



Электронная форма технической документации, основа современных методов эксплуатации объектов недвижимости

Л.Н. Чернышов¹, А.Г. Калгушкин²

^{1,2}Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

Аннотация. Безопасность и долговечность функционирования сданных в эксплуатацию зданий, строений, сооружений зависит от качества, эффективности и своевременности выполнения работ персоналом эксплуатационных организаций. В свою очередь осуществляемая деятельность по содержанию, обслуживанию и ремонту конструктивных элементов, инженерных систем и оборудования объектов недвижимости невозможна без использования технической документации (чертежей, схем, журналов, инструкций паспортов и др.). Проведен анализ нормативно - правовых документов в сфере строительства, регулирующих организацию и осуществление деятельности проектных, строительных, экспертных, эксплуатирующих организаций и отраслевых органов исполнительной власти. Результаты исследования позволили сформулировать предложения о необходимости внесения дополнения в существующие нормативно-правовые документы в части касающейся возможности использования исполнительной и эксплуатационной документации на эксплуатационном этапе жизненного цикла объекта капитального строительства. При подготовке публикации проведен анализ совместимости форм и содержания исходной и эксплуатационной документации, передаваемой застройщиком эксплуатационной организации, а также рассмотрены возможности её синхронизации в рамках внедрения цифровых информационных моделей объектов капитального строительства. Описаны преимущества использования электронных документов на эксплуатационном этапе жизненного цикла объекта капитального строительства, в том числе трансформация электронных документов в интерактивные электронные документы, для более доступных форм организации выполнения регламентных работ персоналом эксплуатирующей организации. Кроме того, показаны перспективы дальнейшего использования интерактивных электронных документов в образовательном процессе учреждений образования.

Ключевые слова: здания, строения, сооружения; техническая, электронная и интерактивная документация; эксплуатация, цифровизация, персонал, эксплуатационная организация

Для цитирования: Чернышов Л.Н., Калгушкин А.Г. Электронная форма технической документации, основа современных методов эксплуатации объектов недвижимости // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2025. Т. 15. № 3. С. 539–549. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-3-539-549>. EDN: ZIVKMR.

Original article

The electronic form of technical documentation, the basis of modern methods of operation of real estate

Leonid N. Chernyshov¹, Alexey G. Kalgushkin²

^{1,2}National Research University Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Abstract. The safety and durability of the operation of commissioned buildings, structures, and structures depends on the quality, efficiency, and timeliness of work performed by the personnel of the operating organizations. In turn, the activities carried out on the maintenance, maintenance and repair of structural elements, engineering systems and equipment of real estate objects are impossible without the use of technical documentation (drawings, diagrams, magazines, passport instructions, etc.). The analysis of regulatory documents in the field of construction regulating the organization and implemen-

tation of the activities of design, construction, expert, operating organizations and industry executive authorities is carried out. The results of the study made it possible to formulate proposals on the need to make additions to existing regulatory documents regarding the possibility of using executive and operational documentation at the operational stage of the life cycle of a capital construction facility. During the preparation of the publication, the compatibility of the forms and content of the source and operational documentation transmitted by the developer to the operating organization was analyzed, as well as the possibilities of its synchronization within the framework of the introduction of digital information models of capital construction facilities. The advantages of using electronic documents at the operational stage of the life cycle of a capital construction facility are described, including the transformation of electronic documents into interactive electronic documents for more accessible forms of organizing routine maintenance by the personnel of the operating organization. In addition, the prospects for further use of interactive electronic documents in the educational process of educational institutions are shown.

Keywords: buildings, structures, structures; technical, electronic and interactive documentation; operation, digitalization, personnel, operational organization

For citation: Chernyshov L.N., Kalgushkin A.G. The electronic form of technical documentation, the basis of modern methods of operation of real estate. Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate. 2025;15(3):539-549. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-3-539-549>. EDN: ZIVKMR.

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация – комплекс организационных и технических мероприятий, включающий управление, эксплуатационный контроль, техническое обслуживание, содержание и текущий ремонт зданий, строений, сооружений (ЗСС), гарантирующий предоставление соответствующих коммунальных услуг, на протяжении всего периода эксплуатации, а также функционирования объекта недвижимости по назначению.

Эксплуатационный этап жизненного цикла объекта капитального строительства (ОКС) начинается с момента введения объекта в эксплуатацию, в процедуру которого входит передача собственнику или уполномоченной им эксплуатирующей организации скомплектованной, в соответствии с СП 68.13330.2017 «СНиП 3.01.04-87 Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения», исполнительной и эксплуатационной документации. Требования к передаваемой документации, определены в «Положении о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 г. № 87, где в частности предусмотрен раздел «Мероприятия по обеспечению безопасной эксплуатации объектов капитального строительства», сформированный на основе норм ст. 17 федерального закона № 337 от 28.11.2011 г. «О внесении изменений в Градостроительный кодекс РФ и отдельные законодательные акты РФ» и п. 9 ст. 15 «Техниче-

ского регламента о безопасности зданий и сооружений».

Соблюдение данного требования является важнейшим элементом, способствующим обеспечению надежного и безопасного функционирования здания, строения, сооружения по его функциональному назначению в течение достаточно продолжительного периода времени (от 30 до 100 лет и более).

Таким образом, наличие и использование эксплуатирующей организацией исполнительной и эксплуатационной (технической) документации, является непременным условием качества и надежности функционирования объекта недвижимости.

Важным элементом ведения технической документации на эксплуатационном этапе жизненного цикла объекта капитального строительства является полнота и своевременность внесения в нее всех изменений, которые возникают в конструкциях, инженерном оборудовании и системах ЗСС, происходящих в процессе выполнения работ по их содержанию, обслуживанию и ремонту. Это позволит не только давать объективную оценку качеству выполняемых работ, но и избежать впоследствии ошибок, при осуществлении дальнейшей эксплуатации объекта недвижимости.

Следует отметить, что использование полного комплекта технической документации в мировом опыте эксплуатации ЗСС отмечается как основа рационального использования энергетических и финансовых ресурсов, залог обеспечения нормативных сроков службы объекта капитального строительства [1].

МЕТОДЫ

Для безопасной эксплуатации ЗСС на эксплуатационном этапе жизненного цикла следует отметить непременные условия, касающиеся не только использования эксплуатирующей организацией в своей деятельности двух видов технической документации – исполнительной (чертежи деталей и узлов, схемы, разрезы, сечения и др.) и эксплуатационной (журналы, паспорта, акты, ведомости, планы и пр.), но и различия, лежащие в основе их разработки и оформления.

В первую очередь это обусловлено тем, что эксплуатация объектов недвижимости невозможна без использования в процессе выполнения работ по техническому обслуживанию, содержанию и текущему ремонту:

- чертежей деталей и узлов конструкции ЗСС, представленных в виде разрезов и сечений (рис. 1);
- схем прокладки инженерных систем;
- чертежей «привязки» устанавливаемых приборов и оборудования (рис.2), которые

разрабатываются на стадии проектирования и строительства объекта.

В соответствии с требованиями национального стандарта ГОСТ 2.601–2006 «Единая система конструкторской документации», чертежи деталей и узлов, схем, разрезов, сечений – это конструкторские документы, разработка которых стандартизована, то есть ведется строго по требованиям, указанным в выше упомянутом национальном стандарте и других стандартах в соответствующей области деятельности.

Данные обстоятельства делают эти документы, выпускаемые в бумажном виде, актуальными для прочтения и понимания инженерно-техническим и линейным персоналом строительных и эксплуатирующих организаций вне зависимости от авторства и места их разработки. Более того, в ч. 7 ст. 53 Градостроительного кодекса РФ указано, что исполнительная документация должна храниться в течение всего срока эксплуатации здания, сооружения.

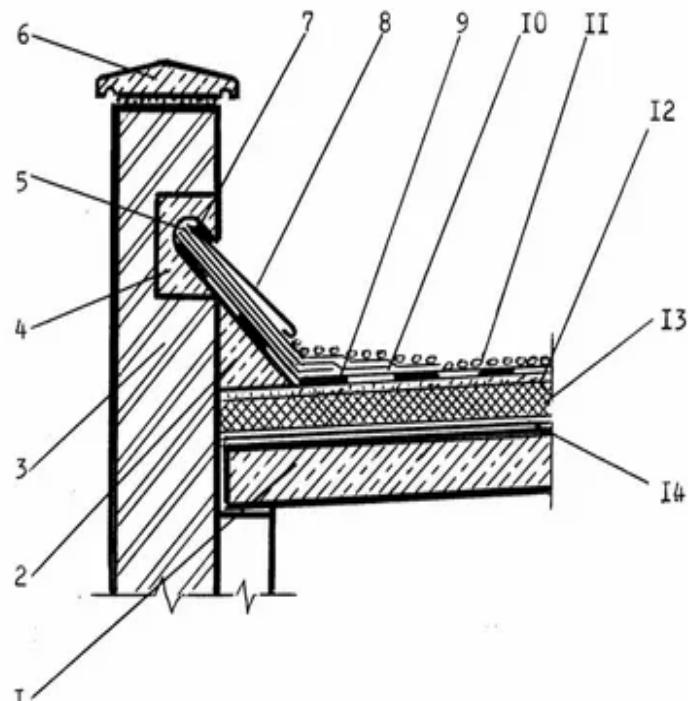


Рис. 1. Деталировка элементов примыкания кровли к стене здания: 1 – плита покрытия; 2 – бортик; 3 – парапет стеновой; 4 – цементный замок; 5 – мастика герметизирующая, 6 – плита парапетная; 7 – гидроизоляция рулонная; 8 – фартук защитный оцинкованный; 9 – диффузионная прослойка; 10 – дополнительный слой гидроизоляции; 11 – защитный слой из гравия, втопленного в битумную мастику; 12 – стяжка цементная; 13 – утеплитель; 14 – пароизоляционный слой

Fig. 1. Detailing the elements of the roof abutment to the building wall: 1 – roof slab; 2 – kerb; 3 – wall parapet; 4 – cement lock; 5 – sealing mastic, 6 – parapet slab; 7 – roll waterproofing; 8 – galvanized protective apron; 9 – diffusion layer; 10 – additional waterproofing layer; 11 – protective layer of gravel embedded in bitumen mastic; 12 – cement screed; 13 – insulation; 14 – vapor barrier layer

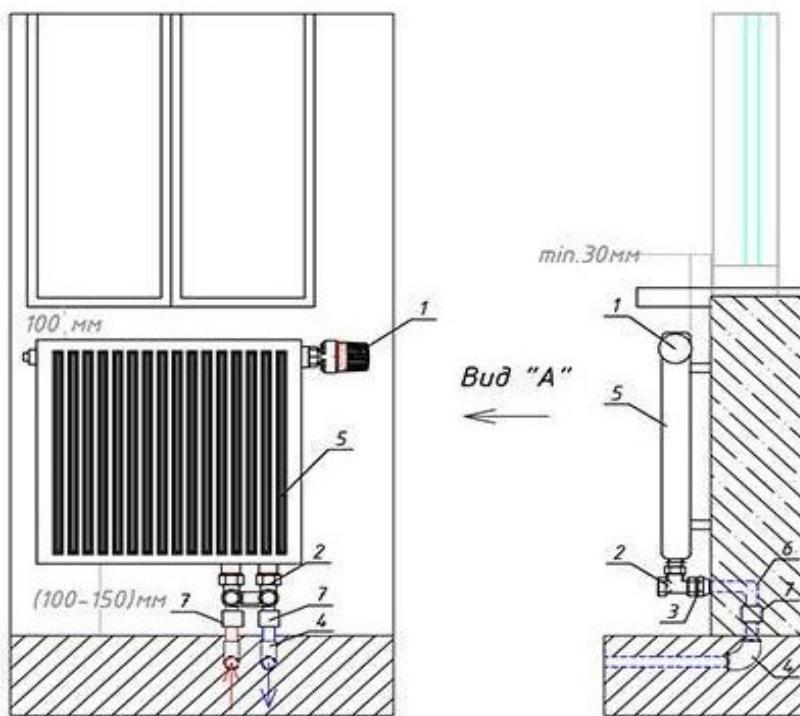


Рис. 2. Чертеж установки прибора отопления: 1 – головка термостатическая; 2 – узел нижнего подключения; 3 – переходник; 4 – отвод 90; 5 – отопительный прибор (радиатор отопления); 6 – отвод крутоизогнутый; 7 – муфта соединительная
Fig. 2. Drawing of the heating device installation: 1 – thermostatic head; 2 – lower connection unit; 3 – adapter; 4 – 90 bend; 5 – heating device (radiator); 6 – sharply curved bend; 7 – connecting sleeve

Согласно требованиям СП 255.1325800.2016. «Свод правил. Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения», эксплуатационная документация делится на документацию длительного хранения и документацию, заменяемую в связи с истечением срока ее действия. И та и другая документация носит рабочий, прикладной характер, раскрывающая процедурные вопросы организации деятельности персонала организации осуществляющей функции содержания, обслуживания и ремонта конструктивных элементах, инженерных системах и оборудовании объектов недвижимости в соответствии с требованиями заключенных договоров и технических регламентов [2].

Таким образом, эксплуатационная документация, приведенная в СП 255.1325800.2016 носит в основном информационно-статистический и учетный характер (журналы, паспорта, акты, ведомости, планы и

пр.), в то время как работы по техническому обслуживанию, содержанию и текущему ремонту конструктивных элементов и инженерных систем зданий, строений, сооружений осуществляются в соответствии с утвержденными планами, графиками, правилами и нормами технической эксплуатации зданий, строений и сооружений, с использованием исполнительных схем и рабочих чертежей, которые входят в пакет исполнительной документации в рамках процедуры ввода объекта капитального строительства в эксплуатацию [3, 4].

В тоже время формы эксплуатационных документов длительного хранения¹ и заменяемых с течением времени эксплуатации объекта недвижимости не стандартизированы. В нормативно-правовых документах, регулирующих деятельность по эксплуатации объектов недвижимости, приводятся лишь требования к содержанию этих документов. Кроме того, эксплуатационные документы не синхронизи-

¹Единственным формализованным эксплуатационным документом, является «Инструкция по эксплуатации многоквартирного дома», утвержденная приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 01.06. 2007 г. N 45., которая была разработана в соответствии постановлениями Правительства РФ, регулирующими вопросы осуществления деятельности по управлению многоквартирными домами, а также правила содержания общего имущества в многоквартирном доме.

рованы по форме и содержанию с исполнительной документацией, что затрудняет перенос и внесения сведений в исполнительную документацию, касающихся изменений в элементах и инженерных системах ЗСС, которые возникают в процессе выполнения работ по их содержанию, обслуживанию и ремонту.

Более того, соответствующие требования к порядку ведения эксплуатационной документации, по аналогии с журналами общестроительных и специальных работ (см. приказ Минстроя России от 2.12.2022 г. № 1026/пр) в строительных нормативно – методических документах, не установлены.

В свою очередь, для контроля достоверности соответствия объекта требованиям проектной документации, в том числе с учетом внесенных в неё изменений на стадии строительства, не случайно в числе «подписантов» актов (приложение 4 и 5, в составе исполнительной документации, утвержденной приказом Минстроя России № 344/пр от 16.05.2023г. значится «лицо ответственное за эксплуатацию здания сооружения».

В тоже время, в СП 68.13330.2017 упоминание о таком «лице», представляющего интересы собственника объекта недвижимости или уполномоченной им эксплуатационной организации, которая принимает на себя бремя эксплуатации ЗСС на ближайшие 30 – 50 лет, отсутствует.

В настоящее время, исходя из анализа утвержденных и реализуемых в стране Национальных проектов, все большее внимание уделяется вопросам комфорта и безопасности строящихся и эксплуатируемых зданий и сооружений, создаются инновационные инструменты развития территорий. При этом, не секрет, что основой безопасности объектов недвижимости, является мониторинг и качественный анализ рисков, возникающих в процессе износа основных элементов и инженерных систем ЗСС, а также полнота и достоверность исходной и накопленной информации о их состоянии. Сегодня именно цифровые технологии позволяют собирать и использовать большой объем данных о состоянии элементов зданий сооружений, инженерных системах и оборудовании, в том числе вторично, многократно и в разрезе большего спектра задач, которые они выполняют для создания безопасных, доступных и комфортных условий в

объектах недвижимости с длительным периодом пребывания человека и формирования эффективной системы управления городским хозяйством [4]. Особое значение это обстоятельство приобретает в условиях реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», благодаря которой было разработано и утверждено распоряжением Правительства РФ от 27.12.2021 г. № 3883-р «Стратегическое направление в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства РФ до 2030г.». В этом многостраничном документе представлен комплексный подход к цифровой трансформации системы управления деятельностью в области строительства и эксплуатации ОКС, охватывающий все этапы его жизненно-го цикла, от проектирования до утилизации.

Цели и задачи цифровой трансформации отраслей строительства и жилищно-коммунального хозяйства (далее – ЖКХ), изложенные в этом документе, касаются, с одной стороны, адаптации системы городского управления к постоянным изменениям запросов общества (потребителей, бизнеса и др.), чтобы эти запросы прогнозировать и опережать, а с другой для того, чтобы обеспечить многоплановую, комплексную работу с ОКС, на основе преемственности, взаимопонимания и тесного взаимодействия специалистов и организаций различных направлений деятельности: проектировщиков; производителей строительных материалов, изделий и оборудования; строителей; финансовых, эксплуатирующих и ресурсоснабжающих организаций. [5, 6]. В соответствии с ГОСТ Р 57311-2016 «Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объекта завершенного строительства» установлен состав цифровой информационной модели, требования к организации процесса управления информацией, перечень эксплуатационной документации, которая должна входить в состав этой цифровой модели. Учитывая это можно определить, что внедрение и применение ТИМ (BIM)-технологий как в строительстве, так и при организации мероприятий по эффективной эксплуатации не может осуществляться без ведения технической документации в электронном формате², в которой фиксируются основ-

²В соответствии с ГОСТ Р 70108-2022 «Документация исполнительная. Формирование и ведение в электронном виде», электронный документ, это документированная информация, представленная в электронной форме, то есть в виде, пригодном для восприятия человеком с использованием электронных вычислительных машин, а также для передачи по информационно-телекоммуникационным сетям или обработки в информационных системах.

ные результаты деятельности эксплуатантов на всех этапах жизненного цикла здания, строения, сооружения.

Формирование и ведение исполнительной документации на этапе строительства объекта недвижимости, в том числе с применением технологий информационного моделирования, на данный момент достаточно подробно представлен Градостроительном кодексе РФ, а также в отраслевых сводах правил, СНИПах, ГОСТах и приказах Минстроя России.

Грамотное использование технической документации и корректное отражение изменений, возникающих в процессе эксплуатации объекта недвижимости позволит принимать правильные инженерные решения при его эксплуатации, в том числе в случае необходимости производства работ на ранее отремонтированных элементах и системах ЗСС.

Кроме того, в случае нарушения «штатной» работы конструкций и инженерных систем ЗСС в отдаленной перспективе, изменения отражённые в технической документации по результатам проведения регламентных работ на эксплуатационном этапе жизненного цикла, позволяют объективно подойти к определению причин отклонения в их работе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассматривая процесс эксплуатации объекта недвижимости, как совокупность действий персонала эксплуатационной организации, руководствующегося исполнительной и эксплуатационной документацией при выполнении работ, следует отметить, что при отсутствии нормативно установленных форм эксплуатационной документации, в которых первоначально фиксируются изменения возникающие в конструктивных элементах, инженерных системах и оборудования ЗСС в процессе эксплуатации, перенос этой информации в исполнительную документацию (чертежи деталей и узлов, схемы, разрезы, сечения и др.) сегодня ограничен или существенно осложнен.

В тоже время, цифровая информационная модель ОКС позволяет обеспечить соблюдения требований синхронизации этой документации ввиду того, что перечень необходимых документов подлежащих передаче от застройщика эксплуатирующей организации будет «защит» в программно – методическом комплексе цифровой информационной модели объекта капитального строительства [7].

Следует отметить, что если на первых этапах информационное моделирование в строительстве осуществлялось на базе систем автоматического проектирования и стро-

ительства (САПР), данных электронных библиотек и смет на строительство и решало локальные задачи, например: оптимизацию затрат на строительство, то цифровая информационная модель ЗСС (цифровой двойник), это уже многофункциональная платформа, позволяющая на основе инструментального мониторинга собрать «Большие данные» («BIG DATA») о реальном текущем состоянии объекта недвижимости, в процессе его строительства и эксплуатации.

Таким образом, собранные цифровые данные позволяют перейти от «прогнозных (предиктивных) функций информационной модели к проактивным, когда машинный интеллект и дополненная реальность делают это стремительно (более оперативно) для каждого элемента ОКС и предлагают обоснованное решение проблемы с учётом всей полноты накопленных сведений, обеспечивая эффективное управление на всех этапах жизненного цикла [8, 9].

Внедрение технологии информационного моделирования, а также требования нормативных документов в строительстве (ГОСТ Р 21.101-2020) касающиеся необходимости дублирования на персональном компьютере и хранения на магнитных носителях документов длительного хранения, ввиду возможной утраты бумажных экземпляров технической документации, открывает возможности для появление интерактивной электронной технической документации (далее - ИЭТД), представляющей собой электронные документы, содержащие сведения о конструктивных элементах, инженерных системах и оборудовании объектов недвижимости, представленных в графическом и текстовом формате, которые «преподносят» сведения об объекте и его элементах в более доступной, наглядной форме и обеспечивает пользователя справочными материалами, рассказывая об элементах и системах ЗСС, принципах их работы и регламентных эксплуатации (рис.3).

Интерактивная электронная инструкция по эксплуатации здания, строения, сооружения должна быть простой и наглядной при использовании настолько, чтобы работник (или студент), обладающий необходимыми знаниями и навыками в области строительства и технической эксплуатации, мог найти необходимый участок производства работ, понять, из каких элементов и материалов состоит элемент инженерной коммуникации или конструкции ЗСС, понять их устройство и назначение, выполнить необходимые мероприятия и сделать отметку о проведенных работах в интерактив-

ной модели здания, строения сооружения. Поэтому в ИЭИЭ должны быть представлены объемные модели, с четкой детализацией узла или конструктивного элемента здания, видео инструкция или иллюстрированная технологическая карта, описывающая последовательность работ по техническому обслуживанию и ремонту инженерно-технического оборудования, инженерных систем или конструктивных элементов объекта (ЗСС).

Трехмерная интерактивная модель элемента должна давать эксплуатанту полное представление о месте положения узла в здании, способам доступа к узлу и производства работ с ним, для того чтобы работник эксплуатирующей организации мог выполнить

осмотр объекта обслуживания или ремонта как в реальных условиях, так и перед началом производства работ [10]. Технологические подвижные модели формируются методом чередования двух - или трехмерных наглядных изображений и представляют собой чередование чертежей или эскизов от исходных изображений до достижения результата для наглядной демонстрации, например, сложной процедуры ремонта узла, сочетающего в себе разборку, сборку, а также замену элементов конструкции здания, строения, сооружения.

При необходимости такая модель должна обеспечивать возможность смены положения объекта для демонстрации скрытых или труднодоступных компонентов (рис. 3).

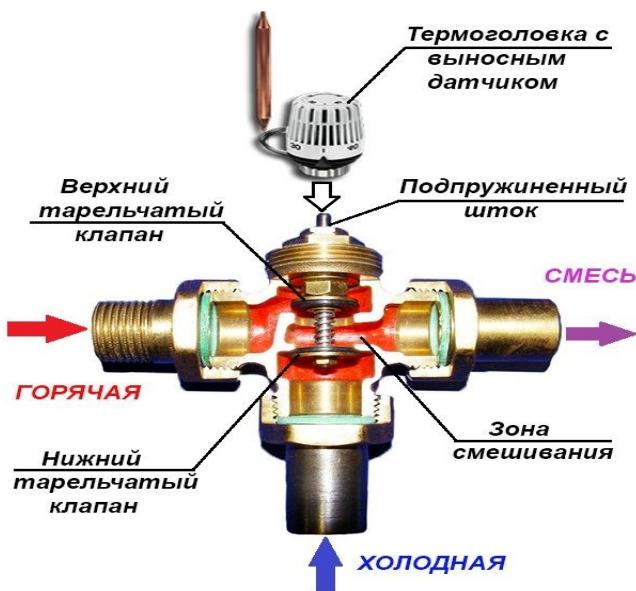


Рис. 3 Анимационная модель регулирующего устройства
Fig. 3 Animation model of the regulating device

В видео- (ролике, клипе), представляется реальное киноизображение, на котором представлена последовательность выполнения операций по обслуживанию или работе элементов (оборудования) ЗСС (рис. 4).

Такая интерактивная электронная документация, предлагаемая на современных средствах коммуникаций в доступной и наглядной форме в совокупности со справочной информацией, позволяет не только персоналу эксплуатационной организации, но и студентам профильным учреждениям образования в интерактивном формате:

- осуществлять моделирование процессов технического обслуживания и текущего ремонта конструктивных элементов, инженерно-технического оборудования и инженерных систем ЗСС;

- давать возможность представления последовательности действий персонала при выполнении работ по эксплуатации в формате видеотрансляции и анимационном формате;

- определять технические решения необходимые персоналу при выполнении работ эксплуатации, прогнозировать риски и их влияние на технологические процессы;

- обеспечивать возможность синхронного с выполнением работ изменений в изменяющуюся эксплуатационную документацию и документацию длительного хранения (при необходимости);

- обеспечивать осуществление мероприятий по поиску и устранению дефектов на элементах конструкции, инженерно-техническом оборудовании и инженерных системах ЗСС, предупреждению возникновения аварийных ситуаций и технических сбоев.



Рис. 4. Видео-клип монтажа сантехнического оборудования
Fig. 4. Video clip of plumbing installation

При этом глубину анализа при необходимости можно будет расширить, добавив дополнительные данные или отметить их недостаточность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что эксплуатационные документы не синхронизированы по форме и содержанию с исполнительной документацией что затрудняет «перенос» и внесения сведений в исполнительную документацию, об изменениях, которые возникают в процессе выполнения работ по их содержанию, обслуживанию и ремонту. Это приводит к некорректному отражению изменений в элементах и инженерных системах ЗСС, возникающих в процессе эксплуатации объекта недвижимости, что не позволяет принимать правильные инженерные решения при его эксплуатации, в том числе в случае необходимости производства работ на ранее отремонтированных элементах и инженерных системах. В тоже время, возможность синхронизации форм и содержания исполнительной и эксплуатационной документации в цифро-

вой информационной модели позволят установить единый подход к составу технической документации на стадии эксплуатации ЗСС, и будет способствовать формированию критериев оценки технического состояния объекта недвижимости.

Это позволит не только прогнозировать изменение технического состояния конструктивных элементов и инженерных систем объекта недвижимости, но и автоматизировать процессы принятия организационно – технических решения персоналом эксплуатационных организаций, обеспечивающие надёжность и безопасность их функционирования на эксплуатационном этапе его жизненного цикла. Исходя из этого возникает необходимость дополнения уровня проработки цифровых информационных моделей - «Эксплуатационная модель», СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели», в части касающейся исполнительной и эксплуатационной документации. Кроме того, использование в процессе строительства и

эксплуатации ЗСС электронной документации обеспечивает возможность разработки и внедрения интерактивной электронной технической документации, неоспоримым достоинством которой является возможность виртуального отображения последовательности действий эксплуатирующего персонала при технической эксплуатации и ремонте инженерно-технического оборудования, инженерных систем, элементов конструкций ЗСС в виде трёхмерных моделей, анимационных роликов - технологических карт, видеоинструкций, что позволит минимизировать ошибки при их обслуживании и ремонте, а также в режиме

реального времени производить отметки о произведенных работах. Подобная «прозрачность» и обоснованность выбора различных форм электронных документов предоставляет возможность эксплуатационным организациям шире использовать современные технологий по организации и выполнению работ по содержанию и ремонту ЗСС, а визуализация и прогноз технического состояния объекта недвижимости становится доступным не только эксплуатирующей организации, но и собственнику объекта недвижимости и органам власти и контрольно - надзорным организациям [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Goretti H.A., Kaming P. A Review and Bibliometric Analysis of Utilizing Building Information Modeling (BIM) On Effective Operation and Maintenance (O&M) // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 429. P. 1–12. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342901002>.
2. Чернышов Л.Н., Ивчик Т.А., Калгушкин А.Г. Особенности функционирования многоквартирных зданий на эксплуатационном этапе жизненного цикла // Экономика строительства. 2024. № 9. С. 343–347. EDN: APJGKC.
3. Черепанов Н.В., Буслаев С.П. Проблемы создания электронного архива конструкторской документации на основе бумажного архива // Инновации и инвестиции. 2020. № 10. С. 163–165. EDN: ECJPZD.
4. Рашев В.С., Астафьева Н.С., Рогожкин Л.С., Григорьев В.Ю. Анализ внедрения технологии информационного моделирования в Российских строительных компаниях по проектированию и строительству инженерных систем // Вестник Евразийской науки. 2020. Т. 12. № 3. С. 1–11. EDN: LWIIUW.
5. Jibrin I.M., Shehu M.A., Abubakar S.I., Akpobasa B.O., Abdullah F.S. Application of BIM Implementation Process in the Operation and Maintenance of Information Management System in Building Facilities // Environmental Technology and Science Journal. 2023. Vol. 14. Iss. 2. P. 1–9. <https://doi.org/10.4314/etsj.v14i2.6>.
6. Коротеев Д.Д., Ким А.А., Васютин А.О. Перспективы применения цифровых двойников в строительной отрасли // Вестник Евразийской науки. 2024. Т. 16. № 2. С. 50–54. EDN: ACIYHP.
7. Ammar A., Nassereddine H., Abdul Baky N., Abou Kansour A., Tannoury J., Urban H. et al. Digital Twins in the Construction Industry: A Perspective of Practitioners and Building Authority // Frontiers in Built Environment. 2022. Vol. 8. P. 1–23. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.834671>.
8. Барабанова Т.А., Балалов В.В., Блинова О.С. Применение технологии «цифровых двойников» при эксплуатации зданий и сооружений // Строительство и архитектура. 2022. Т. 10. № 2. С. 81–85. <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-2-81-85>. EDN: DNCUHG.
9. Шемонаева А.А., Зеленина А.А. Исследование программного обеспечения 3D-технологий в решении научно-технических задач в архитектуре // 3D-технологии в решении научно-практических задач. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (г. Красноярск, 29 сентября 2022 г.). Красноярск, 2022. С. 112–115. EDN: INIUEK.
10. Чернышов Л.Н. Организационно-технические и методические предпосылки профессиональной трансформации в ЖКХ // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2022. № 1. С. 106–114. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.69.60.011>. EDN: GCBLSZ.
11. Куприков Н.М., Куприков М.Ю., Будкин Ю.В., Проблемы методологии информационно-технологического сопровождения технического обслуживания и ремонта // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 7. С. 296–302. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2022-7-296-303>. EDN: QGAAAV.

REFERENCES

1. Goretti H.A., Kaming P. A Review and Bibliometric Analysis of Utilizing Building Information Modeling (BIM) On Effective Operation and Maintenance (O&M). *E3S Web of Conferences*. 2023;429:1-12. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342901002>.
2. Chernyshov L.N., Ivchik T.A., Kalgushkin A.G. Specific of Functioning Of the Apartment Buildings at the Operational Life Cycle Stage. *Construction Economics*. 2024;9:343-347. (In Russ.). EDN: APJGKC.

3. Tcherepanov N.V., Buslaev S.P. Problems of Creation of Electronic Archive of the Design Documentation on the Basis of Paper Archive. *Innovation & Investment*. 2020;10:163-165. (In Russ.). EDN: ECJPZD.
4. Rashev V.S., Astafeva N.S., Rogozhkin L.S., Grigorev V.Iu. Analysis of the Implementation of Information Modeling Technology in Russian Construction Companies for the Design and Construction of Engineering Systems. *The Eurasian Scientific Journal*. 2020;12(3):1-11. (In Russ.). EDN: LWIIUW.
5. Jibrin I.M., Shehu M.A., Abubakar S.I., Akpobasa B.O., Abdullah F.S. Application of BIM Implementation Process in the Operation and Maintenance of Information Management System in Building Facilities. *Environmental Technology and Science Journal*. 2023;14(2):1-9. (In Russ.). <https://doi.org/10.4314/etsj.v14i2.6>.
6. Koroteev D.D., Kim A.A., Vasiutin A.O. Prospects for the Application of Digital Twins in the Construction Industry. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(2):50-54. (In Russ.). EDN: ACIYHP.
7. Ammar A., Nassereddine H., Abdul Baky N., Abou Kansour A., Tannoury J., Urban H. et al. Digital Twins in the Construction Industry: A Perspective of Practitioners and Building Authority. *Frontiers in Built Environment*. 2022;8:1-23. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.834671>.
8. Barabanova T.A., Balalov V.V., Blinova O.S. The Use of Digital Twins Technology in the Operation of Buildings and Structures. *Construction and Architecture*. 2022;10(2):81-85. (In Russ.). <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-2-81-85>. EDN: DNCUHG.
9. Shemonaeva A.A., Zelenina A.A. Research of Software of 3D Technologies in Solving Scientific and Technical Problems in Architecture. In: *3D-tehnologii v reshenii nauchno-prakticheskikh zadach. Sbornik statei Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = 3D Technologies in Solving Scientific and Practical Problems. Collection of Articles from the All-Russian Scientific and Practical Conference*. 29 September 2022, Krasnoyarsk. Krasnoyarsk; 2022. P. 112–115. (In Russ.). EDN: INIUEK.
10. Chernyshov L.N. Organizational, Technical and Methodological Prerequisites for Professional Transformation in Housing and Communal Services. *Housing and Utilities Infrastructure*. 2022;1:106-114. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/VSTU.2022.69.60.011>. EDN: GCBLSZ.
11. Kuprikov N.M., Kuprikov M.Yu., Budkin Yu.V. Improvement of Information and Technological Support of Maintenance and Repair. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2022;7:296-302. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2022-7-296-303>. EDN: QGAAAV.

Информация об авторах

Чернышов Леонид Николаевич,
д.э.н., профессор, профессор кафедры
жилищно-коммунального комплекса,
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
Россия,
✉ e-mail: leo.chern@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-1758-9498>
Author ID: 473278

Калгушкин Алексей Григорьевич,
аспирант,
Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26,
Россия,
e-mail: aleksey@kalgushkin.ru
<https://orcid.org/0009-0008-1211-6007>
Author ID: 1283947

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад
в подготовку публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов.

Information about the authors

Leonid N. Chernyshov,
Dr. Sci. (Econ.), Professor, Professor
of the Department of Housing and Public Utilities,
National Research Moscow State University
of Civil Engineering,
26 Yaroslavskoe Shosse, Moscow 129337,
Russia,
✉ e-mail: leo.chern@yandex.ru
<https://orcid.org/0009-0007-1758-9498>
Author ID: 473278

Alexey G. Kalgushkin,
Postgraduate Student,
National Research Moscow State University
of Civil Engineering,
26 Yaroslavskoe Shosse, Moscow 129337,
Russia,
e-mail: aleksey@kalgushkin.ru
<https://orcid.org/0009-0008-1211-6007>
Author ID: 1283947

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests
regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 25.06.2025.
Одобрена после рецензирования 04.07.2025.
Принята к публикации 07.07.2025.

Information about the article

The article was submitted 25.06.2025.
Approved after reviewing 04.07.2025.
Accepted for publication 07.07.2025.