ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЕКТОВ ВЫСОТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Е.А. Гусакова

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26*

К настоящему времени накоплен многолетний опыт строительства и эксплуатации высотных зданий. Его анализ выявляет не только инженерную и организационно-технологическую специфику подобных проектов, но и системные пробелы в сфере управления. В реализации масштабных и уникальных проектов девелопмента высотных зданий актуальными становятся проблемы и задачи совершенствования подходов к управлению полным жизненным циклом проектов и методов, которые позволят повысить их конкурентоспособность. Применяемые системы в значительной степени исчерпали свой ресурс эффективности, что связано с автоматизацией традиционных «унаследованных» процессов и структур управления, а также разработкой IT-систем, ориентированных на информатизацию деятельности строительной компании, а не проекта. Для решения этих проблем предлагаются: реинжиниринг схем информационного взаимодействия участников проекта; формирование единой цифровой среды жизненного цикла проекта; разработка систем интеграции управления данными и управления проектами.

Предмет исследования: проблемы, подходы и методы информатизации управления жизненным циклом проекта применительно к специфике и особенностям высотных зданий.

Цели: обоснование наиболее перспективных подходов и методов информационного моделирования высотного строительства как основы управления полным жизненным циклом данного проекта.

Материалы и методы: проанализирован опыт информатизации проектирования, строительства, эксплуатации и девелопмента высотных зданий, представленный в специализированной литературе. Рассмотрены методы интеграции информационных моделей различных стадий жизненного цикла проекта и информационного взаимодействия участников проекта.

Результаты: предложена концепция формирования единой цифровой среды проекта с учетом особенностей жизненного цикла объектов высотного строительства, которая, в отличие от применяемых систем, ориентирована не на компанию или производство, а на проект; обоснована актуальность организационного реинжиниринга схем информационного взаимодействия участников проекта; показано, что основой стратегического управления полным жизненным циклом проекта должна стать консолидация методов и технологий управления проектами и управления данными.

Выводы: анализ накопленного опыта девелопмента уникальных и масштабных проектов высотных зданий показывает, что управление жизненным циклом проекта девелопмента высотного строительства — актуальная и не решенная проблема, требующая серьезных научных и проектных исследований. Сложившиеся концепции и схемы управления жизненным циклом проекта и взаимодействия участников проекта высотного строительства должны существенно модернизироваться с учетом использования возможностей технологий совместного цифрового моделирования проекта BIM (Building Information Modeling) и технологий поддержки и сопровождения его жизненного цикла (Continuous Acquisition and Life Cycle Support). При этом разработка единой информационной среды жизненного цикла проекта должна базироваться на интеграции управления данными и управления проектами, что позволит обеспечить многократное повышение эффективности и конкурентоспособности проекта высотного здания на всех стадиях его жизненного цикла.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: высотное строительство, девелопмент недвижимости, информационное моделирование, поддержка жизненного цикла, единая цифровая среда жизненного цикла

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Гусакова Е.А. Информационное моделирование жизненного цикла проектов высотного строительства // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 1 (112). С. 14–22.

INFORMATION MODELING OF LIFE CYCLE OF HIGH-RISE CONSTRUCTION PROJECTS

E.A. Gusakova

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26 Yaroslavlshoshe, Moscow, 129337, Russian Federation*

To date, many years' experience in the construction and operation of high-rise buildings has been accumulated. Its analysis reveals not only the engineering and organizational-technological specifics of such projects, but also systemic gaps in the field of management. In the implementation of large-scale and unique projects for high-rise buildings, the problems and tasks of improving approaches to managing the full life cycle of projects and methods, which will improve their competitiveness, become topical. The systems being used have largely exhausted their resource efficiency, which is associated with automation of traditional "inherited" processes and management structures, as well as development of IT-systems focused

on digitalization of the activities of construction company, rather than the project. To solve these problems, it is proposed to carry out: reengineering of the schemes of information interaction between the project's participants; formation of integrated digital environment for the life cycle of the project; development of systems for integrating data management and project management.

Subject: problems, approaches and methods of digitalization of project's life cycle management in relation to the specifics and features of high-rise buildings.

Research objectives: substantiation of the most perspective approaches and methods of information modeling of high-rise construction as the basis for managing the full life cycle of the given project.

Materials and methods: the experience of digitalization of design, construction, operation and development of high-rise buildings, presented in specialized literature, is analyzed. The methods for integrating information models of various stages of project's life cycle and for information interaction of project's participants are considered.

Results: the concept of forming a single digital environment for the project is proposed, taking into account the features of the life cycle of high-rise buildings, which, unlike the systems being currently used, is not targeted at the company or production but on the project. The topicality of organizational reengineering of schemes of information interaction between the project's participants is substantiated. It is shown that consolidation of methods and technologies for data management and project management should become the basis for strategic management of the project's full life cycle.

Conclusions: analysis of the accumulated experience in the development of unique and large-scale projects of high-rise buildings shows that managing the life cycle of the high-rise development project is a topical and unsolved problem that requires serious scientific and project research. The existing concepts and schemes for the project's life cycle management and the interaction between all participants of the high-rise construction project should be substantially modernized taking into account the use of capabilities of digital modeling of the project (BIM — Building Information Modeling) together with technologies for support of its life cycle (Continuous Acquisition and Life Cycle Support). At the same time, the development of an integrated information environment for the project's life cycle should be based on the integration of data management and project management, which will ensure a multiple increase in the efficiency and competitiveness of a high-rise building project at all stages of its life cycle.

KEY WORDS: high-rise construction, real estate development, building information modeling, life cycle support, integrated information environment for project's life cycle

FOR CITATION: Gusakova E.A. Informatsionnoe modelirovanie zhiznennogo tsikla proektov vyshotnogo stroitel'stva [Information modeling of life cycle of high-rise construction projects]. Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2018, vol. 13, issue 1 (112), pp. 14–22.

ВВЕДЕНИЕ

Реализация масштабных проектов высотного строительства — один из наиболее сложных видов дeвeлoпмeнтa нeдвигимoсти. Проектные идеи сложного высотного строительства всегда уникальны и, как правило, связаны с трендом развития мегаполисов. К настоящему времени и в России, и во многих других странах накоплен достаточный опыт не только проектирования и строительства таких зданий, но и данные по их долготелней эксплуатации и мониторингу. Яркие примеры воплощения таких проектов в Москве — семь зданий «сталинских» высоток, застройка Нового Арбата, район делового центра «Москва–Сити» и его застройка высотными жилыми, общественными, гостиничными и офисными зданиями [1].

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Анализ опыта высотного строительства показывает, что чем больше высотных домов построено, чем дольше эксплуатируются здания, тем больше проявляется их инженерная и организационно-технологическая специфика. Она связана с большими объемами долгосрочных инвестиций в новое строительство, в подготовку территории, разработку и реализацию более сложных организационно-эко-

номических механизмов, осуществление законодательных, градостроительных, финансовых, юридических и нормативных процедур [2, 3]. Специфика связана с рисками и неопределенностями, которые ожидают практически всех участников проектов высотного строительства от разработчика идеи дeвeлoпмeнтa, заказчика и инвестора, до эксплуатирующей управляющей компании [4, 5]. У инициаторов проекта и участников на начальных стадиях проекта это значимые риски долгосрочного прогнозирования необходимых инвестиций и срока окупаемости проекта, у проектной фирмы — необходимость анализа и учета конструктивных нагрузок уникального здания (основания и осадки грунтов, атмосферные и ветровые нагрузки, системы водоснабжения, отопления и вентиляции высотного здания; инженерные системы противопожарного и антитеррористического контроля и т.п.), у строительной подрядной организации — каждый раз разработка новых организационно-технологических решений [6]. На стадии эксплуатации это сложные задачи управляющей компании по обеспечению надежной работы инженерных сетей и безопасности объекта, поскольку уникальны процессы эксплуатации каждого высотного объекта. В высотном здании системы отопления, вентиляции, кондиционирования, теплоснабжения, холодоснабжения и другие инженерные системы составляют очень сложный

высокотехнологичный комплекс взаимосвязанных по функциональному значению систем оборудования и инженерных коммуникаций. Кроме того, высотные здания многофункциональны, в большинстве из них проектируются функциональные зоны в различных сочетаниях: жилая, административно-офисная, гостиничная, автостоянки, различные технические помещения, магазины, рестораны, кафе, зрелищные общественные пространства для собраний, выставок и др. [7].

Между тем уникальные риски, связанные с высотными проектами, лежат не только в решении инженерных и технических задач. Обнаруживаются системные пробелы и неопределенности в сфере управления и в первую очередь — в концепциях управления жизненным циклом проектов высотного строительства. Это вполне объяснимо. Все решения, определяющие цели и задачи проекта, функциональность здания, рентабельность, партнеров, организационно-экономические механизмы продажи и распоряжения имуществом, принимаются заказчиком и инвестором на ранних этапах жизненного цикла — в период от приобретения участка до продажи высотного здания. Поэтому изначально большинство участников строительства и эксплуатации далеки от стратегического управления жизненным циклом проекта [8, 9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Очевидно, что проекты высотного строительства требуют прогнозирования стратегии организации этапов и стадий строительства и эксплуатации. Прогноз жизненного цикла проекта девелопмента высотного строительства — далеко не простое дело, требующее сбора и изучения больших объемов информации, имеющей отношение к проекту, прямой и косвенной, формализованной и неформализуемой [10]. Для ее обработки и анализа, как показывает опыт, недостаточно только технологий компьютерной обработки данных. Эти вопросы являются отдельным, специфическим направлением научных исследований, требующих разностороннего и профессионального анализа жизненного цикла проекта девелоперами, градостроителями, архитекторами, конструкторами, инженерами, экологами, социологами, демографами, представителями разных слоев городской общественности [11].

Подход к созданию цифровой среды строительных проектов складывался эволюционно. Надо понимать, что изначально, очевидным образом, автоматизировались сложившиеся годами традиционные схемы и средства проектирования, основанные на работе с бумажными носителями информации. Были разработаны и внедрены весьма эффективные для своего времени системы автоматизированного проектирования для создания чертежей и различной проектной и технологической документации. Далее

автоматизация системно охватила такие сферы, связанные с проектом, как системы офисного документооборота, производственное планирование, отчетность и управление. Информатизация проектирования развивалась естественным образом, автоматизируя наиболее трудоемкие расчеты и рутинные операции подготовки чертежей, пояснительных записок и различных документов, основанных на бумажном документообороте, и соответствующих ему традиционных моделях управленческого взаимодействия и координации участников проекта. И в настоящее время большинство существующих процессов управления, а также механизмов организации производства и координации участников любого проекта продолжают оставаться основанными на бумажном документообороте и сопровождаются им. Создание, движение, архивация и актуализация нецифровых данных и массивов информации — текущий функционал многих тысяч специалистов проектных, строительных, управляющих, коммерческих структур и компаний. Большинство проектировщиков, конструкторов, инженеров, производственных технологов, различных менеджеров и других участников проекта получали профессиональный опыт на нормативах, стандартах и правилах, которые сложились и базируются на ведении дел с использованием нецифровых данных на бумажной документации [12].

Такой подход к «цифровизации» информационных потоков применительно к проектам высотного строительства, как и к большинству сложных проектов, уже практически выработал свой потенциал эффективности. Пределом и ограничением стали «унаследованные» структуры управления проектом, которые снижают эффективность ИТ-систем, позволяя использовать лишь малую долю потенциала цифровых и сетевых технологий. Практика показала, что автоматизация традиционных процессов управления и бумажных документов не решает в необходимой мере не только содержательно достаточно простые задачи информационного взаимодействия многочисленных участников жизненного цикла сложного проекта высотного строительства (заказчика, проектировщика, строителей, эксплуатирующих и обслуживающих организаций и т.д.), но и, тем более, комплексные проблемы управления проектом. Подсистемы, участвующие в проекте, плохо интегрируются и с трудом понимают друг друга. Поскольку исторически организационные структуры и системы их информатизации разрабатывались автономно, многие отличия в подходах к систематизации данных и программном обеспечении приводят к проблемам унификации и интеграции цифровых данных описывающих проект, сложностям формирования единой информационной среды проекта. Обмен данных между участниками проекта и их информационными системами остается процессом трудоемким [13].

Проблемы управления жизненным циклом проекта связаны также и с тем, что развитие и прикладные разработки ИТ-систем ориентированы в первую очередь на информатизацию деятельности строительной компании, а не проекта и его жизненного цикла. При этом в сложном и масштабном проекте высотного строительства на разных этапах участвует большое количество разнообразных организаций: девелопер, заказчик, генподрядчик, проектировщик, риэлторы, консультанты и посредники, управляющие компании и др. У них часто разные целевые приоритеты участия в проекте, разные функции в реализации его жизненного цикла, и, соответственно, могут быть разные представления о проекте в целом как системе и его информационном отражении. Кроме того, участники проекта организационно-экономически, юридически и ментально отдалены друг от друга и часто используют слабо совместимые компьютерные платформы и программные средства. По этим причинам сложно аккумулировать данные многих информационных моделей и подсистем проекта. Тем более сложно обеспечить их преемственность по стадиям и трансформациям жизненного цикла высотного здания.

Интеграция информационных потоков между участниками и стадиями проекта требует взгляда на проект и его жизненный цикл как на единое целое и такого же подхода к цифровизации и информационному моделированию. На практике эти задачи и функции в рамках своего участия в проекте выполняет девелопер. Он, системно и профессионально анализируя перспективы развития рынка недвижимости, обосновывает текущие и долгосрочные цели проекта, вырабатывает экономические и организационные схемы осуществления проекта, выявляет потребности во всех видах ресурсов и мобилизует их под проект, определяет объемы и сроки выполнения работ, координирует их с заказчиком, генподрядчиком и всеми участниками. Девелоперу, который постоянно сталкивается с противоречивыми задачами управления, с рисками и вероятностными характеристиками жизненного цикла проекта, который вынужден решать перечисленные задачи в условиях отсутствия цифрового информационного пространства проекта, в первую очередь необходима единая информационная модель проекта [14].

Таким образом, в целом к настоящему времени потенциал повышения эффективности управления жизненным циклом проектов высотного строительства за счет информатизации в значительной степени исчерпан, что является следствием двух проблем:

- устаревание методологического подхода к информатизации жизненного цикла высотного здания, при котором автоматизируется деятельность участников проекта и производственные, организационно-управленческие бизнес-процессы, сложившиеся исторически в условиях многолетнего традиционного документооборота, т.е. автоматизируются арха-

ичные организационные и управленческие процессы и схемы взаимодействия, которые ограничивают современный потенциал ИТ-технологий;

- отраслевая особенность строительства, где целью является проект (здание, сооружение, объект недвижимости в целом), а не производство. Большинство программных комплексов не учитывает эту особенность в необходимой степени, поскольку разрабатываются по аналогии с другими отраслями под потребности и бизнес-процессы производственного предприятия, строительной фирмы или компании, т.е. информатизация в строительстве не ориентирована на проект.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения проблем информационного моделирования проектов высотного строительства настоятельно требуются новые концепции цифровизации управления, основанные на формировании единой цифровой среды полного жизненного цикла проекта, которая должна раскрыть потенциал стратегического управления с учетом особенностей объектов, а также на организационном реинжиниринге схем информационного взаимодействия участников проекта.

Современные исследования и прогрессивные подходы к созданию информационной модели проекта основываются на необходимости формирования сквозной и универсальной структуры данных, разработки принципов актуализации и преемственности данных и непрерывном цифровом сопровождении всего жизненного цикла проекта. Все технологические переделы и работы на реальном объекте высотного строительства должны отражаться соответствующими изменениями данных о нем, подобно тому, как это осуществляется со сложной высокотехнологичной продукцией в других отраслях производства (например, в самолетостроении и кораблестроении). Технологическое и программное обеспечение цифровых систем и комплексов, имеющиеся средства автоматического получения и регистрации данных, их накопления и анализа, отображения и передачи, информации; коммуникационные сети и вычислительные мощности дают возможность решать эти задачи on-line и практически в режиме сопровождения и мониторинга реальных процессов. В идеале реальный проект и объект строительства сопровождает его цифровая и информационная версия или цифровой (виртуальный) объект строительства. Он продолжает поддерживать принятие решений и актуализироваться на стадии эксплуатации здания. Такой виртуальный объект или здание может существовать в единой, основанной на общих стандартах, цифровой среде проекта.

Взаимодействие участников высотного строительства также может стать гораздо эффективнее, если будет осуществляться в единой цифровой сре-

де, которая охватывает полный жизненный цикл проекта и поддерживает интеграцию и преемственность информации для совместного использования участниками проекта на всех стадиях жизненного цикла проекта [15]. Сначала — в процессе проектирования и организации строительства, когда необходима совместная работа и информационное взаимодействие девелоперских, инженеринговых, изыскательских и строительными организаций, генерального подрядчика, субподрядчиков, поставщиков и множества других участников проекта; далее — на этапе эксплуатации высотного здания. Жизненный цикл подобных масштабных высотных проектов реализуется многие десятилетия и может включать в себя самые разнообразные инженерно-технологические переделы, в том числе ремонты, модернизацию инженерного оборудования, перепрофилирование, реконструкцию и, если объект исчерпал свой эксплуатационный потенциал, ликвидацию объекта.

Практически все проекты подвергаются неоднократным изменениям концепции и редевелопменту. Изменения неизбежны в реализации долгосрочных проектов. Потребность в изменениях может возникнуть в течение жизненного цикла здания неоднократно и на любом этапе. Как следствие, появляется и необходимость в технологиях управления изменениями проекта, которые включают в себя методы и алгоритмы долгосрочного планирования инвестиционно-строительного процесса, учета в проекте высотного здания циклических закономерностей макроэкономики, гораздо более широкого проектного анализа и консолидации этапов и участников проекта [16]. В результате повышается адаптационная технологичность проекта, которая непосредственно определяется тем, насколько продуманы в проектных решениях наиболее вероятные возможности изменений и развития всех подсистем высотного здания и которая позволяет управлять изменениями максимально технологично. На практике постановка и решение таких задач под силу только крупным специализированным девелоперским компаниям [17].

На каждом этапе проект может быть отражен вполне однозначной информационной моделью и соответствующим цифровым объектом. В течение жизненного цикла начальная модель постепенно развивается: дополняется, отражая новые подсистемы проекта; детализируется за счет увеличения объема данных по проекту; изменяется, отражая динамику факторного пространства и целевых приоритетов проекта с течением его жизненного цикла. Как следствие, полный жизненный цикл проекта высотного здания может быть информационно отражен ограниченно возрастающей последовательностью взаимозависимых цифровых объектов. Направления развития и дерево целей проекта определяют его участники. Системообразующей

основой данной последовательности становится то, что информационная модель проекта и каждый ее последовательный цифровой объект определяются решениями, принятыми на предшествующих этапах жизненного цикла, и, в свою очередь, являются средой поддержки решений по дальнейшему развитию объекта и по определению перечня необходимых работ данного этапа (какие именно требуются проектные работы; что необходимо изготовить и когда доставить и смонтировать; что требует переоборудования и модернизации; какова трудоемкость работ; кто исполнители и т.д.).

С этой точки зрения методологически управление изменениями проекта и его цифровой моделью в течение жизненного цикла соответствует генезису как методу научного исследования. Генезис фокусируется на будущих целях проекта, представляет сложный и масштабный проект как систему постоянно развивающуюся, у которой все параметры определяются причинно-следственными взаимосвязями и соответствуют изменяющимся внешним условиям и факторам влияния. Поддержка инженерных и управленческих решений методами организационно-технологического генезиса — отправное условие приспособленности проекта к трансформациям, его адаптивности. С этой целью применяются динамические классы моделей и их прикладные интерпретации [14]. С этой же целью исследования проектного анализа могут быть дополнены учетом обратных связей и информационных потоков, полученных на основе прогнозирования сценариев жизненного цикла объекта высотного строительства на ранних и предынвестиционных стадиях проектирования.

Проведенный анализ информационного инструментария и программного обеспечения строительных и девелоперских компаний показывает, что создание единой информационной модели жизненного цикла высотного здания целесообразно путем объединения и последующей консолидации системных комплексов управления данными и управления проектами: PDM (Product Data Management) и PM (Project Management). Задачи PDM-комплекса состоят в том, чтобы получить данные информационной модели и последовательно на каждом этапе предоставлять инструментарий поддержки принятия решений по работам данного этапа, функции системы PM — последовательно формировать план работ этапа. При этом общая структура цифровой модели, преобразование производственных процессов в информационные, включая процессы обмена данных между PDM и PM, должна быть понятна при работе в итерационном режиме всем подсистемам и участникам проекта.

Накопленный опыт информационного моделирования жизненного цикла продукции показывает, что в задаче создания единой цифровой модели особая роль принадлежит технологиям информаци-

онного моделирования зданий BIM (Building Information Modeling) и технологиям непрерывной информационной поддержки поставок и жизненного цикла CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) [18, 19].

На практике BIM пока применяется по большей части для визуализации проектных решений и представления их заказчику. Ее использование применительно к полному жизненному циклу ограничивается низким уровнем разработки классификации объектов, работ и ресурсов в строительстве и, как следствие, низкой совместимостью форматов данных [20]. При этом BIM-технологии могут быть использованы как основа создания программно совместимых форматов данных информационного моделирования высотных зданий.

CALS-технологии базируются на концепции цифрового сопровождения производства продукции и информационной интеграции этапов жизненного цикла продукции. Эта концепция в полной мере эффективна и применима к жизненному циклу строительного проекта, и в том числе высотного здания. Данная концепция состоит в отказе от традиционного бумажного документооборота, который сложился и исторически сопровождает разработку, создание, реализацию и эксплуатацию продукции, и переходе к единой цифровой информационной среде, максимально охватывающей все стадии и этапы ее жизненного цикла. Единая цифровая информационная среда формируется как следствие того, что используемые автоматизированные системы на тех или иных стадиях жизненного цикла различными участниками производства и эксплуатации продукции имеют дело не с традиционной бумажной документацией (к примеру, отсканированными чертежами) и даже не с их электронными представлениями, а со структурированными информационными моделями. Модели составляют основу интегрированной цифровой информационной среды и информационных объектов, в достаточной степени полно описывающих продукцию, технологии ее производства и эксплуатации. По мере возникновения потребности те участники производства и лица, принимающие решения, которым для работы необходимы конкретные информационные объекты, могут извлекать их, обрабатывать, создавать новые объекты и загружать результаты своей работы в ту же цифровую среду. Она составляет множество распределенных баз данных, в котором действуют унифицированные, стандартные правила структурирования, хранения, актуализации, поиска и передачи данных. В цифровой интегрированной среде происходит работа, координация деятельности и безбумажное информационное взаимодействие всех участников жизненного цикла изделия. Единая цифровая среда жизненного цикла содержательно включает в себя полный (в необходимой и достаточной степени) состав параметров и показателей, документов и файлов, классификаторов

и кодификаторов информации, баз данных и знаний, алгоритмов их использования в предметной деятельности, а также методы представления, накопления, хранения, преобразования, актуализации и передачи информации, принятые в конкретной системе для решения функциональных задач участников жизненного цикла продукции в нужной форме и в требуемое время [18–20]. Кроме того, созданный информационный объект хранится в единой цифровой среде жизненного цикла продукта или проекта, он не дублируется, не требует перекодировки данных в процессе обмена, сохраняет свою целостность.

Для того чтобы это могло быть реализовано на практике, информационные модели и соответствующие цифровые информационные объекты должны быть стандартизованы, включая регламентацию средств моделирования, форматов обменных файлов, программных интерфейсов доступа к совместно используемым данным, прикладных протоколов и т.д. В отраслях производства высокотехнологичной продукции (например, машиностроении, аэрокосмической промышленности, судостроении) применяются стандарты международного сообщества STEP (STandard for Exchange of Product model data). Структура, содержание и организация цифрового сопровождения реальных объектов определяется спецификой отрасли и предметной области, потребностей пользователей информационной системы, их целевых приоритетов и задач. Понятно, что стандарты применять проще и эффективнее в производстве, выпускающем однотипную продукцию. Специфика строительства и, в особенности, сложного и масштабного высотного строительства состоит и в том, что каждый объект и его жизненный цикл уникальны. Это делает задачу создания единой цифровой среды жизненного цикла строительных проектов существенно более сложной. Тем не менее, это не снижает актуальности задачи и, как показывает накопленный опыт, в ее решении речь может и должна идти об эффективности.

ВЫВОДЫ

Таким образом, управление жизненным циклом проекта девелопмента высотного строительства — актуальная задача, требующая серьезных научных и проектных исследований. Традиционные схемы взаимодействия всех участников проекта высотного строительства и управления жизненным циклом проекта должны существенно модернизироваться с учетом возможностей применения технологий информационного моделирования зданий и информационной поддержки жизненного цикла. А разработка и прикладная адаптация систем интеграции управления данными и управления проектами позволит обеспечить многократное повышение эффективности и конкурентоспособности проекта высотного здания на всех стадиях его жизненного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрухин В.П., Колыбин И.В., Шулятьев О.А. Мировой опыт устройства небоскребов и высотных зданий // Рос. архит.-строит. энцикл. Т. XIII. Строительство высотных зданий и сооружений. М. : ВНИИТПИ, 2010. С. 288–327.
2. Орлов А.К. Организационно-экономические аспекты реализации инвестиционно-строительных мегапроектов // Экономика и предпринимательство. 2015. № 6–3 (59–3). С. 545–548.
3. Синенко С.А., Штранина Е.С. К вопросу о возможной классификации объектов строительства по степени сложности // Научное обозрение. 2016. № 6. С. 185–188.
4. Грабовый П.Г., Луняков М.А. Управление результативностью в инвестиционно-строительном комплексе: планирование, мониторинг и повышение уровня // Недвижимость: экономика, управление. 2015. № 2. С. 11–13.
5. Синенко С.А., Иванов В.А., Ефимов В.В. Особенности организации и проведения конкурсных подрядных торгов при реализации инвестиционно-строительных проектов // Научное обозрение. 2017. № 13. С. 104–107.
6. Хрипушин А.В., Гинзбург А.В. Принципы управления рисками при выполнении процедур формирования, корректировки и мониторинга портфеля строительных проектов // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 207–211.
7. Баронин С.А., Поршакова А.Н. Научные аспекты определения и прогнозирования экономической надежности девелопмента комплексной жилой застройки // Известия Пензенского государственного педагогического университета 2011. № 24. С. 200–203.
8. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61–65.
9. Скиба А.А., Гинзбург А.В. Основные проблемы формирования и реализации градостроительной политики // Вестник МГСУ. 2014. № 4. С. 172–180.
10. Воложенин А.С., Гинзбург А.В. Оценка эффективности комплексных проектов автоматизации в строительстве // Научное обозрение. 2017. № 13. С. 6–10.
11. Гусакова Е.А. Системотехника проектов девелопмента недвижимости: актуальные подходы и модели. // Экономика и предпринимательство. 2017. № 3–2 (80–2). С. 869–873.
12. Павлов А.С., Гусакова Е.А. Основы организации и управления в строительстве: в 2 ч. Ч. 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М. : Юрайт, 2016. 258 с. (Бакалавр и Магистр. Академический курс)
13. Жавнеров П.Б., Гинзбург А.В. Повышение организационно-технологической надежности строительства за счет структурных мероприятий // Вестник МГСУ. 2013. № 3. С. 196–200.
14. Гусакова Е.А., Ушакова Ю.В. Организационно-технологический генезис масштабных девелоперских проектов московского региона // Недвижимость: экономика, управление. 2015. № 1. С. 54–60.
15. Doroshenko J.A., Gusakova E.A., Rykova M.A., Soloviova I.A. Organizational And Economic Models Of Low-Rise Building In The Region Sustainable Development Strategy // International Business Management, Medwell Journals. 2015. № 9 (4). С. 613–619.
16. Зеленков Ю.А. Влияния управления знаниями и управления изменениями на эффективность организации // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 4. № 3. С. 96–100.
17. Александер М. Управление проектами и управление изменениями: почувствуйте разницу // Директор информационной службы. 2016. № 8. С. 44.
18. Гинзбург А.В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. 2016. № 5. С. 28–31.
19. Волков А.А., Воложенин А.С. Выбор эффективной системы управления базами данных для проектов автоматизированных систем обработки информации и управления в строительных организациях // Научное обозрение. 2016. № 7. С. 240–246.
20. Volkov A., Chelyshkov P., Lysenko D. Information Management in the Application of BIM in Construction. Stages of Construction // Procedia Engineering. 2016. No. 153. Pp. 833–837.
21. Волков А.А. Основы гомеостатики зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. 2002. № 1. С. 34–35.
22. Volkov A. Building intelligence quotient: mathematical description // Applied mechanics and materials. 2013. Vol. 409–410. Pp. 392–395.
23. Волков А.А. Системы активной безопасности строительных объектов // Жилищное строительство. 2000. № 7. С. 13.
24. Volkov A., Chelyshkov P., Sedov A. Application of computer simulation to ensure comprehensive security of buildings // Applied mechanics and materials. 2013. Vol. 409–410. Pp. 1620–1623.

Поступила в редакцию 8 сентября 2017 г.

Принята в доработанном виде 11 ноября 2017 г.

Одобрена для публикации 12 декабря 2017 г.

ОБ АВТОРЕ: **Гусакова Елена Александровна** — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e_gusakova@inbox.ru.

REFERENCES

1. Petrukhin V.P., Kolybin I.V., Shulyat'ev O.A. Mirovoy opyt ustroystva neboskrebov i vysotnykh zdaniy [World experience of the construction of skyscrapers and high-rise buildings]. *Ros. arkhitekt.-stroitel. entsikl. T. XIII. Stroitel'stvo vysotnykh zdaniy i sooruzheniy* [Russian architecture and construction encycl. T. XIII. Construction of high-rise buildings and structures]. Moscow, VNIINTPI, 2010. Pp. 288–327. (In Russian)
2. Orlov A.K. Organizatsionno-ekonomicheskie aspekty realizatsii investitsionno-stroitel'nykh mega-proektov [Organizational and economic aspects of the implementation of investment and construction mega-projects]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Journal of Economy and Entrepreneurship]. 2015, no. 6–3 (59–3), pp. 545–548. (In Russian)
3. Sinenko S.A., Shtranina E.S. K voprosu o voz-mozhnoy klassifikatsii ob'ektov stroitel'stva po stepeni slozhnosti [On the issue of the possible classification of construction projects by the degree of complexity]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. 2016, no. 6, pp. 185–188. (In Russian)
4. Grabovyy P.G., Lunyakov M.A. Upravlenie rezul'tativnost'yu v investitsionno-stroitel'nom komplekse: planirovanie, monitoring i povyshenie urovnya [Performance management in the investment and construction complex: planning, monitoring and raising the level]. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie* [Reality: Economics, Management]. 2015, no. 2, pp. 11–13. (In Russian)
5. Sinenko S.A., Ivanov V.A., Efimov V.V. Osobennosti organizatsii i provedeniya konkursnykh podryadnykh trgov pri realizatsii investitsionno-stroitel'nykh projektov [Features of the organization and conduct of competitive bidding for the implementation of investment and construction projects]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. 2017, no. 13, pp. 104–107. (In Russian)
6. Khripushin A.V., Ginzburg A.V. Printsipy upravleniya riskami pri vypolnenii protsedur formirovaniya, korrektyrovki i monitoringa portfelya stroitel'nykh projektov [Principles of risk management in the implementation of procedures for the formation, adjustment and monitoring of the portfolio of construction projects]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 3, pp. 207–211. (In Russian)
7. Baronin S.A., Porshakova A.N. Nauchnye aspekty opredeleniya i prognozirovaniya ekonomicheskoy nadezhnosti razvitiya kompleksnoy zhiloy zastroйки [Scientific aspects of determining and forecasting the economic reliability of the development of complex residential development]. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Journal of the Penza State Pedagogical University]. 2011, no. 24, pp. 200–203. (In Russian)
8. Ginzburg A.V. Informatsionnaya model' zhiznennogo tsikla stroitel'nogo ob'ekta [Informational model of the life cycle of a building object]. *Pro-myshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2016, no. 9, pp. 61–65. (In Russian)
9. Skiba A.A., Ginzburg A.V. Osnovnye problemy formirovaniya i realizatsii gradostroitel'noy politiki [The main problems of the formation and implementation of urban policy]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 4, pp. 172–180. (In Russian)
10. Volozhenin A.S., Ginzburg A.V. Otsenka effektivnosti kompleksnykh projektov avtomatizatsii v stroitel'stve [Assessing the effectiveness of complex automation projects in civil engineering]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. 2017, no. 13, pp. 6–10. (In Russian)
11. Gusakova E.A. Sistemotekhnika projektov razvitiya nedvizhimosti: aktual'nye podkhody i modeli [Systems engineering of the real estate development projects: topical approaches and models]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Journal of Economy and Entrepreneurship]. 2017, no. 3–2 (80–2), pp. 869–873. (In Russian)
12. Pavlov A.S., Gusakova E.A. *Osnovy organizatsii i upravleniya v stroitel'stve* [Foundations of Organization and Management in Construction]. 2 parts. P. 1. Moscow, Yurayt Publ., 2016. 258 p. (Bakalavr i Magistr. Akademicheskii kurs [Bachelor and Master. Academic course]) (In Russian)
13. Zhavnerov P.B., Ginzburg A.V. Povyshenie organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitel'stva za schet strukturnykh meropriyatiy [Increase of organizational and technological reliability of construction due to structural measures]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2013, no. 3, pp. 196–200. (In Russian)
14. Gusakova E.A., Ushakova Yu.V. Organizatsionno-tekhnologicheskii genezis masshtabnykh razvitiy v moskovskom regione [Organizational and technological genesis of large-scale development projects in the Moscow region]. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie* [Reality: Economics, Management]. 2015, no. 1, pp. 54–60. (In Russian)

15. Doroshenko J.A., Gusakova E.A., Rykova M.A., Solov'eva I.A. Organizational and economic models of low-rise building in the region sustainable development strategy. *International Business Management, Medwell Journals*. 2015, no. 9 (4), pp. 613–619. (In Russian)

16. Zelenkov Yu.A. Vliyaniya upravleniya znaniyami i upravleniya izmeneniyami na effektivnost' organizatsii [Influence of knowledge management and change management on the effectiveness of the organization]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economics and Management: Problems, Solutions]. 2017, vol. 4, no. 3, pp. 96–100. (In Russian)

17. Aleksander M. Upravlenie proektami i upravlenie izmeneniyami: pochuvstvuyte raznitsu [Project management and change management: feel the difference]. *Direktor informatsionnoy sluzhby* [Director of the information service]. 2016, no. 8, pp. 44. (In Russian)

18. Ginzburg A.V. BIM-tehnologii na protyazhenii zhiznennogo tsikla stroitel'nogo ob'ekta [BIM-technologies during the life cycle of a building object]. *Informatsionnye resursy Rossii* [Information Resources of Russia]. 2016, no. 5, pp. 28–31. (In Russian)

19. Volkov A.A., Volozhenin A.S. Vybor effektivnoy sistemy upravleniya bazami dannykh dlya proek-

tovo avtomatizirovannykh sistem obrabotki informatsii i upravleniya v stroitel'nykh organizatsiyakh [BIM-technologies during the life cycle of the construction site]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. 2016, no. 7, pp. 240–246. (In Russian)

20. Volkov A., Chelyshkov P., Lysenko D. Information management in the application of BIM in construction. Stages of construction. *Procedia Engineering*. 2016, no. 153, pp. 833–837.

21. Volkov A.A. Osnovy gomeostatiki zdaniy i sooruzheniy [Foundations of the homeostatics of buildings and structures]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2002, no. 1, pp. 34–35. (In Russian)

22. Volkov A. Building intelligence quotient: mathematical description. *Applied Mechanics and Materials*. 2013, vol. 409–410, pp. 392–395.

23. Volkov A.A. Sistemy aktivnoy bezopasnosti stroitel'nykh ob'ektov [Systems of active safety of the construction sites]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2000, no. 7, pp. 13. (In Russian)

24. Volkov A., Chelyshkov P., Sedov A. Application of computer simulation to ensure comprehensive security of buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2013, vol. 409–410, pp. 1620–1623.

Received September 8, 2017.

Adopted in revised form November 11, 2017.

Approved for publication on December 12, 2017.

ABOUT THE AUTHOR: **Gusakova Elena Aleksandrovna** — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Information Systems Technology and Automation in Construction, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, 129337, Moscow, Russian Federation, e_gusakova@inbox.ru.