

# ОТ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ ПРОИЗВОДСТВА К ТЕХНОЛОГИЯМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Ситников И.И., аспирант ФГБУ «Институт стандартизации»

Фролов В.А., д-р техн. наук, ФГБУ «Институт стандартизации»

*Развитие прикладных информационно-коммуникационных технологий демонстрируется на примере управления интеллектуальными зданиями, когда удается получить эффект интеграции современных цифровых технологий, инженерных систем и оборудования, заключающийся в повышении энергоэффективности зданий, оптимизации ресурсов в секторе жилищно-коммунального хозяйства.*

*Целью данной работы является рассмотрение роли систем автоматизированного управления зданиями производственного и жилого фонда на основе идей искусственного интеллекта для оптимизации процессов жизненного цикла здания и повышения эффективности использования ресурсов.*

*Показаны основные причины низкой энергоэффективности зданий и направления интеграции технологий в городской среде. На концептуальном уровне обосновано применение агентного моделирования для формирования требований к подсистемам интеллектуального здания.*

**Ключевые слова:** автоматизация, цифровая среда, система управления, умный дом, энергоэффективность, жилищно-коммунальное хозяйство, интеллектуальное здание, мониторинг.

**Цитирование:** Ситников И.И., Фролов В.А. От цифровой среды производства к технологиям интеллектуальных зданий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 3(78). С. 33–41.

## ВВЕДЕНИЕ

Современная цифровая среда играет ключевую роль в развитии производственно-экономических отношений, открывает новые возможности для бизнеса, образования, здравоохранения, транспорта, государственного управления и многих других сфер. Цифровизация позволяет повысить эффективность производственных процессов за счет интеграции механизмов искусственного интеллекта. Цифровая среда способствует развитию инноваций. Цифровая среда – это информационная технология, содержащая информацию в различных электронных форматах и обеспечивающая возможность ее переработки, отображения, хранения и передачи за счет информационно-коммуникационного взаимодействия.

В условиях глобализации и стремительного технологического прогресса развитие цифровой среды становится ключевым фактором конкурентоспособности и устойчивого развития как отдельных организаций, так и общества в целом [1, 2]. Активизация процессов цифровизации различных сфер жизни и деятельности человека, расширение

спектра возможностей по информационной поддержке населения позволяют минимизировать временные затраты на получение услуг от органов государственной власти (например, сайт [www.gosuslugi.ru](http://www.gosuslugi.ru)), в системе здравоохранения, городском транспорте и др.

Проектирование развития города в современных условиях невозможно осуществить без применения и прогнозирования роли ИТ-технологий в его среде. Новые модели урбанизации построены на интегральных подходах к реализации парадигмы устойчивого развития и решению проблем жизнеобеспечения всех категорий населения, социального и экономического развития, экологической безопасности и ряда других [3].

Реализация концепции «умного государства» на уровне задач информационного обеспечения населения осуществляется комплексно, так как одновременно осуществляется программа цифровизации городской среды в рамках концепции «умного города» [4]. Умные города – это созданные на высоком уровне информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и соответствующая

инфраструктура, способные передавать энергию, перенаправлять информационные потоки и связывать различные городские подсистемы для обмена данными и их оценки, а также обеспечение качества жизни и удовлетворение потребностей граждан [5]. Развитие «умного города» в настоящее время напрямую связано с концепцией энергетики и энергетического потенциала. Энергетика в большей или меньшей степени всегда была локомотивом городского развития, но совершенно очевидно, что с появлением концепции «умного города» ее роль постоянно возрастает. Повышение энергоэффективности в жилищном фонде становится приоритетной задачей современного общества, а возможности механизмов искусственного интеллекта (ИИ) – в задачах управления и принятия решений в интегрированных энергетических системах [6], что позволяет рассматривать энергоэффективность как ключевое направление повышения качества в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ) [7] (на оперативном горизонте), а также как важную компоненту стратегического вектора развития города при проектировании и создании интеллектуальных зданий [8] наряду с цифровизацией производства в рамках концепции Индустрия 4.0 [9], интеллектуализацией медицинской помощи, образования, транспортной системы [10] и ряда других.

Целью данной работы является рассмотрение роли систем автоматизированного управления зданиями производственного и жилого фонда на основе идей искусственного интеллекта для оптимизации процессов жизненного цикла здания и повышения эффективности использования ресурсов.

Интеллектуальные здания: задачи и технологии

Цифровизация предполагает внедрение применения прикладных ИКТ для автоматизации различных отраслей и процессов в жилищно-коммунальном хозяйстве ЖКХ. Среди них такие, как [11]:

- прогнозирование и моделирование состояния инженерных коммуникаций зданий и систем управления [12, 13];
- учет потребления ресурсов (электроэнергия, газ, вода, тепло);
- начисление и прием платежей за ЖКУ;
- документооборот;
- распределение ресурсов и капитальный ремонт жилищного фонда;
- предоставление дополнительных услуг (Интернет, домофон, видеонаблюдение и др.).

Существующая система жизнеобеспечения зданий позволяет наблюдать, контролировать процессы отопления, вентилирования и кондиционирования воздуха, холодное и горячее водоснабжение, энергоснабжение, лифтовое оборудование [14].

В зависимости от реализованного в здании технологического уровня многоквартирные дома разделены на 9 классов энергоэффективности A++, A+, B, ..., G, в частности A+ гарантирует 50–60% экономную потребления ресурсов, A – 40–50%. Это достигается за счет качественных строительных материалов и инновационных инженерных коммуникаций. В [15] авторы предлагают учитывать еще такие технологиче-

Таблица 1

### Основные определения интеллектуального здания

№	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЗДАНИЕ» (ИЗ)	ГОД / ИСТОЧНИК
1	Автоматическая Система Управления Зданием (АСУЗ) – термин, применяется в большей степени к коммерческим, административным и промышленным зданиям и сооружениям. Основная цель внедрения АСУЗ – это мониторинг и управление инженерными системами с целью оптимизации затрат используемых ресурсов (например, электроэнергия, вода, персонал и т. д.)	2013, [8], (Комаров Н.М., Жаров В.Г.)
2	ИЗ следует рассматривать с междисциплинарной точки зрения, предполагающей правильное сочетание архитектуры, информационных технологий, автоматизации, окружающей среды и энергетики, услуг и управления объектами, чтобы минимизировать затраты на жизненный цикл, максимизировать комфорт и должным образом адаптироваться к социальным запросам	2014, [16], (Брэд С., Мюрар М.)
3	Технология ИЗ позволяет трансформировать помещения и дома из просто комфортных и удобных мест работы, проживания в высокоинтеллектуальные пространства для обеспечения безопасной, максимально удобной и продуктивной трудовой и обычной жизнедеятельности человека	2022, [17], (Хасанов В.Р., Стариченков Д.И.)
4	Умные здания основываются на внедрении «умных» технологий в здания, что позволяет эффективнее использовать ресурсы, такие как энергия и вода, обеспечивают автоматизацию освещения, отопления, кондиционирования и управление энергопотреблением, помогают снизить нагрузку на энергетические системы и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду	2024, [18], (Кирильчук С.П., Морозова И.А.)

ские группы, как видеонаблюдение, системы контроля доступа, безопасность, качество водоснабжения и ряд других.

Однако, еще не сложилось единого мнения, что следует относить к понятию «Интеллектуальное здание»<sup>1</sup>. В табл. 1 представлены часто встречающиеся определения как зданий, так и наиболее важных систем управления.

Согласно существующей статистике стоимость инженерных систем интеллектуального здания составляет от 30 до 50% от общей стоимости объекта; 5-7% из них приходится на интеллектуальные элементы – контроллеры, автоматизированные рабочие места диспетчеров, программное обеспечение АСУЗ [8].

Интеллект применительно к представленным задачам в табл. 1 представляется прежде всего как основа целеполагания, планирования ресурсов, построение прогнозных моделей и стратегии достижения цели.

Концепция управления интеллектуальным зданием подразумевает использование единого диспетчерского пункта по контролю над всеми системами объекта. Применительно к гостиничному комплексу такими инженерными системами кроме традиционных (электроснабжения, отопления и водоснабжения) могут быть система альтернативной генерации и аккумуляции электрической энергии; система безопасности; система создания микроклимата; система мультимедиа; система отвода продуктов жизнедеятельности; система утилизации и переработки отходов [8].

Основные преимущества ИЗ представлены на рис. 1.

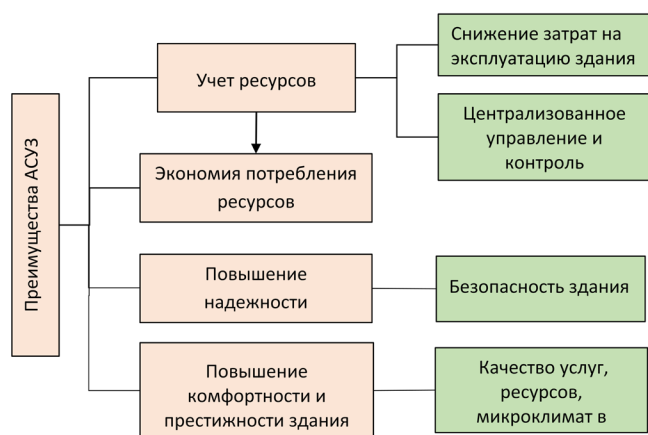


Рис. 1. Преимущества технологий АСУЗ (составлено с учетом [19])

Благодаря автоматизации системы управления зданием можно достичь снижения потребления ресурсов не только на стадии эксплуатации, но и на стадии строительства. Потребление электроэнергии, воды, газа, тепла может быть снижено на 30 %, что, в свою очередь, позволяет снизить подводимые мощности и затраты на создание и эксплуатацию необходимых коммуникаций.

Стандартная система управления зданием состоит из программного обеспечения, аппаратного обеспечения и набора коммуникационных протоколов. Такие системы могут использоваться в широком спектре строительных отраслей, от индивидуальных домов до коммерческих и общественных зданий и сооружений. Распространение цифровых технологий во всем мире означает, что здания становятся более функциональными и взаимосвязанными, и, следовательно, возрастает потребность в мониторинге эффективности зданий и сборе данных. Используя ИТ, ИКТ, интеллектуальные цифровые коммуникационные технологии, АСУЗ обеспечивает целостный подход к управлению и адаптивно оптимизирует работу и эксплуатационные характеристики различных компонентов здания.

В итоге цифровую среду можно рассматривать как некоторую «Умную среду», которая строится на основе междисциплинарной интеграции общегородских сервисов и индивидуального назначения. При этом индивидуальность также базируется на различных цифровых платформах. Так, основной принцип формирования «пакета услуг интеллектуального здания», объединяющего системы датчиков и исполнителей, строится на шинной системе.

На рис. 2 схематично показано комплексирование индивидуальных потребностей человека с возможностями городской среды. Количество отдельных приложений неуклонно растет: практически большинство потребностей человека находят решение в мобильных устройствах (чтение, фотография, просмотр видео, обучение и многое другое). В любом случае данный список будет всегда неполным, что связано со стремительным развитием цифровых приложений и платформ.

Остановимся лишь на некоторых системах в масштабе интеллектуального здания, причем указанный с точки зрения актуальности список систем постоянно расширяется:

- концепции интеграции систем ИЗ;
- умная безопасность;
- умные отопление, освещение, экологичность;
- управление энергопотреблением;
- персональная забота о здоровье, включая удаленный медицинский контроль;
- домашняя робототехника;
- футуристический дизайн и развлечения.

<sup>1</sup> Здание здесь обобщает понятия квартиры, жилого коттеджа, многоквартирного дома, общественного здания, гостиницу, учебного заведения и др.



Рис. 2. Особенности интеграции технологий в условиях городов

- система KNX<sup>2</sup> — это международный стандарт для автоматизации зданий и домов, который позволяет управлять различными аспектами зданий, такими как освещение, отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха, системы безопасности, управление энергопотреблением и многим другим;
- система автоматизации MyHome на радиочастоте ZigBee (радиотехнология), позволяющая реализовывать современные решения по управлению освещением, рольставнями и по технической охране помещений (утечка газа или воды).

Данный список, конечно, можно продолжить, включив сюда «Умный дом Яндекса», Google Home, HiTE PRO и др., отличающиеся друг от друга только ценовой характеристикой, некоторыми сервисными услугами и доступностью на рынке.

### ПРИЧИНЫ НИЗКОЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА

Основные причины низкой энергоэффективности зданий на современном этапе связаны с отсутствием комплекс-

<sup>2</sup> KNX является открытым стандартом, который означает, что продукция от различных производителей может работать вместе в одной системе, обеспечивая высокий уровень гибкости и масштабируемости.

Существуют различные стандарты в области домашней автоматизации:

Таблица 2

### Причины несоответствия энергетических характеристик зданий

1. ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ	2. ЭТАП СТРОИТЕЛЬСТВА	3. ЭТАП ЭКСПЛУАТАЦИИ
1.1. Ограничения и неопределенности в энергетическом моделировании зданий. 1.2. Чрезмерно упрощенные исходные данные, касающиеся качества строительства и характеристик материалов. 1.3. Несоответствие целевым показателям эффективности. 1.4. Нереалистичные проектные решения на ранних этапах; 1.5. Отсутствие интегрированных принципов проектирования, учитывающих энергопотребление, тепловой комфорт в помещении и качество воздуха. 1.6. Невозможность прогнозирования функциональных и случайных изменений. 1.7. Разномасштабность компонентов и систем. 1.8. Отсутствие знаний и навыков в области энергетического моделирования. 1.9. Допусковая неопределенность в отношении климатических условий эксплуатации, поведения персонала (квалификации), увеличения теплопотребления и нагрузок зон обслуживания.	2.1. Несоответствие между качеством при передаче здания в эксплуатацию и качеством на этапе проектирования. 2.2. Изменение требований клиентов. 2.3. Некачественный ввод в эксплуатацию – неправильный монтаж ограждающих конструкций. 2.4. Экономически обоснованные решения, влияющие на выбор материалов и систем, которые приводят к изменениям в конструкции. 2.5. Неправильная интеграция компонентов и систем.	3.1. Отсутствие акцента на этап ввода в эксплуатацию. 3.2. Несоответствие между идеальными предположениями при проектировании и реальными моделями. 3.3. Неисправные системы и компоненты. 3.4. Плохая практика. 3.5. Отсутствие технического обслуживания. 3.6. Поведение и деятельность жильцов. 3.7. Отсутствие контроля в ходе эксплуатации. 3.8. Различные режимы работы систем и изменения эксплуатационных режимов. 3.9. Несоответствующие стратегии управления и контроля здания. 3.10. Неисправные датчики и счетчики. 3.11. Недостаточные знания клиентов и жителей в области энергоэффективности и эксплуатации здания.

ного (системного) подхода на этапе ввода в эксплуатацию, когда решающим этапом выступают тестовые испытания, мониторинг совместного использования подсистем, составляющих АСУЗ, моделирование нештатных ситуаций и возможных сбоев в системе для определения мер по их устранению, для чего могут использоваться различные модели, включая агентное моделирование [12, 13], а также технология цифровых двойников [20].

Отсутствие последнего зачастую является причиной несоответствия энергетических и иных технологических гарантий вводимого в эксплуатацию здания, представленного в табл. 2 [21].

«Умный дом», «Интеллектуальная энергетическая система здания», «Интеллектуальное здание» и т. п., характеризуют автоматизированную систему, способную обеспечить продуктивную и экономически эффективную среду в здании, обеспечить комфорт, безопасность и ресурсосбережение для всех пользователей, а также содержащую в себе функции интегрированной системы.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Умные дома и здания используют различные технологии, включая:

- **интернет вещей (IoT):** IoT позволяет устройствам и системам в доме или здании обмениваться данными друг с другом;
- **искусственный интеллект:** ИИ может использоваться для анализа данных и принятия решений о том, как управлять системами и устройствами в доме или здании;
- **компьютерное зрение:** компьютерное зрение может использоваться для наблюдения за больным, обнаружения вторжений или других угроз;
- **облачные вычисления:** Облачные вычисления позволяют хранить большие объемы данных и обрабатывать их в Интернет-среде;
- **бесконтактная техника:** бесконтактные дверные звонки, управление домашними устройствами исключительно с помощью собственного телефона; датчики движения, освещенности, влажности, газа, затопления и др.;
- **медицинские технологии в быту:** регулирование качества воздуха, системы фильтрации воды; дистанционный контроль состояния пациентов (уровень глюкозы в крови, ЭКГ – мониторинг, температура тела и др.);
- **технологии домашнего офиса:** технологии шумоподавления на окнах, фильтров ИИ для формирования рабочего пространства.

Оптимизация структуры системы управления интеллектуальным зданием. Хорошо известным подходом к оценке функциональных возможностей проектируемой системы является моделирование. Моделирование позволяет не только

обосновать требования к системе и ее элементам, но и оценить порядок взаимодействия между подсистемами, построить возможные сценарии управления подсистемами в отсутствие человека, в ночное время и в других возможных бытовых ситуациях.

Наиболее востребованным методом в последнее время является агентное моделирование на основе многоагентных систем (МАС) [5, 13, 22]. Под агентом понимается интеллектуальный метаобъект, способный манипулировать другими информационными объектами, формировать собственные программы действий для достижения поставленных целей [4].

В постановочном плане представим АСУЗ в виде концептуально-логической модели на основе многоагентного подхода:

$$M_s = (A, E, R, St_{ORG}), \quad (1)$$

где  $M_s$  – многоагентная модель;  $A = \{a\}$  – множество разнотипных агентов, участвующих в информационном процессе;  $E = E_1 \times \dots \times E_N = \{e_i\}$  – среда (информационное пространство – ИП), в которой находится МАС, причем взаимодействующими ИП, например, являются ИЗ, ИП медицинских учреждений, ИП ЖКХ, ИП служб безопасности и других организаций;  $St_{ORG} = \{st_j\}$ ,  $j = 1, S$  – множество организационно-информационных структур, причем в общем случае  $N \neq S$ ;  $R$  – семейство базовых отношений между агентами.

Состав множества агентов определяется количеством контролируемых подсистем. Перечислим только основные из них [22]: подсистема мониторинга инженерных систем; подсистема технического обслуживания и ремонта оборудования; подсистема управления лифтами; подсистема управления водоснабжением и водоотведением; подсистема технического учета электроэнергии; подсистема гарантированного электроснабжения; подсистема управления освещением; подсистема отопления, вентиляции и кондиционирования; подсистема видеонаблюдения; подсистема обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией; подсистема автоматического пожаротушения; подсистема контроля и управления доступом.

Каждый из агентов из множества обеспечивает информационные потоки между подсистемами внутренней среды интеллектуального здания.

Процессы взаимодействия (*Int*) агентов из множества будем описывать кортежем:

$$Int = \langle A, T, Pr \rangle, \quad (2)$$

где  $T = \{A_n, A_{и}, A_k, A_{од}\}$  – множество типов агентов, включая агентов-наблюдателей (поставщиков измерительных данных), исполнителей (актуаторы, переключатели), коорди-



наторов (взаимодействие в ходе программного управления) и обработки данных соответственно;  $P_r$  – сценарии или программы взаимодействия между агентами, причем

$$Pr = (Com, \pi), \quad (3)$$

где  $C_{om}$  – множество коммуникативных действий между агентами вида  $A_n \rightarrow A_{и}; A_n \rightarrow A_k; A_k \rightarrow A_{од}$  и др.;  $\pi$  – протоколы типовых действий (запись информации, копирование данных, передача данных, отображение и др.).

Проактивность управления обеспечивается за счет прогнозных функций, контроля ресурсов, параметров внутренней среды, технического состояния подсистем, реализации интеллектуальных функций в АСУЗ.

Представление МАС в виде соотношений (1) – (3) позволяет представлять процесс функционирования подсистем независимо друг от друга, если только они не выполняют одну из задач совместно во времени при координировании агентом вида  $A_k$ . Агенты  $A_{од}$  могут запрашивать и получать необходимые данные из базы данных. Агентов вида  $A_k$  осуществляют выдачу данных по запросам для решения задач анализа данных для принятия решений при выполнении тестирования оборудования, его категорирования, оформления рекламационных отчетов и оценки нештатных ситуаций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, технологии интеллектуального здания позволяют повышать энергоэффективность современного жилого фонда, общественных зданий и сооружений. Развитие идей моделирования процессов информационного взаимодействия подсистем интеллектуального здания целесообразно использовать в процессе всего жизненного цикла здания. При проектировании – для оценки возможностей разрабатываемой АСУЗ и формировании требований к интегрируемым подсистемам. В процессе эксплуатации – для мониторинга параметров и контроля состояния системы в целом.

Дальнейшим направлением исследования интеллектуальных зданий можно рассматривать разработку стандартов по информационному взаимодействию подсистем на уровне информационных протоколов взаимодействия. На технологическом уровне – это разработка требований к базам данных и знаний интеллектуального здания на основе приоритета знаний, что позволит существенно повысить быстродействие автоматизированных систем, а применение аналитики знаний – расширить функционал задач и проактивные функции систем управления.

## Список использованных источников и литературы

1. Лясковская Е.А. Индустрия 4.0 и устойчивое развитие: от устойчивых бизнес-моделей к цифровой устойчивости // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2021. Т. 15, № 4. С. 73–83.
2. Роль национально ориентированного подхода к разработке ESG-стандартов / М.И. Ломакин, А.В. Докукин, А.В. Гарин, А.Е. Сыромятников // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 2 (66). С. 22–25.
3. Есаулов Г.В., Есаулова Л.Г. «Умный город» как модель урбанизации XXI века // Градостроительство. 2013. № 4 (26). С. 27–31.
4. Бурый А.С., Ловцов Д.А. Информационные технологии цифровой трансформации умных городов // Правовая информатика. 2022. № 2. С. 4–13.
5. Agent based modeling of smart grids in smart cities / B. Omarov, A. Turganbayeva, F. Gusmanova [et al.] // Communications in Computer and Information Science. 2019. Vol. 947. P. 3–13.
6. Массель Л.В. Современный этап развития искусственного интеллекта (ИИ) и применение методов и систем ИИ в энергетике // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 4 (24). С. 5–20.
7. Стандартизация и управление качеством коммунальных услуг. Часть 1. Управление качеством в сфере жилищно-коммунального хозяйства / И.И. Ситников, В.А. Фролов, П.Е. Абрамов [и др.] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 5 (74). С. 4–9.
8. Комаров Н.М., Жаров В.Г. Управление инженерными системами интеллектуального здания с использованием технологий информационного и инфографического моделирования // Сервис plus. 2013. № 2. С. 74–81.
9. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4 (68). С. 54–63.
10. Кузяшев А.Н., Черных А.А. Концепция умного городского транспорта // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 12–2 (70). С. 58–62.
11. Кирюхина Н.А. Цифровизация как инструмент повышения эффективности управления многоквартирным домом // Молодой ученый. 2022. № 4 (399). С. 189–192.

12. Евгеньев Р.А. Анализ методов создания цифровых моделей зданий и сооружений на основе аддитивных технологий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 1 (65). С. 38–43.
13. Бурый А.С., Фролов В.А., Куляница А.Л. Эволюция агентного моделирования. Часть 1. Архитектура интеллектуального агента // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 5 (74). С. 38–47.
14. Самарин О.Д., Гришнева Е.А. Автоматизация и диспетчеризация зданий как средство повышения их энергоэффективности // Вестник МГСУ. 2011. № 6. С. 294–297.
15. Олейникова А.В., Олейников А.А. Проблемы стандартизации социальных киберфизических систем в России // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. № 2 (74). С. 12–19.
16. Брэд С., Мюрар М. Умные здания с использованием IoT технологий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 5 (20). С. 15–27.
17. Хасанов В.Р., Стариченков Д.И. Использование 1-wire интерфейса в системах управления интеллектуальных зданий // Перспективы науки. 2022. № 5 (152). С. 67–73.
18. Кирильчук С.П., Морозова И.А. Форсайт инновационных процессов в энвиронике производственных систем // л-Economy. 2024. Т. 17, № 1. С. 88–102. DOI: <https://doi.org/10.18721/IE.17106>
19. Автоматизированная система управления зданиями как инструмент повышения их энергоэффективности и уровня комфортности / С.Г. Шеина, Е.Н. Миненко, М.Д. Арцишевский, Е.С. Питык // Инженерный вестник Дона. 2019. № 2 (53). С. 36.
20. Бурый А.С. Цифровые двойники как основа парадигмы развития прикладных информационных систем // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 6 (70). С. 24–32.
21. Jradi M., Boel N., Madsen B.E. et al. BuildCOM: automated auditing and continuous commissioning of next generation building management systems // Energy Informatics. 2021. № 4 (1). P. 2.
22. Мохов А.И., Душкин Р.В., Лелекова В.А. Использование инфографических моделей для описания функционального подхода в управлении внутренней средой интеллектуальных зданий // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. 2021. № 4/1. С. 87–97.

# FROM THE DIGITAL PRODUCTION ENVIRONMENT TO SMART BUILDING TECHNOLOGIES

**Sitnikov I.I.**, PhD student, Russian Standardization Institute

**Frolov V.A.**, Doctor of Technical Sciences, Russian Standardization Institute

*The development of applied information and communication technologies is illustrated by the example of building management system, when it is possible to obtain the effect of integrating modern digital technologies, engineering systems and equipment, which consists in increasing the energy efficiency of buildings, optimizing resources in the housing and communal services sector.*

*The purpose of this work is to consider the role of automated building management systems for industrial and residential buildings based on the ideas of artificial intelligence to optimize the life cycle of a building and increase the efficiency of resource use.*

*The main reasons for the low energy efficiency of buildings and the direction of technology integration in the urban environment are shown. At the conceptual level, the application of agent-based modeling for the formation of requirements for subsystems of an intelligent building is justified.*

**Keywords:** automation, digital environment, control system, smart home, energy efficiency, housing and communal services, intellectual building, monitoring.

**For citation:** Sitnikov I.I., Frolov V.A. From the Digital Production Environment to Smart Building Technologies. Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation. 2024; 3(78): 33–41. (In Russ.).

## References

1. Lyaskovskaya E.A. Industriya 4.0 i ustojchivoe razvitie: ot ustojchivyh biznes-modelej k cifrovoj ustojchivosti. Vestnik YUUrGU. Seriya "Ekonomika i menedzhment", 2021, vol. 15, no. 4, pp. 73–83.
2. Lomakin M.I., Dokukin A.V., Garin A.V., Syromyatnikov A.E. Rol' nacional'no orientirovannogo podhoda k razrabotke ESG-standartov. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2022, no. 2 (66), pp. 22–25.
3. Esaulov G.V., Esaulova L.G. «Umnyj gorod» kak model' urbanizacii XXI veka. Gradostroitel'stvo, 2013, no. 4 (26), pp. 27–31.
4. Buryi A.S., Lovtsov D.A. Informacionnye tekhnologii cifrovoj transformacii umnyh gorodov. Pravovaya informatika, 2022, no. 2, pp. 4–13.
5. Omarov B., Turganbayeva A., Gusmanova F. et al. Agent based modeling of smart grids in smart cities. Communications in Computer and Information Science, 2019, vol. 947, pp. 3–13.
6. Massel' L.V. Sovremennyy etap razvitiya iskusstvennogo intellekta (II) i primeneniye metodov i sistem II v energetike. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii, 2021, no. 4 (24), pp. 5–20.
7. Sitnikov I.I., Frolov V.A., Abramov P.E. et al. Standartizaciya i upravlenie kachestvom kommunal'nyh uslug. Part 1. Upravlenie kachestvom v sfere zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2023, no. 5 (74), pp. 4–9.
8. Komarov N.M., Zharov V.G. Upravlenie inzhenernymi sistemami intellektual'nogo zdaniya s ispol'zovaniem tekhnologij informacionnogo i infograficheskogo modelirovaniya. Servis plus, 2013, no. 2, pp. 74–81.
9. Aronov I.Z., Buryi A.S., Rybakova A.M. Umnaya ekonomika zamknutogo cikla: osnova cifrovyyh strategij proizvodstvennyh kompanij. Part 1. Tekhnologicheskaya sinergiya industrii 4.0. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2022, № 4 (68), pp. 54–63.
10. Kuzyashev A.N., Chernyh A.A. Konceptsiya umnogo gorodskogo transporta. Ekonomika i biznes: teoriya i praktika, 2020, no. 12–2 (70), pp. 58–62.



11. Kiryuhina N.A. Cifrovizaciya kak instrument povysheniya effektivnosti upravleniya mnogokvartirnym domom. *Molodoj uchenyj*, 2022, no. 4 (399), pp. 189–192.
12. Evgen'ev R.A. Analiz metodov sozdaniya cifrovych modelej zdaniy i sooruzhenij na osnove additivnyh tekhnologij. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2022, no. 1 (65), pp. 38–43.
13. Buryi A.S., Frolov V.A., Kulyanitsa A.L. Evolyuciya agentnogo modelirovaniya. Part 1. Arhitektura intellektual'nogo agenta. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2023, no. 5 (74), pp. 38–47.
14. Samarin O.D., Grishneva E.A. Avtomatizaciya i dispetcherizaciya zdaniy kak sredstvo povysheniya ih energoeffektivnosti. *Vestnik MGSU*, 2011, no. 6, pp. 294–297.
15. Olejnikova A.V., Olejnikov A.A. Problemy standartizacii social'nyh kiberfizicheskikh sistem v Rossii. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2022, no. 2 (74), pp. 12–19.
16. Brad S., Murar M. Smart buildings using IoT technologies. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij*, 2014, no. 5 (20), pp. 15–27.
17. Hasanov V.R., Starichenkov D.I. Ispol'zovanie 1-wire interfejsa v sistemah upravleniya intellektual'nyh zdaniy. *Perspektivy nauki*, 2022, no. 5 (152), pp. 67–73.
18. Kiril'chuk S.P., Morozova I.A. Forsajt innovacionnyh processov v environike proizvodstvennyh system. *π-Economy*, 2024, vol. 17, no. 1, pp. 88–102. DOI: <https://doi.org/10.18721/JE.17106>
19. Sheina S.G., Minenko E.N., Arcishevskij M.D., Pityk E.S. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya zdaniyami kak instrument povysheniya ih energoeffektivnosti i urovnya komfortnosti. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2019, no. 2(53), p. 36.
20. Buryi A.S. Cifrovye dvojniki kak osnova paradigmy razvitiya prikladnyh informacionnyh system. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2022, no. 6 (70), pp. 24–32.
21. Jradi M., Boel N., Madsen B.E., Jacobsen J., Hooge J.S., Kildelund L. BuildCOM: automated auditing and continuous commissioning of next generation building management systems. *Energy Informatics*, 2021. 4 (1), p.2.
22. Mohov A.I., Dushkin R.V., Lelekova V.A. Ispol'zovanie infograficheskikh modelej dlya opisaniya funkcional'nogo podhoda v upravlenii vnutrennej sredoj intellektual'nyh zdaniy. *Vestnik Rossijskogo novogo universiteta. Seriya: Slozhnye sistemy: modeli, analiz i upravlenie*, 2021, no. 4/1, pp. 87–97.