процессов внутри ёмкости и объёма обмениваемой теплоты или холода в сезонные пики потребности соответственно типу аккумулирования. Более подробно процесс проектирования и расчёта новой системы будут рассмотрены в [17].

Таким образом, для энергоэффективного жилого дома на каждом этапе жизненного цикла реализуются мероприятия с применением технологий информационного моделирования, которые позволяют эффективно решать задачи соответствующего этапа. Данный стандарт ВІМ-моделирования для этапов капитального строительства, эксплуатации и модернизации энергоэффективных жилых домов может быть с большим успехом применён

для многоквартирных домов и решит ряд серьёзных проблем отрасли ЖКХ в части обслуживания и ремонта общего имущества и инженерных систем на этапах реконструкции и эксплуатации.

Представленная система мониторинга также очень актуальна для контроля и управления энергопотреблением многоквартирного дома, контроля потребляемых прочих коммунальных ресурсов. Ручной контроль общедомовых и поквартирных счётчиков с ежемесячной передачей данных в расчётные центры неэффективен. Анализ показаний счётчиков в совокупности на весь дом и по каждому потребителю жилыцы не могут произвести, так как получить потом эти данные невозможно, а соответственно невозможно сравнить фактическое потребление с начислениями в платёжках, невозможно провести качественную аналитику для целей модернизации инженерных систем.

Возможности информационного моделирования для решения проблем в сфере ЖКХ

Собственники жилых помещений многоквартирных домов ежемесячно оплачивают коммунальные услуги, содержание и обслуживание общего имущества своего дома. Коммунальные услуги — это услуги отопления, холодного и горячего водоснабжения, отведения воды, электро-снабжения, газоснабжения, услуги по обращению ТКО, предоставляемые поставщиками соответствующих услуг — ресурсоснабжающими организациями.

К содержанию и обслуживанию общего имущества относится содержание ограждающих конструкций, общих площадок, лестниц, нежилых помещений, также инженерных систем, по которым жители получают коммунальные услуги: систем отопления, водоснабжения и водоотведения, электро- и газоснабжения (при наличии) и вентиляции.



• • Многоквартирный жилой дом с эксплуатируемой кровлей



●● Типовой квартирный блок с инженерными системами

Согласно п. 1 ст. 38 ЖК РФ, при приобретении в собственность помещения в многоквартирном доме к приобретателю переходит доля в праве общей собственности на общее имущество в многоквартирном доме.

С вводом права на приватизацию собственниками общего имущества в МКД стали жители, и встал вопрос о выделении доли общего имущества каждого собственника жилого помещения в МКД для наделения его правом владения, пользования и распоряжения им, а также для целей распределения расходов на содержание общего имущества. С введением нового Жилищного кодекса Российской Федерации в 2005 году вместо Жилищного кодекса РСФСР местным самоуправлением должно было быть осуществлено выделение общего имущества и передача общего имущества и, соответственно, обязанности его содержания, в собственность жителям (в доле) от государства с постановкой на учёт в ЕГРН.

Из п. 3 ст. 162 ЖК РФ также ясно, что перечень работ по управлению МКД устанавливается в отношении именно общего имущества, состав которого должен быть определён и расходы распределяются на площадь общего имущества пропорционально доле в общей собственности каждого жителя.

Но в большинстве многоквартирных домов перечень общего имущества до сих пор не определён, а доля каждого собственника жилого помещения на общее имущество не выделена и не поставлена на учёт в ЕГРН. Сведения об имуществе и оборудовании носят описательный словесный характер, отсутствуют чертежи размещения конструктивных элементов и инженерных систем. Обслуживание и ремонт имущества и оборудования производится

управляющими компаниями по словесным описаниям без использования геометрических и технических представлений данных. Документы, сопровождающие обслуживание и ремонтные работы, недоступны собственникам МКД и по запросам жителей не предоставляются, так как порядок ведения и предоставления информации от управляющей компании собственникам, не утверждённый на общем собрании собственников жилых помещений, может устанавливаться по усмотрению управляющей компании. При запросе проектной и сопроводительной документации дома управляющие организации делают отсыл к неким типовым проектным документам в архивах, при этом в процессах своей деятельности по обслуживанию «типового» МКД данные чертежи и схемы отсутствуют.

В Германии последние 50 лет непрерывно увеличивались требования по энергосбережению зданий, и в 2013 году был принят закон о сбережении энергии, согласно которому все новые здания, построенные с 2020 года, должны иметь энергопотребление, близкое к нулевому

Более трети энергоресурсов нашей страны уходит на отопление зданий, из которых около половины тратится на тепловую энергию в многоквартирные дома [18]. Но примеров энергоэффективной реконструкции многоквартирных домов в России всё ещё мало, да и строительство большинства новых многоквартирных домов происходит с показателем теплосопотивления ограждений, близ-

ким к использовавшемуся ещё в советское время. У современных зданий (99% панельных и более 90% зданий с вентилируемым фасадом) термическое сопротивление стен не соответствует проекту и нормативным требованиям [19].

Тема энергоэффективности в отрасли строительства и ЖКХ в России табуирована, хотя государством взят курс на увеличение энергоэффективности и принят ряд требований по поэтапному повышению энергетической эффективности зданий, строений, сооружений. Приказом Минстроя от 6 июня 2016 года №399/пр определены классы энергетической эффективности многоквартирных домов для вновь построенных, реконструируемых или прошедших капремонт домов.

Например, для десятиэтажного дома базовый уровень удельной тепловой энергии для региона по параметрам, приближенным Московской области, составляет 265 кВт·ч/м² для отопительного периода, в том числе на отопление и вентиляцию 120 кВт·ч/м², а высочайшим классом энергоэффективности А++ будет считаться 106 и 48 кВт·ч/м², соответственно, и чем выше этажность, тем меньше этот показатель. И, хотя во многих регионах РФ пытаются решить этот вопрос путём регулирования тепловой энергии через установку индивидуальных тепловых пунктов, снижения энергопотребления на 40% и более по сравнению с базовым уровнем не удаётся достигнуть.

Для примера, в Германии последние 50 лет непрерывно увеличивались требования по энергосбережению зданий, и в 2013 году был принят закон о сбережении энергии, согласно которому все новые здания, построенные с 2020 года, должны иметь энергопотребление, близкое к нулевому, и в Германии к этому абсолютно готовы. В Европейском союзе такое требование обязательно с 2021 года [20], то есть потребность в энергии должна быть очень низкой, а необходимая энергия должна быть возобновляемой, получаемой вблизи здания.

У большинства специалистов отрасли строительства и ЖКХ в России нет практического опыта, а зачастую и понимания технологий энергоэффективного домостроения. Особенно для застройщика, ведь сегодня все подобные проекты проходят госэкспертизу и приёмку, вызывают сложности перехода на новые стандарты, ведь надо перестраивать все бизнес-процессы организации, которые придётся разработать под разные работы строительного производства, дополнительно обучать исполнителей, внедрять в работу и контролировать эти процессы.

Возможности информационного моделирования для решения проблем в сфере ЖКХ

табл. 2

Проблемы отрасли ЖКХ	Возможности информационного моделирования
Отсутствие точного перечня общего имущества с распределением в долях от жилой площади для каждого собственника. Отсутствие схем размещения инженерных сетей по дому, расположения несущих конструктивных элементов, сведений о произведённых перепланировках, ремонтах и реконструкции	Создание единой ЦИМ для МКД позволит определить информации об имуществе и инженерных системах с возможностью использования данных ЦИМ при капитальных ремонтах и модернизации
Отсутствие конкретных смет на обслуживание и текущий ремонт общего имущества МКД	Информационная модель позволит получить необходимые количественные данные по требуемым параметрам здания и оценить объем работ по обслуживанию
Расчёты потреблённой энергии производятся по тарифам, превышающих фактическое потребление ресурсов. Ручной контроль общедомовых счётчиков, данные которых никто не анализирует и не сравнивает с фактическим потреблением	Системы мониторинга инженерных систем дадут понимание о реальном потреблении ресурсов, сплошное снятие данных сэкономит время ручной проверки счётчиков, данные в платёжных документах могут автоматически заполняться по данным систем контроля и мониторинга
Отсутствие статистических данных и как следствие невозможность контроля потребления ресурсов и внедрения инноваций	На основе статистики возможно разработать меры по энергосбережению и обосновать эффективность их внедрения по сравнению с текущим состоянием и прочими вариантами модернизации
Необоснованность расходов на капитальные ремонты	ВІМ-модель здания также позволит реализовать реконструкцию и/или модернизацию наилучшим образом и проконтролировать капитальные расходы

В табл. 2 приведены возможности применения ТИМ для решения существующих проблем отрасли ЖКХ в части обслуживания, содержания и ремонта общего имущества и предоставления коммунальных услуг населению в многоквартирных домах в России.

Таким образом, качественный мониторинг инженерных систем многоквартирных домов позволит контролировать фактическое потребление ресурсов, создание единой ЦИМ даст понимание объёма, состояния и стоимости общего имущества. Данные мониторинга потребления коммунальных ресурсов и расчёты энергобалансов позволят обосновать и выбрать энергоэффективное решение модернизации и реконструкции многоквартирного дома. А использование современных систем управления инженерными системами помогут настроить бережливое потребление ресурсов.

Сегодня мы всё чаще слышим о большом износе жилых фондов (имущества и инженерных систем) в РФ, но оценить его состояние без понимания состава и состояния общего имущества, без наличия документов, сопровождавших этапы

жизненного цикла невозможно. Информация по общему имуществу, внесённая в Государственную информационную систему жилищно-коммунального хозяйства (ГИС ЖКХ), недостаточна и зачастую носит лишь словесное описание систем дома без технических схем и чертежей. Система ИСОГД, как источник информации об объекте, также находится ещё в зачаточном состоянии и не наполнена цифровыми информационными моделями, чтобы использовать их на этапах эксплуатации, реконструкции или капитального ремонта МКД. Для оценки износа надо понимать, что мы оцениваем, то есть необходимо определить предмет оценки, зафиксировать его параметры в единой информационной модели с учётом всех значимых параметров и лишь затем оценивать степень износа и принимать решения с использованием технологий информационного моделирования. Затраты на капремонт общего имущества МКД должны быть привязаны должным образом к определённому общему имуществу, подлежащему реконструкции, и они должны быть обоснованы с учётом лучшей мировой практики энергосбережения.

Следовательно, для многоквартирных домов, собственники жилых помещений которых готовы разбираться в проблемах обслуживания и эксплуатации своего дома и выберут энергосбережение, необходимо определить состояние общего имущества, оцифровать данные своего дома, внедрить сплошной контроль параметров потребления и выбрать решения для капитального ремонта с повышением класса энергетической эффективности. Инструментарием для реализации такого перехода к энергосбережению в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства неизбежно станут технологии информационного моделирования.

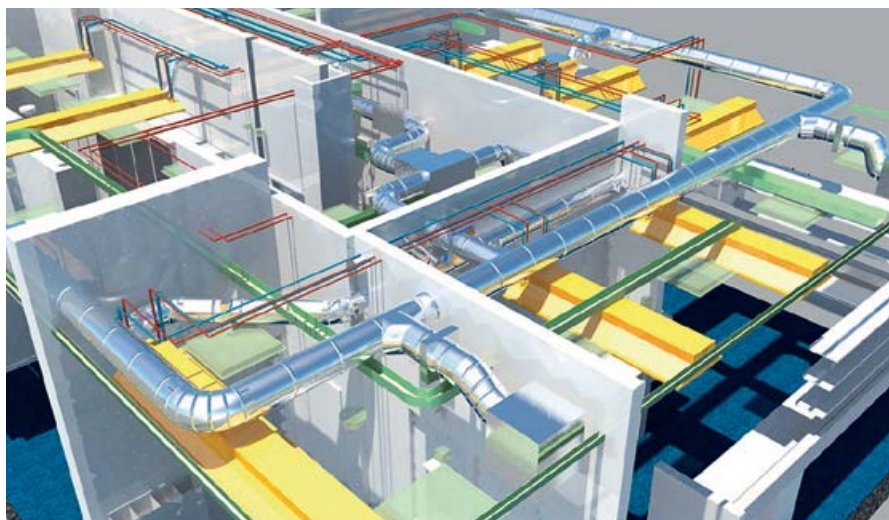
В Европе реализовано на практике много успешных примеров [21, 22] реконструкции зданий по стандартам энергоэффективного или «пассивного» дома, наилучший опыт которых в России нужно перенимать, чтобы избежать собственных ошибок начального этапа и значительно ускорить процесс внедрения.

Заключение

Сегодня в Российской Федерации служба заказчика и проектные организации постепенно внедряют технологии информационного моделирования в процессы проектирования и строительное производство гражданских объектов в силу требований технических регламентов безопасности к стандарту ВІМ-моделирования. Для государственных контрактов в сфере строительства запланирован обязательный переход на национальные стандарты ВІМ-моделирования с 2021 года для целей цифровизации строительной отрасли. Цифровые информационные модели будут интегрированы в систему ИСОГД, что позволит сделать прозрачными данные по созданию и вводу в эксплуатацию объектов капитального строительства, ускорить обмен градостроительной информацией.

Каждый этап жизненного цикла здания имеет свою цель, и ТИМ способствует достижению поставленных целей.





Несомненно, каждому участнику жизненного цикла требуется разработка стандарта информационного моделирования с определением целей, параметров данных, процедуры обмена и создания данных, определением роли ответственных исполнителей, требований к участникам на других этапах жизненного цикла. На примере энергоэффективного жилого дома представлен внутренний стандарт информационного моделирования объекта с применением на реализованных этапах жизненного цикла. В этап проектирования добавлено энергомоделирование для подбора и технико-экономического обоснования параметров. Сводная информационная модель может быть

выполнена в BIM-среде ArchiCAD, которая выбрана для целей BIM-моделирования объекта в качестве координационной в силу возможности трансляции через IFC-формат в любой программный комплекс и обратно.

3D- и 2D-представления сводной модели и прочая документация могут использоваться при эксплуатации, модер-

Понимание возможностей информационного моделирования собственниками жилых помещений в МКД будет способствовать ускорению внедрения этих технологий

низации и демонтаже объекта. Варианты использования информационной модели могут быть различными — от отслеживания состояния объекта на протяжении всего жизненного цикла до создания интегративных моделей управления объектом для решения задач соответствующего этапа, обоснование и принятие любых решений в отношении объекта.

На последующих после строительства этапах жизненных циклах здания технологии информационного моделирования в России практически не используются, за исключением зданий, прошедших сертификацию «зелёных» стандартов. А между тем использование технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла решает задачи эффективного управления общим имуществом и инженерными системами зданий для этапа эксплуатации, обоснованного капитального ремонта и модернизации оборудования на этапе реконструкции здания. Особенно эти задачи назрели в сфере ЖКХ при обслуживании многоквартирных домов. Понимание возможностей информационного моделирования собственниками жилых помещений в многоквартирных домах будет способствовать ускорению их внедрения на этапе обслуживания и реконструкции дома, повышению уровня энергосбережения. ●

- О внесении изменений в Федеральный закон «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 27.07.2019 №151-ФЗ (ред. от 13.07.2020).
- Национальные стандарты по информационному моделированию зданий и сооружений [Электр. текст]. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). Режим доступа: rst.gov.ru. Дата обращ.: 01.02.2021.
- Сводные правил по информационному моделированию в строительстве [Электр. текст]. Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве. Минстрой России. Режим доступа: faifcc.ru. Дата обращ.: 02.02.2021.
- Об утверждении требований к информационным моделям объектов капитального строительства, а также классификаторов для информационного моделирования: Приказ от 26.06.2019 №МКЭ-ОД/19-39 [Электр. текст]. Комитет города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов. Режим доступа: mos.ru. Дата обращ.: 02.02.2021.
- Мониторинг применения Федерального закона от 18.07.2011 №223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» в 2019 году [Электр. текст]. Минфин России. Режим доступа: minfin.gov.ru. Дата обращ.: 04.02.2021.
- Сводный аналитический отчёт по результатам осуществления мониторинга закупок, товаров, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд в соответствии с Федеральным законом от 05.04.2013 №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» по итогам 2019 года [Электр. текст]. Минфин России. Режим доступа: minfin.gov.ru. Дата обращ.: 04.02.2021.

- Строительство в России 2020. Статистический сборник [Электр. текст]. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Режим доступа: rostat.gov.ru. Дата обращ.: 04.02.2021.
- Султангузин И.А., Крутлюков Д.А., Яворовский Ю.В., Жигулина Е.В., Калякин И.Д., Говорин А.В., Яцок Т.В., Бартенев А.И., Хромченко В.Г. Применение BIM-, VEM- и CFD-технологий для проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективного дома // Журнал СОК, 2019. №9. С. 36–42.
- Яворовский Ю.В., Султангузин И.А., Крутлюков Д.А., Калякин И.Д., Яцок Т.В. Сравнение результатов энергетического моделирования жилого дома с помощью разных программных средств // Вестник МЭИ, 2020. №3. С. 31–39.
- Талапов В. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM [Электр. текст]. «Строительный эксперт» от 20.01.2017. Режим доступа: ardexpert.ru. Дата обращ.: 02.02.2020.
- Файст В.В. Основные положения по проектированию «пассивных домов». — М.: Изд-во АСВ, 2011. 144 с.
- Бродяч М.М., Ливчак В.И. Здание с близким к нулевому энергетическому балансу // АВОК, 2011. №5. С. 4–11.
- Чайкин В.Ю., Петров В.А., Султангузин И.А., Басалаев А.А., Нечаев А.Н., Капитонов Н.Н. Особенности совместного использования систем мониторинга и управления энергоэффективного дома / Энергосбережение. Теория и практика: Труды X Межд. школы-семинара молодых учёных и специалистов. Москва, НИУ «МЭИ», 19–23.10.2020. — Курск: Изд-во «Университетская книга», 2020. С. 291–297.
- Абдуллин В.В., Шнайдер Д.А., Курзанов С.Ю., Яворовский Ю.В. Использование технологии «интернета вещей» в отоплении зданий: упреждающее управление, распределённый мониторинг, интеллектуальная балансировка // Журнал СОК, 2018. №8. С. 54–58.
- Крутлюков Д.А., Яворовский Ю.В., Султангузин И.А., Нечаев А.Н., Трусов А.С. Экспериментальное и численное исследование работы системы потолочного

- охлаждения на основе гипсокартонных панелей с системой потолочно-вытяжной вентиляции с охлаждением приточного воздуха / Актуальные проблемы транспорта и энергетики — пути их инновационного решения: Сб. мат. VIII Межд. науч.-практ. конф. Нур-Султан, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, 20.03.2020. — Нур-Султан, 2020. С. 347–350.
- Петров В.А., Чайкин В.Ю., Христенко Б.А., Савицкий И.Д., Султангузин И.А., Демидов Е.А., Нечаев А.Н., Скоробатюк А.В. Перспективы развития инженерной системы энергоэффективного дома / Энергосбережение. Теория и практика: Труды X Межд. школы-семинара молодых учёных и специалистов. Москва, НИУ «МЭИ», 19–23.10.2020. — Курск: Изд-во «Университетская книга», 2020. С. 66–72.
- Султангузин И.А., Христенко Б.А., Чайкин В.Ю., Яцок Т.В., Крутлюков Д.А., Яворовский Ю.В., Нечаев А.Н., Скоробатюк А.В. Разработка и исследование сезонного аккумулятора теплоты и холода для системы энергоснабжения здания // Журнал СОК, 2021. [Материал готовится к печати].
- Смирнова Т. Опыт эксплуатации «пассивных домов» в России и Западной Европе // Строительная теплофизика и энергосбережение, 2009. №5. С. 430–432.
- Крышов С.И., Курилюк И.С. Проблемы экспертной оценки тепловой защиты зданий // Жилищное строительство, 2016. №7. С. 3–5.
- Schütz W. Energy saving regulations in Germany, history — status — future. 3. Ingenieurtag 2016. Der Fakultät Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme. GUS- und Osteuropatag. NESEFF-Netzwerktreffen 2016. Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg. Cottbus, Germany. November 14–15, 2016. Pp. 167–173.
- Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома / Пер. с нем. — СПб: БХВ-Петербург, 2011. 478 с.
- Бисмарк М. Реконструкция в Венском техническом университете / Здания высоких технологий, 2016. №4. С. 18–21.

References — see page 78.

BIM-modeling for the building life cycle: modern realities and development needs in Russia. Pp. 30–39.

Tatiana V. Yatsyuk, engineer-architect, "Agency of project consulting "Sodeistvie", LLC; **Ildar A. Sultanguzin**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Research University "Moscow Power Engineering Institute" (NRU "MPEI"); **Dmitry A. Kruglikov**, postgraduate student, NRU "MPEI"; **Yuri V. Yavorovskiy**, PhD, Head of the Department of Industrial Heat and Power Systems, NRU "MPEI"; **Bogdan A. Christenko**, postgraduate student, NRU "MPEI"; **Vladislav Yu. Chaikin**, master, NRU "MPEI"

1. O vnesenii izmenenij v Federal'nyj zakon "Ob uchastii v dolevom stroitel'stve mnogokvartirnyh domov i inyh ob'ektov nedvizhimosti i o vnesenii izmenenij v nekotorye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii i ot del'nyh zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii" [On amendments to the Federal Law "On participation in the shared construction of apartment buildings and other real estate objects and on amendments to some legislative acts of the Russian Federation and certain legislative acts of the RF"]. Federal Law of Russia No. 151-FL of July 27, 2019. [In Russian]
2. Nacional'nye standarty po informacionnomu modelirovaniu zdaniy i sooruzhenij [National standards for information modeling of buildings and structures]. *Federal'noe agentstvo po tehničeskemu regulirovaniu i metrologii (Rosstandart)* [Russian Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Rosstandart)]. Web-source: rst.gov.ru. Access data: February 1, 2021. [In Russian]
3. Svody pravil po informacionnomu modelirovaniu v stroitel'stve [Code of practice for information modeling in construction]. *Federal'nyj centr normirovaniya, standartizacii i tehničeskoy ocenki sootvetstvija v stroitel'stve. Minstroy Rossii* [Federal center for regulation, standardization and technical conformity assessment in construction. Ministry of Construction and Housing of the Russian Federation]. Web-source: faufcc.ru. Access data: February 2, 2021. [In Russian]
4. Ob utverzhenii trebovanij k informacionnym modeljam ob'ektov kapital'nogo stroitel'stva, a takzhe klassifikatorov dlja informacionnogo modelirovaniya [On the approval of requirements for information models of capital construction objects, as well as classifiers for information modeling]. Order of Moscow City Committee on Pricing Policy in Construction and State Expertise of Projects No. MKE-OD/19-39 of June 26, 2019. Web-source: mos.ru. Access data: February 2, 2021. [In Russian]
5. Monitoring primeneniya Federal'nogo zakona ot 18.07.2011 No. 223-FZ "O zakupkah tovarov, rabot, uslug ot del'nymi vidami juridicheskikh lits" v 2019 godu [Monitoring the application of the Federal Law of Russia No. 223-FL of July 18, 2011 "On the procurement of goods, works, services by certain types of legal entities" in 2019]. *Minfin Rossii* [Ministry of finance of the Russian Federation]. Web-source: minfin.gov.ru. Access data: February 4, 2021. [In Russian]
6. Svodnyj analiticheskij otchet po rezul'tatam osushchestvleniya monitoringa zakupok, tovarov, uslug dlja obespecheniya gosudarstvennyh i municipal'nyh nuzhd v sootvetstvii s Federal'nyim zakonom ot 05.04.2013 No. 44-FZ "O kontraktnoj sisteme v sfere zakupok tovarov, rabot, uslug dlja obespecheniya gosudarstvennyh i municipal'nyh nuzhd" po itogam 2019 goda [Consolidated analytical report on the results of monitoring purchases, goods, services to meet state and municipal needs in accordance with Federal Law of Russia No. 44-FL of April 5, 2013 "On the contract system in the procurement of goods, works, services to ensure state and municipal needs" at the end of 2019]. *Minfin Rossii* [Ministry of finance of the Russian Federation]. Web-source: minfin.gov.ru. Access data: February 4, 2021. [In Russian]
7. Stroitel'stvo v Rossii 2020. Statisticheskij sbornik [Construction in Russia 2020. Statistical collection]. *Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat)* [Russian Federal State Statistics Service (Rosstat)]. Web-source: rosstat.gov.ru. Access data: February 4, 2021. [In Russian]
8. I.A. Sultanguzin, D.A. Kruglikov, E.V. Zhigulina, I.D. Kaljakin, A.V. Govorin, T.V. Jacjuk, A.I. Bartenev, V.G. Hromchenkov. *Primenenie BIM-, BEM- i CFD-tehnologij dlja proektirovaniya, stroitel'stva i jekspluatacii jenergojeffektivnogo doma* [Application of BIM, BEM and CFD technologies for the design, construction and operation of an energy efficient home]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2019. No. 9. Pp. 36–42. [In Russian]
9. Ju.V. Yavorovskij, I.A. Sultanguzin, D.A. Kruglikov, I.D. Kaljakin, T.V. Jatsyuk. *Sravnenie rezul'tatov jenergeticheskogo modelirovaniya zhilogo doma s pomosh'ju raznyh programnyh sredstv* [Comparison of the results of energy modeling of a residential building using different software]. *Vestnik MPEI* [Bulletin of Moscow Power Engineering Institute]. 2020. No. 3. Pp. 31–39. [In Russian]
10. V. Talapov. *Zhiznennyj cikl zdaniya i ego svyaz' s vnedreniem tehnologii BIM* [Life cycle of a building and its relationship with the introduction of BIM technology]. "Construction Expert". January 20, 2017. Web-source: ardxpert.ru. Access data: 02.02.2020. [In Russian]
11. Vol'fgang V. Fajst. *Osnovnye polozheniya po proektirovaniu "passivnyh domov"* [Basic provisions for the design of passive houses]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2011. 144 p. [In Russian]
12. M.M. Brodach, V.I. Livchak. *Zdanie s blizkim k nulevomu jenergeticheskomu balansu* [A building with close to zero energy balance]. *AVOK* [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2011. No. 5. Pp. 4–11. [In Russian]
13. V.Ju. Chajkin, V.A. Petrov, I.A. Sultanguzin, A.A. Basalaev, A.N. Nechaev, N.N. Kapitonov. *Osobennosti sovmestnogo ispol'zovaniya sistem monitoringa i upravleniya jenergojeffektivnogo doma* [Features of the joint use of monitoring and control systems for an energy efficient home]. *Jenergosberezhenie — teorija i praktika: Trudy X Mezhd. shkoly-seminara molodyh uchennyh i specialistov* [Energy saving: theory and practice. Proc. of the X International School-Seminar for Young Scientists and Specialists]. Moscow. National Research University "Moscow Power Engineering Institute". October 19–23, 2020. Kursk. *Izd-vo "Universitetskaja kniga"* ["University book" Publishers]. 2020. Pp. 291–297. [In Russian]
14. V.V. Abdullin, D.A. Shnajder, S.Ju. Kurzanov, Ju.V. Yavorovskij. *Ispol'zovanie tehnologii "interneta veshhej" v otoplenii zdaniy: uprezhdajushhee upravlenie, raspredelennyj monitoring, intellektual'naja balansirovka* [Using the IoT in heating buildings: proactive control, distributed monitoring, intelligent balancing]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 8. Pp. 54–58. [In Russian]
15. D.A. Kruglikov, Ju.V. Yavorovskij, I.A. Sultanguzin, A.N. Nechaev, A.S. Trusov. *Jeksperimental'noe i chislennoe issledovanie raboty sistemy potolnochnogo ohlazhdenija na osnove gipsokartonnyh panelej s sistemoy potolnochno-vytjazhnoj ventiljacii s ohlazhdeniem pritochnogo vozduha* [Experimental and numerical study of the operation of a ceiling cooling system based on plasterboard panels with a ceiling-exhaust ventilation system with supply air cooling]. *Aktual'nye problemy transporta i jenergetiki: puti ih innovacionnogo reshenija. Sb. mat. VIII Mezhd. nauch.-prakt. konf.* [Actual problems of transport and energy: ways of their innovative solution. Col. vol. of the VIII International scientific and practical conference]. Gumilyov Eurasian National University. Mart 20, 2020. Nursultan, Republic of Kazakhstan. 2020. Pp. 347–350. [In Russian]
16. V.A. Petrov, V.Ju. Chajkin, B.A. Hristenko, I.D. Savickij, I.A. Sultanguzin, E.A. Demidov, A.N. Nechaev, A.V. Skorobajuk. *Perspektivy razvitiya inženernoj sistemy jenergojeffektivnogo doma* [Prospects for the development of an energy efficient home engineering system]. *Jenergosberezhenie — teorija i praktika. Trudy X Mezhd. shkoly-seminara molodyh uchennyh i specialistov* [Energy saving: theory and Practice. Proc. of the X International School-Seminar for Young Scientists and Specialists]. Moscow. National Research University "Moscow Power Engineering Institute". October 19–23, 2020. Kursk. *Izd-vo "Universitetskaja kniga"* ["University book" Publishers]. 2020. Pp. 66–72. [In Russian]
17. I.A. Sultanguzin, B.A. Hristenko, V.Ju. Chajkin, T.V. Yatsyuk, D.A. Kruglikov, Ju.V. Yavorovskij, A.N. Nechaev, A.V. Skorobajuk. *Razrabotka i issledovanie sezonnogo akkumuljatora teploty i holoda dlja sistemy jenergosnabzhenija zdaniya* [Development and research of a seasonal heat and cold accumulator for the building's power supply system]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2021. [In work]
18. T. Smirnova. *Opyt jekspluatacii "passivnyh domov" v Rossii i Zapadnoj Evrope* [Experience of operating passive houses in Russia and Western Europe]. *Stroitel'naja teplofizika i jenergosberezhenie* ["Building thermal physics and energy saving" Magazine]. 2009. No. 5. Pp. 430–432. [In Russian]
19. S.I. Kryshov, I.S. Kuriljuk. *Problemy jekspertnoj ocenki teplovoj zashchity zdaniy* [Problems of expert assessment of thermal protection of buildings]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* ["Housing construction" Magazine]. 2016. No. 7. Pp. 3–5. [In Russian]
20. W. Schütz. *Energy saving regulations in Germany, history — status — future*. 3. Ingenieurtag 2016. Der Fakultät Maschinenbau, Elektro- und Energiesysteme. GUS- und Osteuropatag. NESEFF-Netzwerktreffen 2016. Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg. Cottbus, Germany. November 14–15, 2016. Pp. 167–173.
21. I. Gabriel, H. Ladener. *Rekonstrukcija zdaniy po standartam jenergojeffektivnogo doma* [Reconstruction of buildings according to energy efficient home standards]. Transl. from German. St. Petersburg. *BHV-Peterburg* ["BHV-Petersburg" Publishers]. 2011. 478 p. [In Russian]
22. M. Bismark. *Rekonstrukcija v Venskom tehničeskome universitete* [Reconstruction at the Vienna Technical University]. *Zdaniya vysokih tehnologij* ["High technology buildings" Magazine]. 2016. No. 4. Pp. 18–21. [In Russian]