

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-166-181](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-166-181)
УДК 625.731

EDN: NPWMQW

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

А.Б. ЛАНЧАКОВ, канд. экон. наук

ФГБОУ ВО «Московский физико-технический институт [национальный исследовательский университет]»,
Институтский переулок, д. 9, г. Долгопрудный, 141701, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Исследование посвящено анализу внедренных инновационных сквозных технологий в сфере строительства в Российской Федерации, которые призваны облегчить производственно-проектную деятельность строительных организаций. Актуальность данного исследования заключается в необходимости достижения технологического суверенитета строительной отрасли Российской Федерации.

Цель. На основе выявленных сфер преобразования в строительной отрасли Российской Федерации благодаря инновационным технологиям предложить рекомендации по процессу внедрения инновационных технологий и их коммерциализации в сфере строительства. Задачи исследования: проанализировать инновационные сквозные технологии, используемые в настоящее время на стройплощадках в Российской Федерации и за рубежом, и наметить основные направления развития инновационных технологий в строительстве.

Материалы и методы. В статье использовались общеметодологические подходы – системно-креативный и системно-информационный, методы системного анализа и логического анализа, обобщения и классификации. Объект исследования – сквозные технологии безопасности и проектирования на строительных объектах. В частности, проанализированы BIM-технологии, беспилотные летательные аппараты и другие, используемые в настоящее время на стройплощадках в Российской Федерации и за рубежом, современное состояние проводимых преобразований в сфере строительства в Российской Федерации с учетом использования данных инноваций, а также определены основные направления развития инновационных технологий в строительстве, в том числе с использованием искусственного интеллекта.

Ключевые слова: строительство, инновационные сквозные технологии, «умная стройка», «умный дом», искусственный интеллект, робот

Для цитирования: Ланчаков А.Б. Инновационные технологии и искусственный интеллект в сфере строительства. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2024;43(4):166–181. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-166-181](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-166-181)

Вклад автора

Автор берет на себя ответственность за все аспекты работы над статьей.

Финансирование

Исследование выполнено по личной инициативе в рамках работы над докторской диссертацией.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 08.08.2024

Поступила после рецензирования 11.09.2024

Принята к публикации 19.09.2024

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONSTRUCTION SECTOR

A.B. LANCHAKOV, Cand. Sci. (Economics)

Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Institutsky pereulok, 9, Dolgoprudny, 141701, Russian Federation

Abstract

Introduction. The present study analyzed the implemented innovative cross-cutting technologies in the construction sector of the Russian Federation, aimed at facilitating the production and design activities of construction organizations. The relevance of the study lies in the necessity to achieve technological sovereignty in the construction industry of the Russian Federation.

Aim. To propose recommendations for the implementation process of these technologies and their commercialization in the construction industry, based on the areas of transformation within the construction sector of the Russian Federation identified through innovative technologies. The objectives include analyzing the innovative cross-cutting technologies currently utilized at construction sites in the Russian Federation and abroad, and outlining the main directions for the development of innovative technologies in construction.

Materials and methods. The study involved general methodological approaches — systemic-creative and systemic-informational — along with methods of systemic analysis and logical analysis, as well as generalization and classification. The research object of study consists in cross-cutting safety and design technologies at construction sites. Specifically, the study analyzes BIM technology, unmanned aerial vehicles, and others currently used at construction sites in Russia and abroad, examines the current state of transformations in the construction sector of the Russian Federation considering these innovations, and identifies key directions for the development of innovative technologies in construction, including the application of artificial intelligence.

Keywords: construction, innovative cross-cutting technologies, smart construction, smart home, artificial intelligence, robot

For citation: Lanchakov A.B. Innovative technologies and artificial intelligence in the construction sector. *Vestnik NIC Stroitel' stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2024;43(4):166–181. [In Russian]. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4\(43\)-166-181](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2024-4(43)-166-181)

Author contribution statement

The author takes responsibility for all aspects of the paper.

Funding

The study was carried out on a personal initiative as part of the work on the doctoral dissertation.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Received 08.08.2024

Revised 11.09.2024

Accepted 19.09.2024

Введение

Сфера строительства считается довольно консервативной отраслью вследствие строгой регламентации каждого ее технологического этапа строительными нормами, стандартами и сертификацией [1]. Однако в современных условиях из-за возросших объемов и темпов строительства в данной отрасли необходимо развивать имеющиеся технологии и аппаратуру и внедрять новшества вследствие автоматизации всех сфер жизни общества.

Председатель Правительства РФ М. В. Мишустин: «В стране должны появиться новые нацпроекты в области технологий. Прежде всего, в сферах, которые испытывают самые большие трудности: информационные технологии, строительство и производство» [2].

Одним из городов Российской Федерации, в котором в первую очередь тестируются и применяются новые методы строительства, разработки последнего поколения и инновационные технологии, является Москва. Процесс автоматизации строительства позволяет сократить издержки производства, время, затрачиваемое на создание и выполнение строительного проекта, что дает возможность максимизировать прибыль.

В современном мире отрасль строительства развивается с каждым днем, этот процесс ускоряется с помощью таких цифровых технологий, как BIM-технологии (Building Information Modeling – информационное моделирование зданий), известные в России как технологии информационного моделирования – ТИМ, а также технологий, использующих беспилотные летательные аппараты (БПЛА), и др. Данные технологии способны кардинально изменить ситуацию в лучшую сторону и систематизировать весь процесс на стройплощадках – от начала проекта и на всех стадиях строительства. Однако использование элементов «умной стройки» в настоящее время применяется только в Москве из-за наличия в других регионах более существенных проблем, которые необходимо решить в первую очередь. Несмотря на некоторые сложности, с которыми сталкивается отрасль строительства в субъектах РФ, можно предположить, что в ближайшем будущем после тестирования, изучения и более длительного применения новых методик и устройств в столице они будут распространены по всей территории России.

В настоящее время потребность в технологическом прогрессе в процессе строительства растет быстро. При этом стройплощадки часто являются лидерами в этой области, а строительные проекты – одними из самых инновационных в мире. Причина этого заключается в том, что строительная отрасль всегда реагировала инновационно, сталкиваясь с трудными обстоятельствами (например, COVID-19), требующими изменений в строительном секторе, что, как правило, позволяло отрасли быстро адаптироваться, помогая ей работать бесперебойно, при этом такие обычные задачи, как проектирование, разработка и строительство небоскреба и т. д., в настоящее время могут выполняться более эффективно.

В связи с современным кризисом, вызванным санкционным давлением на Россию и вызвавшим ускоренные изменения в строительной отрасли, возникает необходимость большей прозрачности и контроля процессов. Поскольку многие строительные компании инвестируют в технологии, чаще всего основное внимание уделяется цифровизации и управлению цепочками поставок, что позволяет предприятиям адаптироваться к меняющимся условиям работы.

Наряду с этим потребность в технологиях безопасности на строительных объектах становится ключевым направлением. Развитие инновационных технологий совместной работы

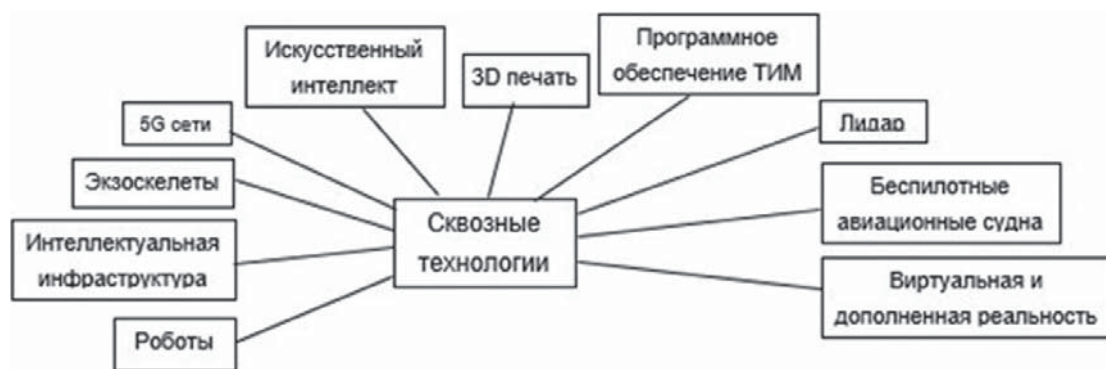


Рис. 1. Топ-10 инновационных сквозных технологий в мире (Источник: составлено автором)
Fig. 1. Top 10 innovative cross-cutting technologies worldwide (Source: compiled by the author)

позволяет строительным предприятиям работать на единой интегрированной платформе, что является ключевым решением возросших рисков и проблем в области охраны труда и техники безопасности на предприятиях строительной отрасли. Например, такие технологии, как роботы-работчие для 3D-печатных домов, стали реальностью.

Строительная отрасль реагирует на многие другие проблемы, которые требуют быстрого развития и адаптации, в частности на нехватку квалифицированной рабочей силы, новые правила устойчивого развития и сокращение выбросов, достижение в области информационных технологий и программного обеспечения, а также на сохраняющиеся риски и протоколы для здоровья и безопасности [3–12].

На рис. 1 представлены 10 наиболее инновационных форм строительных технологий, внедренных в связи с усилением адаптации и необходимостью изменений в отрасли.

Основной раздел

Большинство из этих технологий уже используется в зарубежных странах. В Объединенных Арабских Эмиратах для строительства зданий применяется технология 3D-печати. Например, в Дубае было построено офисное здание, элементы которого были распечатаны на 3D-принтере за 17 дней, а сборка его конструкции заняла 2 дня. Технология сборного строительства была применена при постройке известных и эффектных зданий: торгового центра Dubai Mall и Дубайского оперного театра. Главным преимуществом сборного строительства считается экономия временных и денежных ресурсов.

В Пекине (КНР) впервые появилась стройплощадка с использованием мобильной связи поколения 5G и применением пульсметров и «умных» очков. С помощью последних инженеры могут прямо из офиса получать детализированное изображение того, что видят рабочие, при необходимости переговариваться с ними и давать указания. Использование мобильной 5G-связи и многомерной системы мониторинга безопасности позволяет контролировать положение башенных кранов и ношение масок строителями. Сеть позволяет передавать данные со скоростью 10 Гб/сек. Ожидается, что применение этой технологии и подобная скорость передачи приведут к значительному повышению эффективности в строительстве [13].

Проанализируем инновационные технологии, используемые в российской стройиндустрии.

Проектирование строительных объектов

Инжиниринговая компания АО «Мосинжпроект» начала поэтапно переходить на цифровой формат строительства и внедрять BIM-технологии. Суть технологии заключается в проектировании строительного объекта в цифровом формате, в итоге создается модель с подробной проработкой всех ее характеристик, дающая возможность сократить издержки проекта за счет уменьшения времени, затрачиваемого на строительство, благодаря более продуманному управлению. Кроме того, BIM-технологии позволяют повысить эффективность координации как во время строительных работ по объекту, например дорожно-мостовому строительству, так и после их завершения [14].

В настоящее время компания АО «Мосинжпроект» создала подразделение, в обязанности которого входит проектирование строительных объектов Москвы с использованием ТИМ-технологии, дающей возможность учесть все производственные процессы. Благодаря данной методике может быть выстроена эффективная система взаимодействия большого количества участников и разноплановой информации с высокой надежностью. Специалистами компании АО «Мосинжпроект» была создана 3D-модель одного из строительных объектов. Данные, вносимые в ТИМ, позволяют рассмотреть подлежащие сносу объекты, информацию о географических и других показателях, которые нужны для более детальной проработки проектных решений. Некоторые элементы ТИМ использовались в таких проектах, как «Большая кольцевая линия» метро, Дворец гимнастики Ирины Винер-Усмановой в Лужниках, Национальный космический центр и др.

Управление реализацией строительных проектов

«Умная стройка» частично применяется при строительстве разных объектов в Москве. Например, в Сколково был изобретен модуль управления строительными проектами, дающий возможность автоматизировать бизнес-процессы и взаимодействовать всем участникам проекта, осуществлять принятие обоснованных и своевременных управленческих решений, оперативно находить проблемы и решать их. При этом одним из элементов «умной стройки» является БПЛА, контролирующий все этапы проекта, отслеживающий местонахождение рабочих на объектах и ношение спецодежды. Для более быстрой передачи информации в Сколково применяется 5G- и 5,5G-связь.

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в системе обеспечения безопасности на строительных объектах

Для строителей была разработана спецодежда, благодаря которой можно отслеживать действия рабочих на стройплощадке и снизить возможные риски, связанные с нарушением техники безопасности и охраны труда, повысить производительность труда. Схожая технология для контроля за действиями строителей называется «умные ладошки» и представляет собой комплекс устройств для каждого рабочего, в который входят такие датчики, как ГЛОНАСС-приемник, акселерометр. С помощью данной технологии можно отслеживать сроки выполнения работ и обеспечивать безопасность работников.

На строительных объектах Москвы вводятся в эксплуатацию видеосистемы Face ID с функцией распознавания лиц. Они позволяют осуществлять контроль за техникой безопасности, измерять температуру тела сотрудников и др. В Сколково используются смарт-часы, выдаваемые рабочим для отслеживания в режиме онлайн их действий и передвижений, дающие возможность при необходимости оперативно реагировать на сигналы тревоги в случае чрезвычайного происшествия.

Камеры видеонаблюдения являются пассивными наблюдателями, машинное обучение, ИИ и компьютерное зрение дополняют их функции для решения проблем в системе обеспечения безопасности строительных объектов: создание датчика, почти такого же, как человеческий глаз, повышает потенциальные возможности систем безопасности. ИИ-система видеонаблюдения может программироваться «видеть» подозрительное поведение, распознавать преступников, маскировку, оружие и др. и при соответствующем обнаружении/совпадении – отправлять предупредительные сообщения в службу безопасности или полицию. Как следствие, учитывая тенденции в компьютерном зрении, ожидается, что влияние ИИ-систем видеонаблюдения на безопасность и наблюдение будет возрастать.

Одной из серьезных проблем на стройке являются шумные работы, доставляющие серьезный дискомфорт жителям близлежащих домов. По этой причине строителям приходится уменьшать время работы на объекте. Современные технологии дают возможность осуществлять проведение строительных работ, сведя беспокойство населения к минимуму. Для решения данной проблемы в Москве устанавливаются датчики для контроля уровня шума.

Использование искусственного интеллекта в строительной отрасли

Одно из направлений развития ИИ – машинное обучение, основным принципом которого является то, что ИИ-модели на основе алгоритмов получают данные и «обучаются» на них, чтобы впоследствии ИИ-модели могли изучать и анализировать контекст посредством визуального анализа данных. При достаточном количестве данных ИИ-модель уже может различать визуальные входные данные и «видеть общую картину». Системы машинного обучения дают возможность быстро применять знания, полученные с использованием больших наборов данных, что позволяет успешно решать такие задачи, как проектирование, управление строительными проектами, замена человеческих трудовых ресурсов в строительстве роботами, в том числе для обеспечения безопасности работников при проведении строительных работ и др.

В настоящее время использование ИИ-инструмента в строительном бизнесе – наиболее перспективное направление. В отличие от программ с закодированными «вручную» инструкциями на различение изображений и распознавание для выполнения конкретных задач, как, например, в ИИ-системах видеонаблюдения, машинное обучение использует ИИ-алгоритмы для автономного обучения, что позволяет системе машинного обучения самостоятельно учиться делать прогнозы и распознавать шаблоны в строительной индустрии [15].

Как следствие вышеизложенного, благодаря «обучению» и возможности распознавания шаблонов ИИ-системы могут значительно улучшить многие аспекты процесса строительства: управление ресурсами, контроль безопасности и состояния персонала, управление проектом

строительства объекта в целом. Современные роботы хорошо справляются с простыми повторяющимися задачами: вязание арматуры или кладка кирпича [16].

Как отмечается в «Стратегии развития беспилотной авиации на период до 2030 г. (и с перспективой до 2035 г.)» [17], лидирующими отраслями в мире по объему заказанных услуг с применением БПЛА являются энергетический сектор (14 %), строительство (12 %) и сельское хозяйство (9 %). Наиболее популярными видами услуг с применением БПЛА в России в 2022 г. был мониторинг нефтегазопроводов, электросетей (40 %), авиационно-химические работы в сельском хозяйстве (20 %), световые шоу (12 %), работы в целях лесоустройства (7 %), обследование объектов капитального строительства (7 %), перевозка грузов (6 %), картография и кадастр (5 %) и аэромагнитная разведка (3 %). В частности, БПЛА с использованием ИИ применяются для создания готовых моделей рабочих площадок и фотографирования хода работ, выявления потенциальных опасностей, ежедневного проведения инспекций рабочих мест, мониторинга безопасного проведения взрывных работ при строительстве, в строительно-монтажных работах. В результате применения БПЛА с использованием ИИ финансовые затраты отрасли строительства только в отношении земляных работ снизились на 30 %, общий срок строительства сократился на $\frac{1}{3}$, вдвое сократился риск выявления нарушений на поздних этапах строительства вследствие роста качества строительного и технического надзора. В области картографии и кадастра на 20 % снизилась стоимость комплексных кадастровых работ, появилась возможность определить точное количество земельных участков, поставить на учет ранее не поставленные участки.

В инвестиционно-строительной сфере ИИ-технологии, технологии информационного моделирования и онлайн-сделки используются в процессе закупок, подписания и контроля исполнения контрактов [18], для роботизации производственных и управленческих процессов, что позволяет повысить эффективность управления проектами строительства объекта. Дорогостоящие и длительные процессы согласования и лицензирования (например, в сфере строительства и эксплуатации объектов) с помощью ИИ ускоряются, исключается человеческий фактор, связанный с возможными ошибками и бюрократизацией данных процессов [19].

ИИ-технологии способны ускорить процессы инвестиционно-строительного цикла без дополнительных трудовых ресурсов. В частности, согласно исследованиям [20], 25 % рабочих мест в США до 2029 г. могут быть полностью или частично автоматизированы (задачи в секторе техобслуживания и уборки зданий – 1 %, профессии в области инжиниринга и архитектуры – 37 %). Но согласно Илону Маску: «Людей серьезно недооценивают как работников». Основная причина в том, что у пальцев работника десятки степеней свободы, у роботов же такое количество степеней свободы будет стоить слишком дорого. Чтобы удавались ловкие движения, необходимо не только понимать, как двигаться, но и адаптироваться к быстро меняющимся условиям. Роботы под управлением нейросетей справляются с этим, если их долго и упорно «натаскивать» на движения определенных типов. Но производственные процессы состоят не только из простых движений. Поэтому попытки создать роботов, строящих дома, заканчиваются тем, что за машиной идет строитель, условно «убирающий раствор, наляпанный роботом» [21]. То есть ИИ никогда не заменит строителя, однако может стать для него эффективным помощником [22].

Вклад в российский ВВП от внедрения ИИ в строительной отрасли может составить > 1 трлн руб. к 2028 г. [23]. При этом строительная отрасль совместно с ЖКХ стабильно занимает > 10 % в доле российского ВВП.

Цифровая трансформация является одним из ключевых направлений развития строительной отрасли, закрепленных в «Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года» [24]. Как отметил заместитель министра строительства и ЖКХ РФ Константин Михайлик: «Наши основные задачи – сформировать и развивать цифровую систему управления жизненным циклом объектов капитального строительства, городского и жилищно-коммунального хозяйства, отвечающую современным отраслевым вызовам, в том числе с применением искусственного интеллекта».

Использование искусственного интеллекта при проектировании строительных объектов

В Саудовской Аравии в настоящее время строится одобренный правительством самодостаточный линейный мегаполис «Зеркальная линия» (The Mirror Line), его планируют построить у Красного моря в рамках реализации антиутопического проекта Агентства развития территории Саудовской Аравии – NEOM. Архитекторы студии Morphosis (США) с помощью ИИ представили, каким может быть линейный мегаполис «Зеркальная линия» [25].

Он полностью крытый, состоящий из двух параллельных соединенных системой переходов и откидных мостов небоскребов, похожих на стены, с открытым пространством между ними, длиной 170 км и высотой 500 м (125–150 этажей), шириной 200 м, в виде 140 соединенных между собой модулей, вместимостью до 9 млн человек, возводимых на северо-западе Саудовской Аравии в административном округе Табук. В небоскребах предполагается разместить жилые, торговые, развлекательные, парковые и зеленые зоны, школы, офисы, больницы, апарт-отели, резиденцию королевской семьи, 4 аэропорта (один из них уже работает). На открытом воздухе предполагается высадить большое количество зелени, разбить парки и восстановить кораллы в Красном море.

Здания планируется облицевать зеркальными фасадами, чтобы снять проблемы кондиционирования помещений посредством отражения ими солнечного излучения, подчеркнуть уникальный характер проекта и «стереть» границу между природой и архитектурой благодаря тому, что в зеркальных фасадах будет отражаться окружающая природа. Подземная железнодорожная система, проходящая по всей длине мегаструктуры, позволит на поездах со скоростью в 512 км/ч добраться из одного конца города в другой за 20 мин. Предполагается, что энергия в мегаполисе будет полностью от возобновляемых источников. В небоскребах планируется организовать вертикальное земледелие, которое должно обеспечить жителей, которых к 2030 г., предполагается, будет проживать до 300 тыс. чел. (к 2045 г. – 9 млн чел.), продуктами питания [25]. Агентство развития территории Саудовской Аравии NEOM представило также рендеры стадиона на 46 тыс. мест в рамках официальной заявки Саудовской Аравии на проведение чемпионата мира по футболу в 2034 г., который, предполагается, будет расположен на высоте более 350 м в небоскребе «Зеркальная линия». Завершить строительство мегаполиса «Зеркальная линия» предполагается к 2050 г. [26].

Одним из примеров использования ИИ является российский сетевой программный продукт – DocHub-платформа, применяющая ИИ Croderra для построения системного дизайна сетевых сервисов и программных продуктов и проектирования архитектуры, что позволяет ускорить разработку проектной документации и расширить функционал архитекторам

и разработчикам (освобождая их от рутины актуализации документации) при помощи ИИ и подхода «Архитектура как код» для новых и существующих проектов сканированием исходного кода по запросам: «Спроектируй: 1) видеосервис для стриминга видео, 2) сервис оплаты с подпиской» [27].

Использование искусственного интеллекта при строительстве объектов

В строительстве ИИ может применяться на всех этапах девелоперского цикла: от оценки градостроительного потенциала, инженерных изысканий и закупки стройматериалов до соблюдения безопасности на стройплощадке и контроля работ по девелоперскому проекту [28].

Четырехколесный робот с ИИ компании Canvas (США) использовался при сооружении терминала международного аэропорта им. Харви Милка и на других стройплощадках. Он способен ориентироваться на стройплощадке посредством роботизированного манипулятора и лазерных сканеров, сенсоры позволяют ему не сталкиваться со строителями. С помощью лазерного эхолотатора он предварительно сканирует в помещении стены с незавершенной отделкой, после чего выравнивает их и наносит гипсокартон. Данного робота можно сравнить с опытным рабочим по укладке стен [29].

Роботизированное оборудование «автономные транспортные средства» концерна Volvo (Швеция) используется для перемещения и перевозки материалов на крупных стройплощадках и в таких узконаправленных работах, как сверление, укладка кирпича и сварка. Созданный Boston Dynamics (принадлежит в настоящее время корейскому автоконцерну Hyundai) робот используется для контроля за строительством: ежедневно передвигаясь по строящемуся объекту, он делает снимки с одних и тех же ракурсов [30].

Использование искусственного интеллекта в развитии систем «интеллектуальный дом» и «интеллектуальный город»

«Интеллектуальный город» – это автоматический комплекс, регулирующий научно-производственный кластер, основанный на разработках в области «Интернета вещей», интеллектуальных счетчиков и сетей и способности ИИ общаться с человеком и устройствами его жизнеобеспечения [31]. В частности, ИИ позволяет анализировать большие объемы данных для выявления закономерностей, используемых при принятии управленческих решений по городу. Например, в ЖК «Большое Путилково» в Красногорске (Московская область) включение ИИ в энергосистему и систему контроля климата в школе обеспечивает поминутное измерение энергопотребления, освещенности, влажности и температуры, а также содержания CO₂. Комфортный микроклимат здания напрямую влияет на самочувствие и успеваемость учащихся.

На рис. 2 представлены 10 стран с наибольшей долей пользователей «умного дома».

В Дании и Нидерландах 23 и 21 % от общего количества жилья составляют «умные дома», на десятом месте находится Болгария (рис. 2). На российском рынке система «умного дома» еще не внедрена в полной мере, хотя данная технология все больше начинает пользоваться спросом среди населения.

Для голосового управления «умным домом» применяется интеграция с Apple HomeKit через Siri и добавляется поддержка соответствующих устройств Яндекс Алисой. Например,

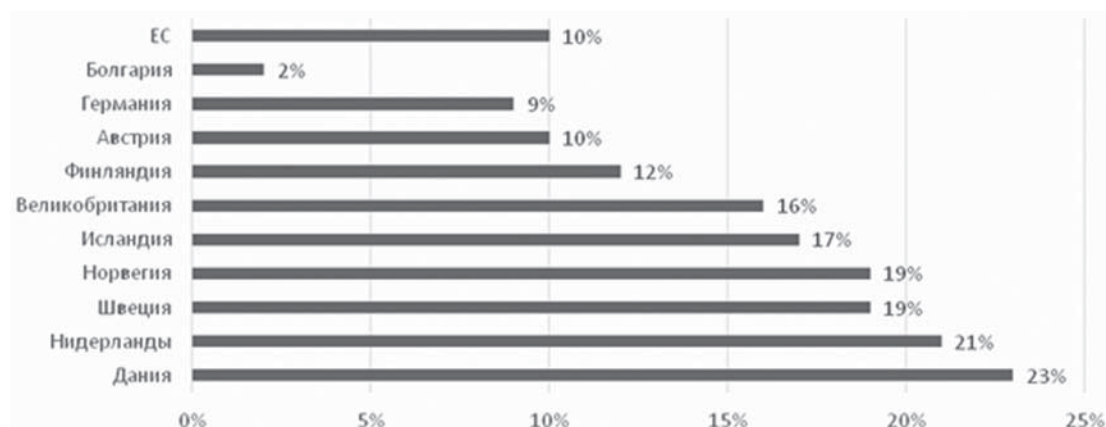


Рис. 2. Доля пользователей «Умного дома» в ряде европейских стран [Источник: составлено автором на основе [32]]
Fig. 2. Share of smart home users in a number of European countries [Source: compiled by the author based on [32]]

после криков домашнего животного достаточно сказать Яндекс Алисе, чтобы она включила устройство, позволяющее ему пить воду. Возможные сценарии «умного дома»: 1) «Имитация присутствия» при длительном отсутствии хозяев; 2) «Доброе утро» или «Спокойной ночи», когда автоматически в соответствии с предпочтениями того, кто живет в данной комнате, открываются/завешиваются (с восходом/закатом солнца) шторы; 3) «Уход из дома» или «Приход домой» и т. д. можно программировать в приложении BARY без написания кода и с поддержкой соответствующих устройств Яндекс Алисой [33].

Однако нужно учитывать и негативные аспекты проживания в «умном доме». В частности, согласно «Викиликс», контрразведка МИ-5 (Великобритания) и спецподразделение ЦРУ Embedded Devices Branch (отделение разработки встраиваемых систем) создали записывающее звук приложение «Плачущий ангел» (Weeping Angel) для:

- шпионажа за владельцами «умных» телевизоров, подключенных к Интернету с видеокамерами, микрофонами и приложениями от Amazon Prime Video до YouTube. Будучи зараженными вредоносной программой, даже если пользователь ничего не просматривает, они записывают происходящее вокруг с помощью микрофона и передают запись на сервер спецслужбы;

- извлечения данных из баз данных Microsoft – Pterodactyl (специальное аппаратное решение для поддержки копирования мультимедиа пользователя);

- регистрации нажатия клавиш компьютера пользователя – кейлоггер SparrowHawk;

- отслеживания всех соединений пользователя, его имени и пароля – GyrFalcon;

- внедрения шпионского кода в «целевой актив» – SnowyOwl.

Голосовые помощники в смартфонах и «умных» аудиоколонках от крупных компаний при их активации подслушивают за пользователями, составляют на основе ключевых слов и фраз, вычлняемых голосовым помощником из речи пользователя, его портрет для рекламодателя (специальный ИИ) и на основе полученной информации пользователю предлагают в Интернете рекламу. «Например, обсудив покупку яхты, через час пользователю будет показываться контекстная реклама о продажах яхт, о море, о сопутствующих товарах и пр.» [34]. Получатели данных пользователя от «умных» видеокамер и аудиокколонок – зарубежные

стриминговый сервис Spotify и компания Microsoft [35]. Операционная система Windows 10 перехватывает весь набираемый на клавиатуре текст, собирает его в пакеты и каждые 30 минут отправляет на серверы компании Microsoft. Геолокационные данные и данные находящихся поблизости Wi-Fi сетей накапливаются и отправляются также каждые 30 минут. Это позволяет отследить перемещения пользователя с точностью до 2 м. Микрофон в Windows 10 включен постоянно. Даже после отключения голосового помощника Cortana микрофон продолжает записывать и сохранять на жесткий диск все, что говорит пользователь, после чего отправляет запись на сервер компании Microsoft. Телеметрия Windows 10 передает в Microsoft состояние компьютера и активность пользователя, установленные и запускаемые в Windows в данный момент программы, включая фрагменты оперативной памяти, конфиденциальные данные и пароли. Сразу после активации Windows 10 в Microsoft передается информация с веб-камеры. При этом ключевой сервис диагностики Connected User Experiences and Telemetry невозможно отключить.

Рекомендации

1. Масштабное внедрение инновационных сквозных технологий в сфере строительства предполагает необходимость формирования алгоритмов и моделей, позволяющих эффективно сочетать использование БПЛА, онлайн-сделки, технологии видеостриминга и других (часто разноплановых) технологий в сфере строительства с учетом климатического аспекта их применимости при строительстве. Это является ключевым фактором для повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества строительных проектов. Реализация данных технологий требует сотрудничества между разными заинтересованными сторонами, включая строительные компании, инжиниринговые фирмы, госорганы и академическое сообщество. В частности, предполагается, что экспертная группа по внедрению ИИ ДОМ.РФ и Минстрой России с бизнес-сообществом сформируют реестр решений с использованием ИИ для строительства. В экспертную группу по внедрению ИИ (создание отраслевой платформы, нормативно-правовых условий для развития ИИ на разных этапах строительства, общедоступного реестра эффективных ИИ-решений, устранение препятствий для обмена данными между участниками строительного рынка, реализация программы подготовки профильных кадров по ИИ-технологиям) входят вузы, НИИ, федеральные органы исполнительной власти, банки, вендоры, застройщики и другие (> 50 участников).

2. Инновационные сквозные технологии открывают новые возможности и перспективы для строительной отрасли, их успешная коммерциализация может привести к прорывным изменениям в сфере строительства [36]. Для повсеместного внедрения и коммерциализации вышеперечисленных технологий в России необходимы разработки и совершенствование уже существующих инновационных сквозных технологий, создание соответствующей инфраструктуры для обеспечения возможности их максимально эффективного использования и обучение специалистов соответствующего уровня для работы с данными технологиями.

3. «Чтобы уберечь свою частную жизнь, необходимо иметь на подключенных к Интернету устройствах защитное программное обеспечение (ПО). На современных ноутбуках и смартфонах оно может быть установлено, но лучше купить «профессиональную» программу, которая защищает от вирусов и позволяет зафиксировать возможную передачу данных. С развитием «умных домов» такое ПО потребуется холодильникам и микроволновкам.

Опасные программы часто предлагаются мошенниками под видом «выгодных предложений», поэтому любую информацию надо перепроверять: уточнить контакты через поисковик и перезвонить в организацию, от имени которой что-то присылается. Заклеивать камеры на устройствах – решать пользователю, но хуже от этого не будет» [37]. При «умных» колонках или при активированном голосовом помощнике на смартфоне пользователя не рекомендуется что-то говорить, иначе на него будет составляться профиль.

Заключение

1. Проанализированные инновационные сквозные технологии, применяемые в строительстве, представляют собой информсистемы, основная цель которых – повышение эффективности взаимодействия специалистов и организаций с объектом строительства на этапах проектирования, строительства и эксплуатации и возможность повышения безопасности строителей при проведении строительных работ. С одной стороны, с помощью ИИ дорогостоящие и длительные процессы лицензирования и согласования в сфере строительства и эксплуатации объектов ускоряются, исключается человеческий фактор в виде бюрократизации и возможных ошибок. С другой – в критически важных направлениях и технологически и производственно сложных видах строительной деятельности ИИ не может принимать финальное решение – за этим всегда должен стоять специалист-строитель.

2. Сфера строительства в России развивается с каждым годом: внедряются и тестируются новые технологии, упрощающие деятельность и увеличивающие производительность труда. В ближайшем будущем в России планируется полностью автоматизировать процесс строительства и использовать специальные методики и инновационные устройства и алгоритмы применения ИИ с целью повышения эффективности и минимизации издержек данного процесса.

Список литературы

1. Строительство. Федеральная служба государственной статистики [интернет]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458>; Профессиональный журнал АО «Мосинжпроект». № 2(41), 2021. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewipj4a9sv-b3AhVy-yoKH9YDyoQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fmosmzhproektru%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F06%2Fis41.pdf&usg=AOvVaw3SDv6dpj5eLMrVo4DFsKx>
2. Мишустин: В стране должны появиться новые нацпроекты в области технологий. Русская весна [интернет]. 15 марта 2024. Режим доступа: <https://rusvesna.su/news/1710417429>
3. Восковых К.А. Анализ современных тенденций в строительстве: новые материалы, технологии и инновации. *Colloquium-Journal*. 2023;(22):31–33.
4. Гевак А.А., Якутис К.Д., Щедров Р.М., Варшавская У.Е., Киндеев А.И. Инновации в управлении отходами в строительстве: роль экономики в переходе к экологически устойчивому будущему. *Финансовая экономика*. 2023;(5):155–156.
5. Жанатулы А., Стародубцева Т.А. Инновации в строительстве. Строительные дроны. Научный аспект. 2023;(4):290–296.
6. Злобин И.М. Физические модели и инновации в архитектурном и гражданском строительстве. Молодой ученый. 2023;(50):32–33.
7. Картавый Д.Е., Тихонов Л.В. Экономические перспективы в строительстве: перспективы роста, технологические инновации и устойчивое развитие. *Финансовая экономика*. 2023;(7):105–107.

8. *Кашинская А.А.* Инновации в дорожном строительстве. Технология подогрева дорожного покрытия snowless. Научный аспект. 2024;43(1):5648–5654.
9. *Порядин В.С.* Инновации в экологичном строительстве: устойчивое будущее. Вестник науки. 2023;3(8):131–133.
10. *Семенова М.А.* Инновации в проектировании и строительстве готовых сантехнических модулей. Научный Лидер. 2023;3(3):13–14.
11. *Тихонов Л.В., Картавый Д.Е., Сияшин Е.В., Серебряков Е.Е., Чигрин М.Н., Матяш А.В.* Эффективное энергосбережение в зеленом строительстве: технологии и инновации. Финансовая экономика. 2024;1(1):225–227.
12. *Шахмурадян Е.А.* Инновации в строительстве. Аллея науки. 2023;1(7):115–118.
13. *Багаутдинова А.Р., Гаврилова Т.Е.* Инновационные технологии в сфере строительства и их коммерциализация. В: Корпоративное управление и инноватика в условиях трансформационных процессов. Сб. науч. ст. Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. «Инновации в управлении социально-экономическими системами» (RCIMSS-2023). Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова; 2023, с. 49–54.
14. *Филин С.* Дорожно-мостовое строительство РФ в цифрах и событиях 2023 года. Путевой навигатор. 2024;158(1):19–26.
15. Распознавание лиц и видеоаналитика: тренды 2020 года. Retail & Loyalty [интернет]. Режим доступа: https://retail-Loyalty.org/news/raspoznavanie-Lits-i-videonabLyudenie-trendy-2020-goda/?id=2914209_
16. *Бекренев А.Г., Молохина Л.А., Филин С.А.* Пространственные и арматурные модули в дорожном строительстве. Путевой навигатор. 2021;47(1):48–56.
17. Стратегии развития беспилотной авиации на период до 2030 г. (и с перспективой до 2035 г.). Утверждена распоряжением Правительства РФ от 21.06.2023 г. № 1630-р [интернет]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf>.
18. *Владимирова И.Л., Барешенкова К.А.* Цифровой инжиниринг в сфере закупок при реализации инвестиционно-строительных проектов. Экономика, предпринимательство и право. 2020;10(2):377–394. <https://doi.org/10.18334/epp.10.2.100493>
19. ИИ против бюрократии: Microsoft уберет людей с пути строительства малых ядерных реакторов [интернет]. 19 декабря 2023. Режим доступа: <https://mogilew.by/varied/231387-ii-protiv-byurokratii-microsoft-uberet-lyudey-s-puti-stroitelstva-malyh-yadernyh-reaktorov.html>
20. Миллионам людей предрекли потерю работы из-за искусственного интеллекта. Lenta.Ru [интернет]. 28 марта 2023. Режим доступа: https://lenta.ru/news/2023/03/28/ai_report/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop
21. *Березин А.* Контроль над демонами: почему Маск и Возняк требуют остановить развитие ChatGPT. Naked Science [интернет]. 03 апреля 2023. Режим доступа: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/kontrol-nad-demonami>
22. До 80 % сотрудников компаний в России должны научиться работать с ИИ к 2030 году. Русская весна [интернет]. 23 февраля 2024. Режим доступа: <https://rusvesna.su/news/1708506117>
23. Экономический эффект от ИИ в строительной отрасли превысит 1 трлн рублей к 2028 году. ТАСС [интернет]. 07 марта 2024. Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/20184125>
24. Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года (утв. Распоряжением Правительства РФ от 31.10.2022 г. № 3268-р (ред. от 21.10.2024 г.). КонсультантПлюс [интернет]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_430333/082f7da9658f094f4d3e65bedfdddc3f59f4aff/
25. Горизонтальный небоскреб на 9 млн жителей обретает очертания [интернет]. Режим доступа: https://rikabu.ru/story/gorizontalniy_neboskreb_na_9 mln_zhiteley_obretaet_ochertaniya_10169477
26. Колизей XXI века: в Саудовской Аравии показали проект нового стадиона [интернет]. Режим доступа: <https://islam.kz/ru/news/v-mire/kolizei-xxi-veka-v-saudovskoi-aravii-pokazali-proekt-novogo-stadiona-19684/#gsc.tab=0>
27. *Дубинский В.* Ринат Хабибуллин: «Никто не знает точно, к чему может привести развитие ИИ» [интернет]. 21 апреля 2023. Режим доступа: <https://2051.vision/2023/04/21/rinat-habibullin-nikto-ne-znaet-tochno-k-chemu-mozhet-privesti-razvitiie-ii/>
28. *Филин С.А., Марушкина В.А.* Особенности оценки эффективности инвестиционных девелоперских проектов. Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2017;13(11):2112–2131.

29. «Умная стройка»: новый стандарт работы стройкомплекса Москвы. Инженерные сооружения. 2021;2(41):1–136.
30. Макарова Е.Е. Повышение эффективности управления недвижимостью в условиях цифровой экономики. Наука Красноярья. 2019;8(5):50–59.
31. Пенроуз Р. Тени разума. В поисках науки о сознании. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований; 2005.
32. Share of Smart Home users in selected European countries in 2019. Statista [internet]. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1113912/share-of-smart-home-users-in-europe/>
33. То ли дом, то ли лаборатория: как устроен умный дом профессионала. Хабр [интернет]. 13 июня 2024. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/wireboard/articles/821347/>
34. Кильдюшкин Р. Россиянам рассказали, как их подслушивают смартфоны. Газета.Ru [интернет]. 23 ноября 2023. Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2023/11/23/21776053.shtml?updated>
35. Умные телевизоры передавали Netflix личные данные владельцев, которые даже не были зарегистрированы в сервисе. Inc. [интернет]. 18 сентября 2019. Режим доступа: <https://incrussia.ru/news/umnye-televizory-lichnye-dannye/>
36. Великороссов В.В., Филин С.А., Акулинин Ф.В., Балаханова Д.К., Джао Д. Коммерциализация инноваций в организации: процессы и методы. Экономика и управление: проблемы, решения. 2023;4(1):4–11. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.01.04.001>
37. «Притворяясь» выключенными. Как ЦРУ прослушивает нас через телевизоры. Аргументы и факты [интернет]. 16 марта 2017. Режим доступа: https://aif.ru/society/safety/pritvoryayas_vyklyuchennymi_kak_cru_proslushivaet_nas_cherez_televizory

References

1. Construction. Federal State Statistics Service [internet]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/14458>. (In Russian); Professional journal of Mosinzhproekt JSC. No. 2(41), 2021. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&u=act=8&ved=2ahUKewipj4a9svb3AhVy-yoKHY9YDyoQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Fmosmzhproektru%2Fwp-content%2Fupload-s%2F2021%2F06%2Fis41.pdf&usq=A0vVaw3SDv6dpj5eLMrVo4DFsKx>
2. Mishustin: New national projects in the field of technology should appear in the country. Russian spring [internet]. 15 March 2024. Available at: <https://rusvesna.su/news/1710417429>. (In Russian).
3. Voskovykh K.A. Analysis of modern trends in construction: new materials, technologies and innovations. Colloquium-Journal. 2023;22(1):31–33. (In Russian).
4. Gevak A.A., Yakutis K.D., Shchedrov R.M., Varshavskaya U.E., Kindeev A.I. Innovations in waste management in construction: the role of the economy in the transition to an environmentally sustainable future. Financial Economics. 2023;5(1):155–156. (In Russian).
5. Zhanatuly A., Starodubtseva T.A. Innovations in construction. Construction drones. Nauchnyi aspekt = Scientific aspect. 2023;3(4):290–296. (In Russian).
6. Zlobin I.M. Physical models and innovations in architectural and civil engineering. Molodoi uchenyi = Young Scientist. 2023;50(1):32–33. (In Russian).
7. Kartavy D.E., Tikhonov L.V. Economic prospects in construction: growth prospects, technological innovations and sustainable development. Financial Economics. 2023;7(1):105–107. (In Russian).
8. Kashinskaya A.A. Innovations in road construction. Technology of snowless pavement heating. Nauchnyi aspekt = Scientific aspect. 2024;43(1):5648–5654. (In Russian).
9. Poryadin V.S. Innovations in eco-friendly construction: a sustainable future. Vestnik nauki = Bulletin of science. 2023;3(8):131–133. (In Russian).
10. Semenova M.A. Innovations in the design and construction of ready-made plumbing modules. Nauchnyi Lider = Scientific Leader. 2023;3(1):13–14. (In Russian).
11. Tikhonov L.V., Kartavy D.E., Sinyashin E.V., Serebryakov E.E., Chigrin M.N., Matyash A.V. Effective energy saving in green construction: technologies and innovations. Financial Economics. 2024;1(1):225–227. (In Russian).
12. Shakhmuradyan E.A. Innovations in construction. Alleya Nauki = Alley of Science. 2023;1(7):115–118. (In Russian).

13. *Bagautdinova A.R., Gavrilova T.E.* Innovative technologies in the field of construction and their commercialization. In: Corporate governance and innovation in the context of transformational processes. Collection of scientific articles of the All-Russian (national) scientific and practical conference „Innovations in the management of socio-economic systems” (RCIMSS-2023). Moscow: Plekhanov Russian University of Economics; 2023, pp. 49–54. (In Russian).
14. *Filin S.* Road and bridge construction of the Russian Federation in figures and events of 2023. Putevoi navigator = Travel navigator. 2024;(58):19–26. (In Russian).
15. Face recognition and video analytics: trends in 2020. Retail & Loyalty [internet]. Available at: https://retail-Loyalty.org/news/raspoznavanie-Lits-i-videonabLyudenie-trendy-2020-goda/?id=2914209_. (In Russian).
16. *Bekrenev A.G., Molokhina L.A., Filin S.A.* Spatial and reinforcement modules in road construction. Putevoi navigator = Travel navigator. 2021;(47):48–56. (In Russian).
17. Strategies for the development of unmanned aviation for the period up to 2030 [and with a perspective up to 2035]. Approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 06/21/2023 No. 1630-R [internet]. Available at: <http://static.government.ru/media/files/3m4AHa9s3PrYTDr316ibUtyEVUpnRT2x.pdf>. (In Russian).
18. *Vladimirova I.L., Bareshenkova K.A.* Digital engineering in the field of procurement in the implementation of investment and construction projects. Journal of Economics, Entrepreneurship and Law. 2020;10(2):377–394. (In Russian). <https://doi.org/10.18334/epp.10.2.100493>.
19. AI versus Bureaucracy: Microsoft will get people out of the way of building small nuclear reactors [internet]. 19 December 2023. Available at: <https://mogilew.by/varied/231387-ii-protiv-byurokratii-microsoft-uberet-lyudey-s-puti-stroitelstva-malyh-yadernyh-reaktorov.html>. (In Russian).
20. Millions of people were predicted to lose their jobs due to artificial intelligence. Lenta.Ru [internet]. 28 March 2023. Available at: https://lenta.ru/news/2023/03/28/ai_report/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop. (In Russian).
21. *Berezin A.* Control of demons: why Musk and Wozniak demand to stop the development of ChatGPT. Naked Science [internet]. 03 April 2023. Available at: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/kontrol-nad-demonami>. (In Russian).
22. Up to 80 % of employees of companies in Russia should learn how to work with AI by 2030. Russian spring [internet]. 23 February 2024. Available at: <https://rusvesna.su/news/1708506117>. (In Russian).
23. The economic effect of AI in the construction industry will exceed 1 trillion rubles by 2028. TASS [internet]. 07 March 2024. Available at: <https://tass.ru/ekonomika/20184125>. (In Russian).
24. Strategies for the development of the construction industry and housing and communal services of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2035 [approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated 10/31/2022 No. 3268-r [ed. dated 10/21/2024]. Konsul'tantPlyus [internet]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_430333/082f7da9658f094f4d3e65bedfdddc3f59f4aff/. (In Russian).
25. A horizontal skyscraper with 9 million inhabitants takes shape [internet]. Available at: https://pikabu.ru/story/gorizontalnyiy_neboskreb_na_9 mln_zhiteley_obretaet_ochertaniya_10169477. (In Russian).
26. Colosseum of the XXI century: the project of a new stadium was shown in Saudi Arabia [internet]. Available at: <https://islam.kz/ru/news/v-mire/kolizei-xxi-veka-v-saudovskoi-aravii-pokazali-proekt-novogo-stadiona-19684/#gsc.tab=0>. (In Russian).
27. *Dubinsky V.* Rinat Khabibullin: „No one knows exactly what the development of AI can lead to”. [internet]. 21 April 2023. Available at: <https://2051.vision/2023/04/21/rinat-habibullin-nikto-ne-znaet-tochno-k-chemu-mozhet-privesti-razvitie-ii/>. (In Russian).
28. *Filin S.A., Marushkina V.A.* Features of evaluating the effectiveness of investment development projects. National Interests: Priorities and Security. 2017;13(11):2112–2131. (In Russian).
29. „Smart construction”: a new standard for the work of the Moscow construction complex. Engineering structures. 2021;(2(41)):1–136. (In Russian).
30. *Makarova E.E.* Improving the efficiency of real estate management in the digital economy. Krasnoyarsk Science. 2019;8(5):50–59. (In Russian).
31. *Penrose R.* Shadows of the mind. In search of the science of consciousness. Moscow-Izhevsk: Institute of Computer Research; 2005. (In Russian).

32. Share of Smart Home users in selected European countries in 2019. Statista [internet]. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1113912/share-of-smart-home-users-in-europe/>
33. Whether it's a house, or a laboratory: how a professional's smart home works. Khabr [intenet]. 13 June 2024. Available at: <https://habr.com/ru/companies/wirenboard/articles/821347/> (In Russian).
34. *Kildyushkin R.* Russians were told how smartphones were eavesdropping on them. Gazeta.Ru [internet]. 23 November 2023. Available at: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2023/11/23/21776053.shtml?updated>. (In Russian).
35. Smart TVs transmitted to Netflix the personal data of owners who were not even registered in the service. Inc. [internet]. 18 September 2019. Available at: <https://incrussia.ru/news/umnye-televizory-lichnye-dannye/>. (In Russian).
36. *Velikorossov V.V., Filin S.A., Akulinin F.V., Balakhanova D.K., Zhao D.* Commercialization of innovations in the organization: processes and methods. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya.* 2023;4(1):4–11. (In Russian). <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2023.01.04.001>
37. „Pretending” to be turned off. How the CIA is listening to us through televisions. *Argumenty i fakty* [internet]. 16 March 2017. Available at: https://aif.ru/society/safety/pritvoryayas_vyklyuchennymi_kak_cru_proslushivaet_nas_cherez_televizory. (In Russian).

Информация об авторе / Information about the author

Александр Борисович Ланчаков, канд. эконом. наук, проректор ФГБОУ ВО «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», Долгопрудный
e-mail: ab5657171@yandex.ru
тел.: +7 (910) 430-76-94

Alexander B. Lanchakov, Cand. Sci. (Economics), Vice-Rector, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Dolgoprudny
e-mail: ab5657171@yandex.ru
tel.: +7 (910) 430-76-94