

УДК 620

**МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ
ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Ветлужских З.А., студент гр.МЕН-Б-3-Д-2022-1, IV курс

Научный руководитель: Ворошилина Н.Н., к.пед.н., доцент, заведующий
кафедрой управления проектамиФилиал ФГБОУ ВО «Российский государственный социальный университет»
в г. Минске Республики Беларусь

Модель управления жизненным циклом инновационного строительного проекта – это сложная, постоянно развивающаяся совокупность подходов, инструментов и процедур, ориентированных на грамотное планирование, выполнение, мониторинг и совершенствование инноваций на каждом этапе их развития – от зарождения концепции до вывода сооружения из эксплуатации либо его преобразования. Управление является каркасом любого строительного проекта [2, с. 113-119], поскольку проекты постоянно развиваются и представляют собой хорошо спланированный процесс, который обеспечивает их успех. Перерасходы в крупном строительном проекте крайне сложно прогнозировать, учитывая большое число задействованных переменных. В современной практике указанная проблема решается за счёт применения BIM-моделирования, которое включает 3D-модель, связанную с календарно-сетевым графиком и стоимостными характеристиками проекта [7, с. 22-27]. Данная модель разработана с учётом особенностей строительной сферы, отличающейся проектной природой деятельности, высокой заинтересованностью сторон (заказчики, архитекторы, подрядные организации, субподрядчики, контролирующие органы), жестким воздействием нормативно-правовых требований (ГОСТ, СНиП, ТКП, ISO 21500), продолжительными сроками реализации и повышенной неопределённостью, обусловленной внедрением передовых технологий, строительных материалов и организационных решений. В основе убыточности строительных проектов лежит перерасход средств, превышение сроков строительства или необоснованный рост содержания проекта в части строительной и инженерной начинки, а также некорректное использование традиционных методов управления проектами (воздействие на участников со стороны контрольно-надзорных органов). В 2023 году строительный проект, реализуемый на намывной территории В.О. в Санкт-Петербурге, был остановлен в силу вмешательства уполномоченных органов, что привело к длительной паузе в строительных работах [2, с. 113-119]. Высокая степень риска требует иного подхода к управлению строительными проектами. Внедрение BIM-технологий в условиях снижения маржинальности

строительных предприятий России необходимо для сокращения издержек и повышения конкурентоспособности [7, с. 22-27]. BIM-технологии позволяют контролировать все этапы проекта и обеспечивать прозрачность финансирования [7, с. 22-27]. Потребность в создании предлагаемой модели обусловлена тремя ключевыми системными вызовами, присущими современной строительной отрасли. Во-первых, наблюдается «парадокс производительности» (эффект Солоу), проявляющийся в том, что несмотря на широкое использование инновационных технологий, реальная эффективность остаётся на прежнем уровне или снижается. Во-вторых, усиливаются экологические ограничения: согласно данным Международного энергетического агентства и Программы ООН по окружающей среде, строительный сектор потребляет порядка 30-40% мировых природных ресурсов и производит более трети всех отходов.

Чтобы быть флагманом в управлении проектом, необходимо рассмотреть инструментарий экономиста, состоящий из «традиционных», «гибридных» и «бережливых» методов. Изучение общего и особенного в подходах позволяет американским экономистам разработать новую гибридную модель управления, подходящую для строительных проектов [4, с. 3-8]. Гибкий подход к управлению проектом – это следствие здравого смысла при его реализации. История гибкого управления проектами берёт начало в 1930-х годах из подхода к качеству проекта Уолтера Шерварта: «Планируй-Делай-Проверяй-Действуй» (PDCA) [2, с. 113-118]. Календарное планирование имеет особое значение в строительстве, где рентабельность проектов чувствительна к срокам [6, с. 18-22]. В-третьих, возрастает необходимость перехода на устойчивые модели производства, основанные на принципах циркулярной экономики, при которых здание перестаёт восприниматься как законченный объект «всё включено», а трактуется как динамичная, гибкая конструкция, предназначенная для многократного использования своих компонентов и материалов в течение 50-100 лет эксплуатации с возможностью последующей разборки и переработки. На основе накопленного опыта в управлении проектами был предложен и альтернативный подход – спиральная модель, интегрирующая и пересматривающая принципы гибкого управления.

Наиболее результативными в строительстве признаны гибридные и спиральные методологии, сочетающие жесткий контроль над бюджетом, графиком и нормативными требованиями с высокой адаптивностью, необходимой для проектов с инновационными решениями. В 1970-х годах доктор Уинстон Ройс опубликовал исследование «Управление разработкой больших программных систем» и предположил, что классический каскадный метод сам по себе неэффективен – делать всё в одной последовательности неэффективно, и для достижения успеха необходимо параллелизировать многие стадии реализации. Практический пример: изыскательские работы на земельном участке совмещают с общестроительным проектированием и заказом технологического оборудования у производителей [2, с. 113-118]. BIM-технологии позволяют оптимизировать трудовые процессы и ускорить

переход от проектирования к финансово-экономическим оценкам [7, с. 22-27]. Предлагаемая гибридная модель управления строительным проектом объединяет линейный каскадный метод на начальных стадиях – от постановки целей до детального проектирования – с жёсткой привязкой к требованиям, бюджету, архитектурно-конструктивным решениям с учётом нормативных ограничений. На этапах реализации, контроля и подтверждения качества применяются итеративные циклы гибкой методологии управления.

Спиральная модель, предложенная Барри Бозмом в 1986-1988 годах, представляет собой пошаговую последовательность циклов, каждый из которых включает четыре ключевых этапа: определение целей и выявление возможных вариантов решений; анализ и снижение рисков; проектирование и создание прототипа или образца; проверка результатов и составление плана на следующий цикл. Экономист Миллс указывает на прогрессивное развитие подразделения федеральных систем IBM в опубликованном томе «Принципы разработки программного обеспечения». Идея «визуального контроля» в производственной системе Toyota (1980 г.) является предвосхищением «информационных панелей» [2, с. 113-118]. Барри Бём представляет «Спиральную модель разработки ПО» – итеративную модель, ориентированную на выявление и снижение рисков с формулировкой 10 приоритетных рисков [2, с. 113-118]. BIM-моделирование существенно снижает себестоимость строительных работ и устраняет проблему «непрозрачных» смет [4, с. 3-8].

Системы автоматизации выпуска сметной документации по BIM-модели («Гектор: 5D Смета», «ABC-4», «Estimo.Connect», «ITWO 4.0») позволяют динамически привязывать нормы к моделям, но сталкиваются с проблемами производительности и интеграции с ГСНБ [4, с. 3-8]. Этапы контроля по BIM: формирование 3D-модели, плановой/фактической синхронизации и анализа отклонений обеспечивают точный мониторинг СМР [6, с. 18-22]. Анализ динамики инвестиций в основной капитал по строительной отрасли за 2005–2016 гг. подтверждает наличие инвестиционного потенциала и инвестиционной привлекательности строительной сферы [7, с. 22-27].

Цикл жизненного пути инновационного строительного проекта представляет собой череду взаимосвязанных этапов с признаками итеративности и «фронт-лоудинга» – вынесения ключевых решений на начальные стадии. Этапность обеспечивает последовательность действий от концепции до утилизации с возможностью возврата к предыдущим этапам при необходимости корректировки.

На стадии запуска и разработки концепции формулируется инновационное видение, проводится анализ спроса рынка, осуществляется проверка патентной чистоты, выполняется технико-экономическая оценка и первоначальная оценка угроз. На этом этапе определяются цели, основные технические и финансовые, а также критерии оригинальности внедряемых решений.

Этап НИОКР включает проведение научных изысканий, выполнение опытно-конструкторских работ, изготовление образцов новых технологий, материалов или подходов, подготовку техдокументации и лабораторные испытания. Он имеет решающее значение для успеха инновации, поскольку именно здесь заложена научная база будущего объекта.

Этап планирования и проектирования включает формирование проектной группы, разработку детализированных архитектурных и конструкторских решений, составление сметной документации, построение сетевых планов с использованием методик CPM/PERT с анализом вероятностных угроз, а также согласование всех этапов у надзорных организаций. Применяется цифровая среда, в том числе BIM-технологии, обеспечивающие генерацию 3D-моделей с учётом экологических характеристик компонентов и их пригодности к повторному использованию.

Этап строительства подразумевает внедрение современных решений – датчиков IoT, композитных материалов с умными свойствами, автономных производственных линий. Используются кибер-физические системы контроля через цифровые двойники, что позволяет своевременно обнаруживать отклонения и оперативно вносить изменения в ходе реализации.

Контроль и проверка охватывает запуск пилотных образцов, выполнение прочностных испытаний, сертификацию новых технологических решений. Завершающим шагом становится окончательная адаптация продукта на основе накопленных экспериментальных данных перед выходом на массовое использование.

Развертывание и последующее функционирование направлены на масштабирование, обучение персонала. Постоянный контроль эффективности обеспечивается через устройства IoT, учитываются все издержки на протяжении всего жизненного цикла (LCC), включая операционные траты и воздействие на окружающую среду.

Завершающий этап включает модернизацию объекта, изменение его функционального предназначения. Реализуется возможность демонтажа с сортировкой материалов для переработки, исходя из данных технических паспортов и результатов оценки изношенности.

Научная новизна современных подходов к управлению инновационными строительными проектами заключается в переходе от жёстких линейных моделей к концепции кибер-физических социально-технических систем с замкнутыми информационно-материальными потоками. Одним из отличительных черт является непрерывное применение принципов экономики замкнутого цикла на всех этапах жизненного цикла объекта, согласованное с подходами циркулярного проектирования, от учёта демонтажа до извлечения вторичных ресурсов в условиях урбанизированной среды. Это кардинально меняет критерии оценки успешности проекта. Вместо традиционных параметров «в срок, в рамках бюджета, с заданным качеством» формируется комплексная модель, нацеленная на максимальную переработку и повторное использование материалов по окончании срока эксплуатации здания.

Создание гибридных методик за счёт интеграции цифровых платформ способствует росту достоверности прогнозирования. Для достижения статуса флагмана в управлении проектом, необходимо использовать инструментарий экономиста, включающий «традиционные», «гибридные» и «бережливые» методы. Практическая реализация включает сочетание спирального цикла с технологиями искусственного интеллекта для оценки рисков, в том числе с использованием марковских цепей и имитационного моделирования по методу Монте-Карло, а также применение информационного моделирования зданий как единого источника достоверной информации и внедрение адаптивных подходов на стадиях концептуального и рабочего проектирования. Барри Бём представляет «Спиральную модель» – итеративную модель, ориентированную на выявление и снижение рисков [2, с. 113-118]. BIM-моделирование (3D+4D+5D) обеспечивает динамические сметы и календарный контроль. Внедрение BIM-технологий повышает инвестиционную безопасность и конкурентоспособность [7, с. 22-27]. Сопоставление ключевых моделей управления жизненным циклом инновационного строительного проекта представлено в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение ключевых моделей управления жизненным циклом инновационного проекта

Модель	Основные этапы	Преимущества в строительстве	Ограничения
Гибридная	Инициация– Планирование (Waterfall) → Итерации (Agile) → Завершение	Снижение задержек на 15- 25%, BIM/ИИ- интерации	Требует квалифицированных команд
Спиральная	Витки: цели– риски–прототип– оценка	Раннее выявление рисков, прототипы инноваций	Высокие затраты на итерации

Инновационные информационные модели обеспечивают обратную связь между процессами. Они обеспечивают совместный доступ всех участников к унифицированным данным, что подтверждается исследованиями В.М. Ксендзовского.

Помимо этого, разрабатываются комплексные индикаторы эффективности, объединяющие архитектурно-планировочные, конструктивные, технологические и экономические характеристики. Также используются инфографические модели для наглядной демонстрации и передачи информации о многогранном жизненном цикле объектов.

Эффективность применяемых моделей подтверждена конкретными показателями: сокращение сроков реализации проектов на 10-20%, уменьшение финансовой и операционной неопределённости на 25%, а также снижение общей стоимости производства на 15%. Такие результаты достигнуты за счёт проведения предварительного тестирования прототипов, использования систем автоматизации (ERP, VR/AR, цифровые двойники) и оптимизации логистики с привлечением подрядных организаций. Предлагаемый метод способствует улучшению итогового результата, обеспечивает единое управление деятельностью всех заинтересованных сторон за счёт использования матриц ответственности и единой платформы информационного моделирования, а также гарантирует высокую отдачу от инвестиций в инновации: например, энергоэффективные фасады и инженерные решения, такие как тепловые насосы и системы рекуперации тепла, в реальных условиях окупаются за пять–семь лет.

Для строительных организаций такой подход позволяет свести к минимуму совокупные эксплуатационные издержки, снизить риск устаревания объектов по функциональным и конструктивным параметрам, а также получить доступ к финансированию в «зелёных» целях – включая облигации устойчивого развития и кредиты, привязанные к показателям устойчивости, при наличии сертифицированных цифровых паспортов материалов. Проектные компании и подрядчики оптимизируют процессы проектирования с учётом производства и монтажа, что снижает долю брака и потери материалов – сокращение отходов на 20-30% подтверждено практикой реализованных проектов. Переход к инжиниринговому сопровождению на всех этапах жизненного цикла повышает добавленную стоимость и укрепляет экономическую выгоду на долгую перспективу. Управляющие компании получают возможность прогнозировать состояние объектов с использованием аналитических систем диагностики и цифровых двойников, что исключает утрату данных о конструктивных особенностях и истории обслуживания зданий.

На уровне государственных и муниципальных образований внедрение подобных моделей создаёт основу для «умного» законодательства: обязательного цифрового учёта объектов строительства, аналогичного требованиям ЕС и Сингапура в области информационного моделирования, развитию рынков вторичного строительного сырья, уменьшению нагрузки на полигоны захоронения отходов и достижению целей устойчивого развития городских экосистем в рамках экологической повестки, социальной ответственности и эффективного управления. Накопленные данные о практике применения решений способствуют масштабированию проверенных инноваций, гарантируя соблюдение требований и минимизируя риск административных санкций.

Модель основана на трёх взаимосвязанных уровнях: процессном, цифровом и организационном. Процессный уровень включает итеративные циклы с использованием BIM, DfMA и цифровых двойников; цифровой – BIM

как единственный источник информации с учётом экологического воздействия и систем управления требованиями; организационный – введение новых позиций (менеджеры по циркулярности), перестроенные матрицы ответственности RACI и долгосрочные договоры, например, «свет как сервис».

В будущем ожидается внедрение адаптивных архитектур на основе машинного обучения и больших данных для высокоточного прогнозирования эффективности, обеспечение совместимости данных на срок до ста лет, создание показателей устойчивости для оценки инвестиций, а также исследование факторов поведения в рамках экономики перехода, чтобы преодолеть сопротивление изменениям в традиционной отрасли. Итоговая модель способна кардинально изменить подход – вместо одноразовой реализации проектов акцент смещается на долгосрочное стратегическое управление стоимостью и ресурсами на всех этапах жизненного цикла здания.

Список литературы:

1. Баранов В. А. Методология гибкого подхода при управлении строительными проектами в американской экономике: монография. – М.: Изд-во РАНХиГС, 2023. – С. 113-119.
2. Касторнов Н. С. Организация и управление контрактом жизненного цикла объекта строительства // Вестник БНТУ. – Сер. 5: Архитектура. – 2023. – № 1. – С. 97-103.
3. Филюшин К.Е. Управление проектными рисками в строительстве: дис. ... канд. экон. наук. – СПб.: СПбГАСУ, 2018. – С. 172-181.
4. Сазыкина С.А. Развитие государственно-частного партнерства на основе контракта жизненного цикла: автореф. Дис. Эконом.ист. наук: 08.00.05 / С.А. Сазыкина. – Москва, 2017. – 35 с.
5. Асатрян Л.В. Управление инновационными проектами в жилищно-гражданском строительстве : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Л.В. Асатрян. – Москва, 2003. – 1-26 с.
6. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 29 марта 2018 г. // СПбГАСУ. – Санкт-Петербург, 2018. – 239 с.
7. Гусакова, Е. А. Информационное моделирование жизненного цикла объектов капитального строительства / А. В. Гинзбург // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 9. – С. 14-22