

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 69.05:658.7

DOI: 10.22227/1997-0935.2026.1.107-121

Совместное применение пакетно-узлового метода и технологий искусственного интеллекта в календарно-сетевом планировании строительных проектов

Людмила Анатольевна Опарина¹, Евгений Александрович Барзыгин¹,
Валерий Альбертович Огурцов¹, Роман Сергеевич Карась²

¹ Ивановский государственный политехнический университет (ИВГПУ); г. Иваново, Россия;

² Газстройпром; г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. При проведении ряда экспериментов по сжатию расписания календарно-сетевого графика проекта строительства выдвинута и подтверждена гипотеза о том, что использование методологии пакетно-узлового метода (ПУМ) позволяет сокращать плановые сроки строительства на 25 % без изменения длительности выполняемых операций и назначения дополнительных ресурсов. Данный подход, с одной стороны, решает задачу сжатия расписания, с другой — создает дополнительные проблемы или задачи, связанные с увеличением информационных потоков и объемов планирования. Цель исследования — сокращение сроков выполнения строительно-монтажных работ через детализированное планирование и качественную реализацию проекта по сценарию, обозначенному как сценарий ИИ.

Материалы и методы. В качестве исходной методологии календарно-сетевого планирования принята процессная модель Planning & Scheduling. Рассматриваются разные сценарии планирования и реализации строительного проекта: в одном данные со степенью детализации, возрастающей по мере поступления, в другом используется ПУМ строительства.

Результаты. Подтверждена актуальность интеграции машинного обучения (ML) и искусственного интеллекта (AI) в строительную индустрию. Это направление представляет значительный научный и практический интерес, открывая новые горизонты для повышения производительности, безопасности и качества строительных проектов. Проведен анализ технологий нейросетей для решения задач управления сроками и других задач календарно-сетевого планирования. Итоговым решением исследовательской задачи стала инициация проекта «Разработка и внедрение системы ИИ-планировщик и ИИ-помощник руководителя проекта».

Выводы. Интеграция ML и AI в строительную индустрию является важным шагом к устойчивому развитию отрасли, что подтверждается результатами проведенного исследования и требует дальнейшего изучения и развития гипотез.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: жизненный цикл строительного проекта, многоуровневое планирование, календарно-сетевое планирование, пакетно-узловой метод строительства, риски, управление проектами, строительство, искусственный интеллект, нейросети

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Опарина Л.А., Барзыгин Е.А., Огурцов В.А., Карась Р.С. Совместное применение пакетно-узлового метода и технологий искусственного интеллекта в календарно-сетевом планировании строительных проектов // Вестник МГСУ. 2026. Т. 21. Вып. 1. С. 107–121. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.1.107-121

Автор, ответственный за переписку: Людмила Анатольевна Опарина, L.A.Oparina@gmail.com.

Combined use of the package-node method and artificial intelligence technologies in calendar-network planning of construction projects

Lyudmila A. Oparina¹, Evgenii A. Barzygin¹, Valery A. Ogurtsov¹, Roman S. Karas²

¹ Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU); Ivanovo, Russian Federation;

² Gazstroyprom; Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. During a series of experiments on compressing the schedule of the calendar-network schedule for a construction project, a hypothesis was put forward and confirmed that the use of Advanced Work Packaging (AWP) construction method allows for a 25 % reduction in planned construction time without changing the duration of the operations performed

or allocating additional resources. However, although this approach solves the problem of schedule compression on the one hand, on the other hand, it creates additional problems or tasks related to an increase in information flows and planning volumes. Current achievements in the field of digitalization allow us to put forward a new scientific hypothesis that the problem of high-level detail in planning data can be solved using artificial intelligence technology. The goal of the study is to reduce the time required for construction and installation work through detailed planning and high-quality project implementation according to a scenario referred to as "Scenario – AI". To this end, it is proposed to move the start of detailed planning to the initial stage, known as "Business Planning and Life Cycle Modeling". Achieving this goal involves the use of machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) technologies, which are very relevant in modern construction management.

Materials and methods. The process model Planning & Scheduling was adopted as the initial methodology of calendar-network planning. The study examines different scenarios of planning and implementation of a construction project: one uses data with a level of detail increasing as it is received, and the other scenario uses the Batch-node construction method.

Results. The conducted research and experiments confirmed the relevance of integrating machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) into the construction industry. This area is of significant scientific and practical interest, opening up new horizons for improving the productivity, safety and quality of construction projects. The authors analyzed neural network technologies for solving time management problems and other calendar and network planning problems. The final solution to the research problem was the initiation of the project "Development and implementation of the AI Planner and AI Assistant Project Manager system".

Conclusions. The study concluded that the integration of ML and AI into the construction industry is an important step towards sustainable development of the industry, which is confirmed by the results of the study and requires further study to confirm and develop hypotheses.

KEYWORDS: life cycle of a construction project, multilevel planning, calendar and network planning, batch-node construction method, risks, project management, construction, artificial intelligence, neural networks

FOR CITATION: Oparina L.A., Barzygin E.A., Oгуртов V.A., Karas R.S. Combined use of the package-node method and artificial intelligence technologies in calendar-network planning of construction projects. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2026; 21(1):107-121. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.1.107-121 (rus.).

Corresponding author: Lyudmila A. Oparina, L.A.Oparina@gmail.com.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционные подходы к календарному планированию, основанные на методах критического пути (СРМ) и PERT, хотя и остаются фундаментом управленческой практики, зачастую недостаточно эффективны в условиях неопределенности и динамических изменений. Статичная природа, низкая адаптивность к оперативным корректировкам и ограниченная способность к прогнозированию отклонений снижают их применимость в современных условиях. В этой связи все большее внимание уделяется внедрению передовых цифровых технологий, в частности — машинного обучения (МО, Machine Learning, ML) и искусственного интеллекта (ИИ, Artificial Intelligence, AI), как инструментов повышения эффективности управления сроками. AI обеспечивает автоматизацию рутинных процессов: интерпретации графической документации, формализации логических связей между работами, проверки соответствия проектных решений нормативным требованиям. Это особенно важно в условиях дефицита высококвалифицированных специалистов в области проектного управления. В условиях, когда цифровизация строительной отрасли закреплена в национальных программах и стратегиях развития («Цифровая экономика», «Стратегия пространственного развития РФ»), исследование вопросов интеграции AI/ML в процессы календарного планирования приобретает научную и практическую актуальность. Перспективные направления дальнейших исследований — разработка отечественных AI-моделей, обученных на российских проектных данных; интеграция с системами электронного документооборота и создание методических рекоменда-

ций по внедрению предиктивной аналитики в практику строительных организаций.

Сегодня существуют успешные примеры внедрения AI в строительную отрасль. Так, платформы Oracle Primavera, Autodesk Construction Cloud и Trimble Connect интегрируют модули предиктивной аналитики, позволяющие прогнозировать вероятность задержек, оценивать влияние изменений в графике и оптимизировать ресурсное обеспечение. В российской практике разработки ведутся в рамках национальных цифровых платформ, таких как KROSS, ЦИФРА, а также в составе BIM-решений, разрабатываемых с учетом требований ГОСТ Р 21.101–2020 и федеральных информационных моделей (ФИМ). Таким образом, применение технологий ИИ и МО является актуальной темой для исследования и предметом данной статьи.

Авторы провели ряд экспериментов по сжатию расписания календарно-сетевых графиков (КСГ) проекта строительства, в ходе которых была выдвинута и подтверждена гипотеза о том, что использование методологии пакетно-узловых методов (ПУМ/AWP) позволяет сокращать плановые сроки строительства на 25 % без изменения длительности выполняемых операций и назначения дополнительных ресурсов. Однако несмотря на то, что этот подход, с одной стороны, решает задачу сжатия расписания, с другой — создает дополнительные проблемы или задачи, связанные с увеличением информационных потоков и объемов планирования. Установлено, что эффект сжатия расписания может быть достигнут с применением так называемого сценария исполнителя, используемого при планировании проекта на стадии, предшествующей проектированию. В свою очередь, логика сценария исполнителя

при разработке КСГ предусматривает увеличение степени проработки проекта на ранних этапах его жизненного цикла (ЖЦ), а следовательно, приводит к увеличению степени детализации КСГ.

Наиболее подходящим для решения подобных задач подходом служит методика многоуровневого календарно- сетевого планирования, позволяющая приступать к формированию графика с минимальным количеством информации, высокой степенью неопределенности и соответственно невысокой точностью и детализировать график по мере поступления новой информации, увеличивая тем самым точность планирования.

При использовании многоуровневого подхода к планированию графика реализации проекта процессы планирования предусматривают регулярную актуализацию плановых данных, производимую при поступлении актуальной исходной информации (проектной и рабочей документации) (рис. 1).

Экспериментально было определено, что увеличение детализации графика в 4 раза дает положительный эффект сжатия расписания, а уменьшение детализации показывает отрицательный наблюдаемый эффект и делает невозможным сокращение длительности проекта с использования методологии ПУМ.

Основной объем детализации плановых данных связан с необходимостью персонализированного ресурсного планирования — определением состава строительных бригад и распределением физических объемов строительно-монтажных работ (СМР) между бригадами, что практически затруднительно реализовать в графике СМР при переносе начала процессов планирования СМР (точка T1) на ранние сроки (точка T2) стадии ЖЦ объекта строительства (рис. 2), в связи с чем выдвинута гипотеза, которая частично была подтверждена серией практических экспериментов, заключавшихся в использовании технологии нейросетей для решения задач календарно- сетевого планирования.

В последние годы технологии нейросетевого прогнозирования, ML и AI активно интегрируются в строительную индустрию, предоставляя новые инструменты для решения сложных задач на всех этапах архитектурного проектирования и управления строительством [1–6]. Эти технологии открывают новые горизонты для инноваций и устойчивого развития в строительной отрасли, что делает их актуальным направлением научных исследований и практического применения [7, 8].

В результате проведенных исследований и экспериментов сделаны выводы относительно актуаль-

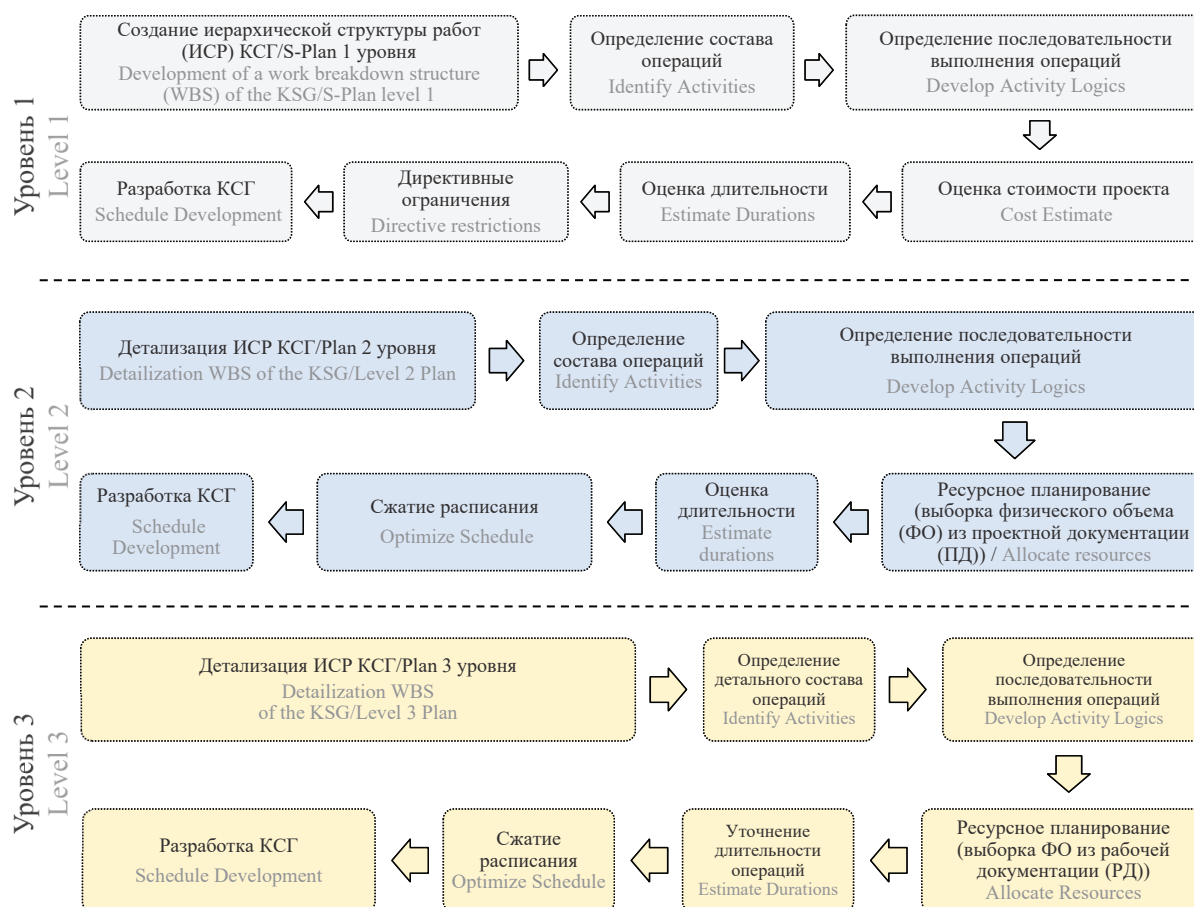


Рис. 1. Последовательность разработки календарно-сетевых графиков разных уровней

Fig. 1. Consistent development of schedule-planes of different levels

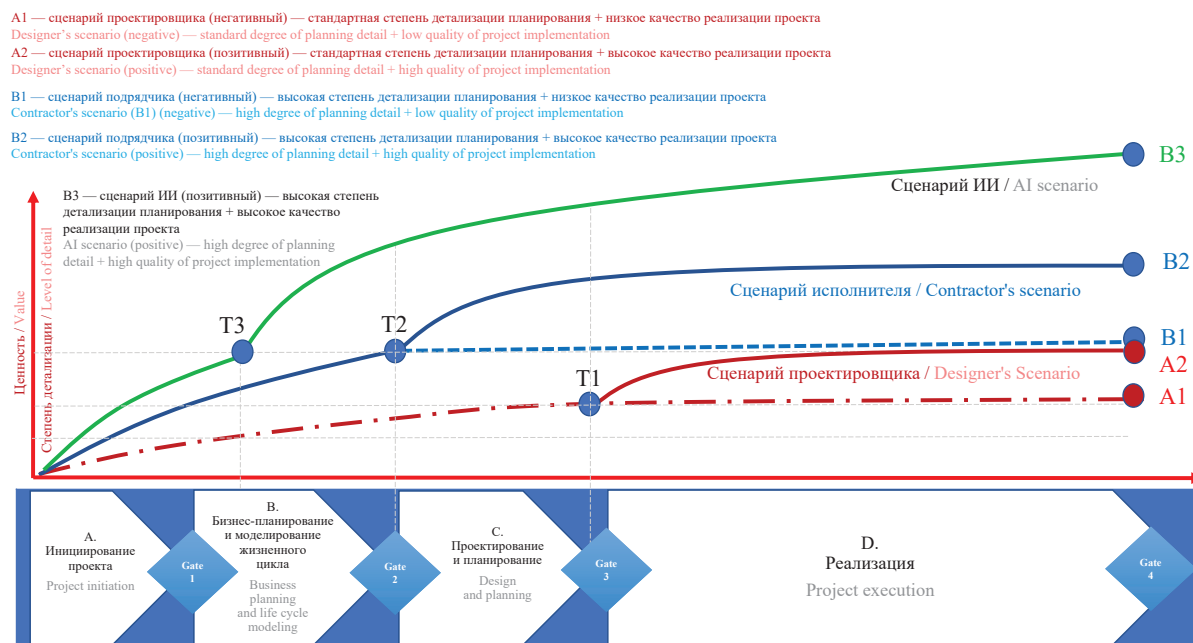


Рис. 2. Диаграмма зависимости величины ценности (value) от качества проработки (степень детализации плана) и реализации проекта

Fig. 2. Diagram of the dependence of Value on the quality of development (degree of plan detail) and implementation of the project

ности и необходимости их дальнейшего продолжения до подтверждения или опровержения гипотезы.

Предметом настоящего исследования определены процессы календарно-сетевое планирования, качество, детализацию и скорость течения которых необходимо увеличить за счет использования технологии ИИ, объектом исследования стали нейросети.

Цель исследования сформирована как достижение сокращения сроков выполнения строительномонтажных работ за счет высокой степени детализации планирования и высокого качества реализации проекта по сценарию В3, получившим название «Сценарий ИИ», путем переноса сроков начала процессов детального планирования в точку Т3, находящуюся в начале стадии В «Бизнес-планирование и моделирование жизненного цикла».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методами планирования строительства, разработкой календарно-сетевых графиков и поиском путей сокращения сроков СМР занимаются многие ученые. С.П. Король и Р.А. Король к календарному планированию и решению оптимизационных задач предложили применять системотехнический подход и в качестве модели календарного плана разрабатывать сетевую модель, создаваемую на алгоритмическом подходе [9]. Авторы С.А. Баркалов, С.И. Моисеев и Е.А. Серебрякова предлагают внедрять динамические модели оценки рисков реализации строительных проектов с использованием аппарата цепей Маркова совместно с методами сетевого планирования и управления в условиях неопределенности [10]. Моделиро-

ванием сроков строительства дискретными цепями Маркова занимаются О.Н. Яркова и Н.А. Сидоренко, которые предложили модель плана строительства, позволяющую определить ряд важных характеристик: вероятность реализации плана строительства в установленные сроки; вероятность того, что объект будет достроен; среднее время строительства до стадии завершения; безусловные вероятности состояний системы через любой заданный промежуток времени [11].

Вопросы планирования графика проекта в условиях неопределенности рассмотрены в литературе довольно подробно. В частности, К.А. Христофорова, В.С. Демидова, Д.Н. Кривогино представили подход, который позволяет в зависимости от степени влияния факторов предсказать возможные пути устранения проблем по невыполнению сроков реализации проектов и рекомендуют к календарным срокам реализации проекта добавить 3 месяца, для того чтобы рационально управлять КСГ строительства в условиях неопределенности [12].

Применение ИИ в строительстве постепенно появляется в трудах специалистов по управлению проектами и ведущих ученых-исследователей. М.В. Петроченко и соавт. предлагают использовать алгоритмы ИИ для работы с классификаторами строительной информации посредством моделей МО и обучающей выборки на основе цифровых информационных моделей гражданских и промышленных объектов [13]. А.В. Гинзбург, А.И. Рыжкова разработали алгоритм создания ИИ в области идентификации и анализа потенциальных рисков событий, что способствует созданию самостоятельной аналитической системы для разных этапов строительного

производства: от эскиза до рабочей документации и проведения работ на строительной площадке [14]. В.И. Теличенко, А.А. Лapidус, М.Ю. Слесарев предлагают использовать ИИ в креативном синтезе экологически ориентированных перспективных образов прорывных технологий с учетом статистической обработки патентной информации и фондов технических регламентов [15]. Л.А. Сулейманова и соавт. провели исследование, ориентированное на разработку метода нейросетевого прогнозирования теплопотерь как элемента системы управления ЖЦ объектов капитального строительства [2]. В работе А.Б. Петрухина выявлены приоритетные направления внедрения ИИ-технологий в строительном комплексе РФ: искусственный интеллект в автоматизированном проектировании и управлении строительством, контроле качества строительных работ, прогнозировании рисков в строительстве, анализе данных, оптимизации ресурсов, обеспечении безопасности и экологической устойчивости [16].

Однако публикации, посвященные вопросам управления сроками строительного-монтажных работ и сроками реализации строительных проектов с использованием ИИ, практически отсутствуют. Между тем технологии ИИ обладают огромным потенциалом и возможностями для решения этой актуальной задачи.

Для реализации поставленной цели исследования, которая состоит из ряда задач по созданию КСГ 3-го уровня на начальной стадии ЖЦ объекта строительства, были проанализированы процессы

календарно-сетевого планирования на предмет возможности использования ИИ.

В качестве исходной методологии календарно-сетевого планирования принята процессная модель Planning & Scheduling, разработанная Международной Ассоциацией развития стоимостного инжиниринга (AACIE), как неотъемлемая часть методологии управления проектами, которая, в частности, активно используется в России такими крупными проектно-ориентированными компаниями, как госкорпорация «Росатом» и ПАО «Газпромнефть» (рис. 3).

Выбор процессной модели научно обоснован прежде всего тем, что в ней рассматриваются комплексные процессы планирования ресурсов, сроков и стоимости, которые протекают на всех стадиях ЖЦ объекта строительства (рис. 4).

В результате анализа процессной модели рассмотрены два варианта: вариант 1 с учетом всех процессов календарно-сетевого планирования процессной модели Planning & Scheduling, особенностью которой является разделение процессов планирования ресурсов (рис. 5) и доработанный под использование технологии ИИ вариант 2, учитывающий все процессы календарно-сетевого планирования модели Planning & Scheduling и приоритет потребности в ресурсах, особенность которой заключается в интеграции процессов планирования ресурсов (рис. 6).

Для создания архитектуры исследовательской модели — практической составляющей продукта рассмотрена структура системы управления проектами Единая информационная цифровая среда,

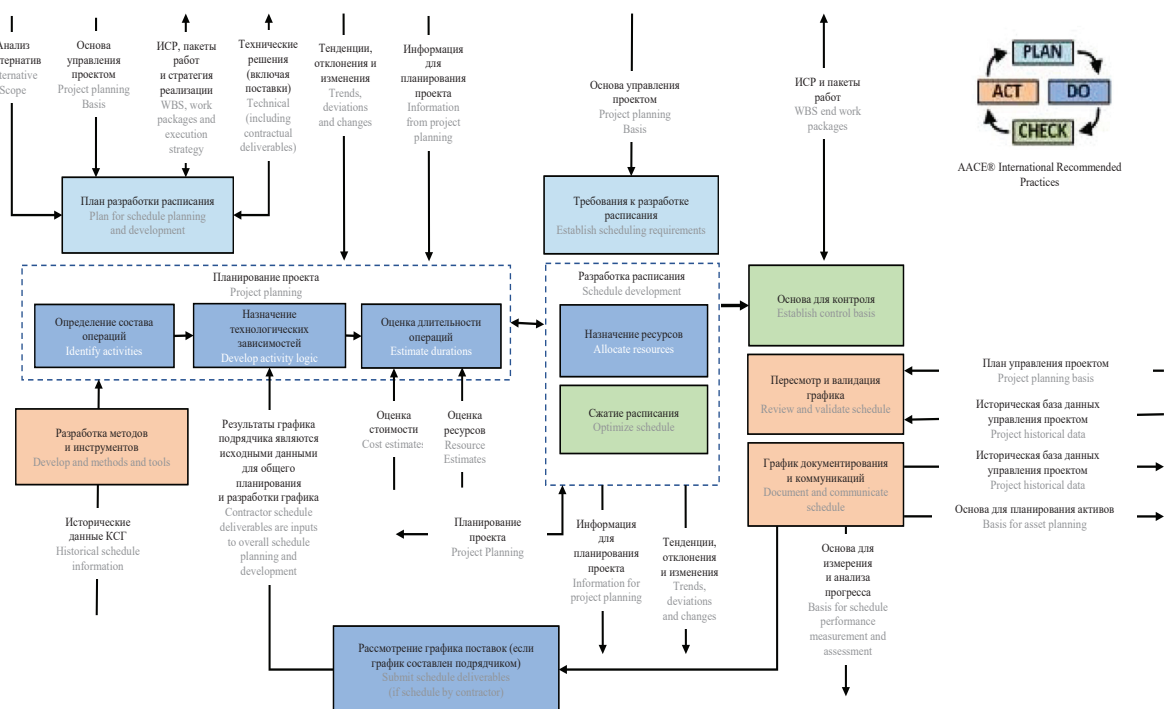


Рис. 3. Процессная модель календарно-сетевого планирования Planning & Scheduling

Fig. 3. Process model Planning & Scheduling

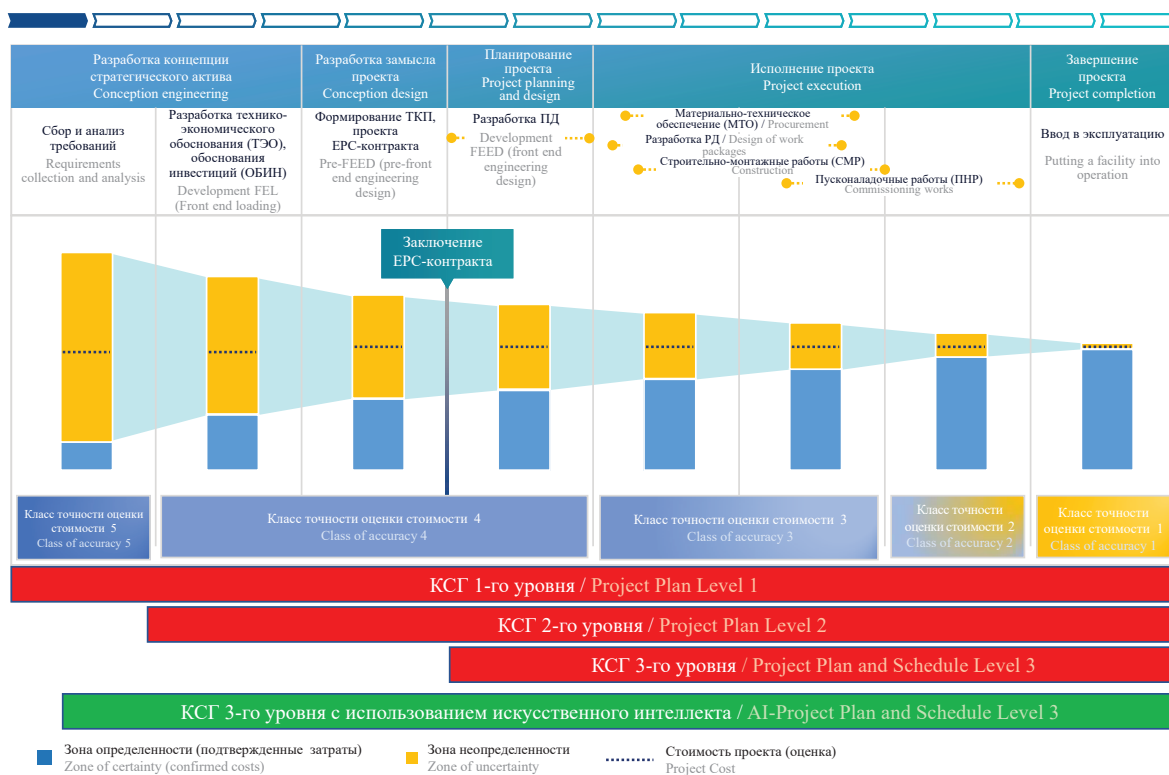


Рис. 4. Классы точности оценки стоимости и уровни КСГ

Fig. 4. Cost estimation accuracy classes and planning levels

разработанная ООО «Стройгазконсалтинг», и применяемый в АО «Газстройпром» программный продукт КРОСС, являющийся частью Единой цифровой платформы (ЕЦП), который был взят в качестве основы для использования алгоритмов ИИ (рис. 7).

Приведенная архитектура представляет собой межфункциональную, многоуровневую систему

управления строительным проектом, ориентированную на интеграцию планирования, учета и контроля в рамках ЖЦ строительства. Основной целью является формирование и динамическое поддержание интегрированного календарно-сетевых графика (ИКСГ) — ключевого инструмента управления сроками, ресурсами и стоимостью проекта. Архитектура реализуется в среде двух взаимодействующих ин-

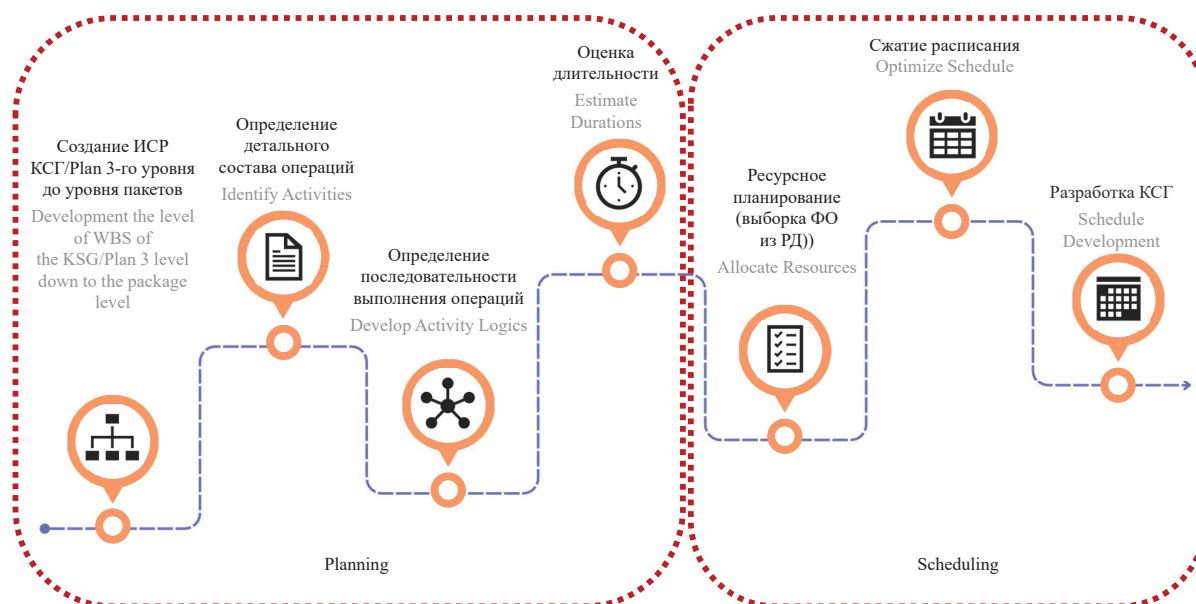


Рис. 5. Последовательность разработки графика проекта вариант 1 с учетом процессной модели Planning & Scheduling

Fig. 5. Process of Project Schedule Development variant 1 based the process model Planning & Scheduling

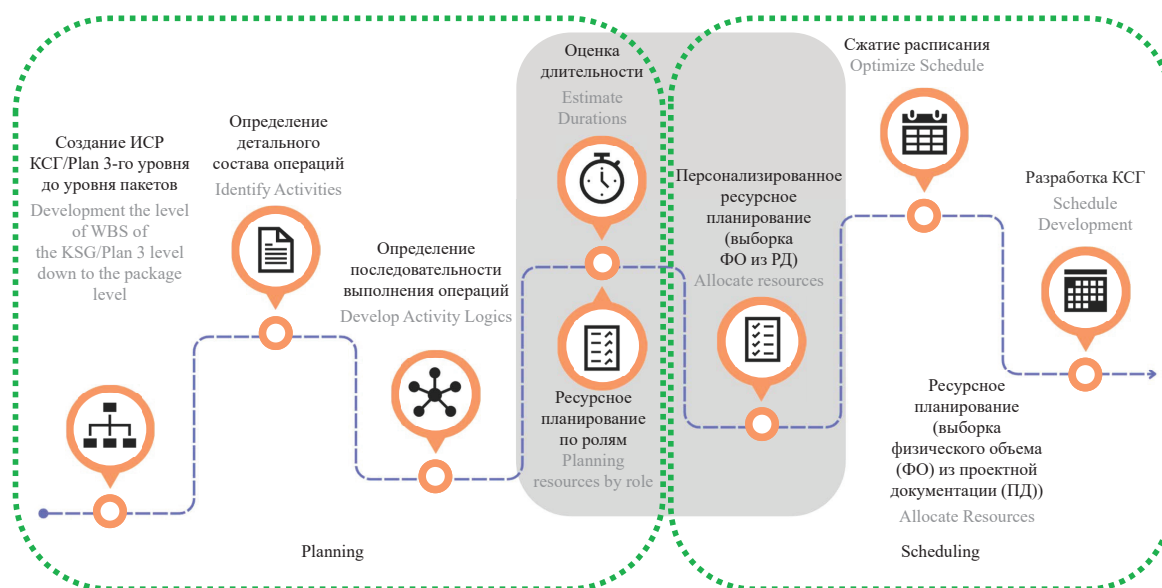


Рис. 6. Последовательность разработки графика проекта вариант 2 с учетом процессной модели Planning & Scheduling
Fig. 6. Process of Project Schedule Development variant 2 based the process model Planning & Scheduling and prioritizing resource planning by role

формационных систем: KROSS (внутренняя система управления) и Primavera EPPM (система управления проектами на уровне предприятия). Это обеспечивает двухуровневое управление: оперативно-тактическое (KROSS) и стратегическое/координационное (Primavera). На схеме (рис. 7) показаны следующие функциональные блоки и их взаимодействие:

- блок «Подготовка данных» (Data origination).

На данном этапе происходит инициализация проектных сведений: загрузка отчетной документации — импорт исходной информации данных о затратах, необходимых для построения базового графика; задание лимитированных затрат — установка бюджетных ограничений, служащих границей для дальнейшего планирования; создание ландшафта строительства (набора объектов) — формирование иерархической структуры работ, соответствующей физическим или функциональным элементам проекта; ввод остатков незавершенного строительства — актуализация состояния проекта на момент начала планирования, что позволяет избежать дублирования или пропуска работ. Этот блок реализует принцип «единого источника правды» (Single Source of Truth), где все входные данные стандартизированы и верифицированы перед передачей в планирующие модули;

- блок «Планирование» (Planning). Центральным узлом архитектуры — построение ИКСГ. Реализует перевод сметного поля в текущий уровень цен — корректировка бюджетных показателей с учетом инфляции, рыночных изменений и замены ресурсов. Это обеспечивает реалистичность плановых показателей. Построение ИКСГ — генерация сетевой модели с учетом технологических связей между работами, ресурсных ограничений, временных рамок и критического пути. При этом используется методология

CPM (Critical Path Method) и Resource-Constrained Scheduling (RCS). ИКСГ выступает как динамическая модель, отражающая не только временные, но и ресурсные зависимости. При планировании работ (Work planning) осуществляется автоматизация распределения задач и формирование диаграмм Ганта в Primavera EPPM, что обеспечивает визуализацию и координацию между участниками проекта;

- блок «Учет выполнения» (Performance accounting). Обеспечивает обратную связь между планом и фактом: формирование обменных форм для субподрядчиков — стандартизированные шаблоны для получения данных о ходе выполнения работ; ввод текущего выполнения (оперативный учет) — внесение фактических данных о завершенных объемах, затратах и ресурсах; подготовка актов КС-2 — оформление первичных документов, подтверждающих выполнение работ для заказчика; загрузка утвержденных актов КС-2 — включение официально согласованных сведений в систему учета; формирование первичных документов — создание внутренних учетных записей на основе актов. При этом реализуется принцип «замкнутого контура управления» (Closed-loop control), где данные о фактическом исполнении применяются для корректировки плана и анализа отклонений;

- блок «Мониторинг и контроль» (Control & Monitoring). Направлен на аналитическую оценку эффективности: анализ хода реализации строительства — сравнение плановых и фактических показателей по срокам, стоимости и ресурсам; формирование аналитических отчетов в разных разрезах — многомерный анализ (по объектам, подрядчикам, периодам, типам работ); ведомости сметной стоимости, выборки ресурсов, прочие отчеты — детализированные вы-

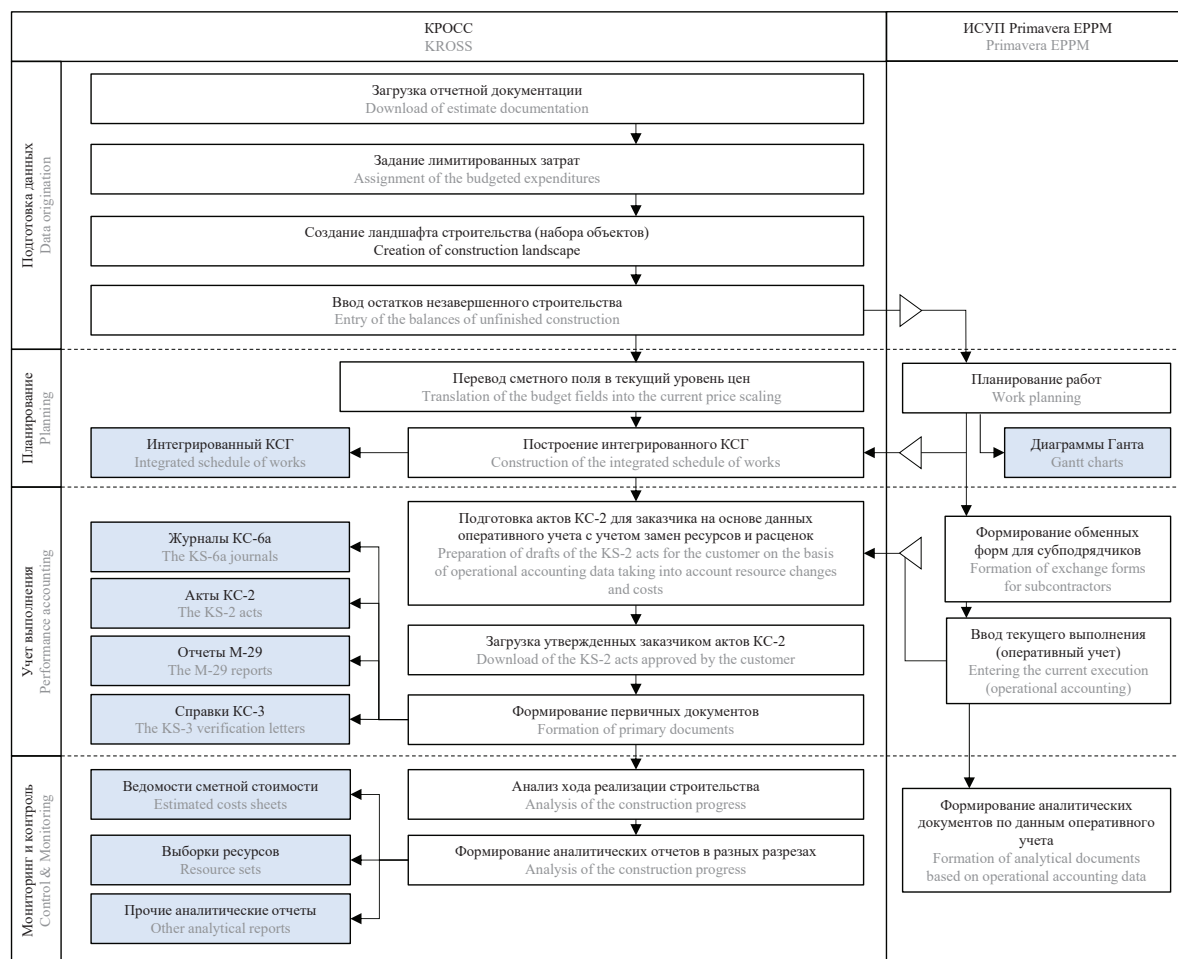


Рис. 7. Календарный анализ реализации строительства. Архитектура бизнес-процесса формирования интегрированно-го календарно-сетового графика

Fig. 7. Calendar analysis of the implementation of construction. Business process architecture

ходные данные для принятия управленческих решений. При этом применяется методология Earned Value Management (EVM) — комплексный подход к оценке прогресса проекта через три ключевых показателя: Planned Value (PV), Earned Value (EV), Actual Cost (AC). Также используется методология ABC-анализа для приоритизации зон риска и отклонений.

Такая архитектура бизнес-процесса формирования ИКСГ обеспечивает интеграцию финансово-экономических, временных и ресурсных параметров в единой модели, поддерживает принятие решений на основе данных (Data-Driven Decision Making) и позволяет оперативно реагировать на изменения в ходе реализации проекта за счет обратной связи и анализа отклонений. Схема соответствует современным стандартам управления проектами: PMBOK, ISO 21500, PRINCE2, а также требованиям цифровой трансформации в строительстве (BIM, Digital Twin). Описанная архитектура представляет собой высокоинтегрированную систему управления строительными проектами, основанную на принципах системного подхода, обратной связи и аналитики. Она обеспечивает точность планирования, прозрачность учета и эффективность

контроля, что критически важно для успешной реализации сложных строительных проектов в условиях ограниченных ресурсов и высокой неопределенности.

Для практического использования технологий ИИ в исследовательской модели были проанализированы и протестированы существующие решения [17–29]. Результаты анализа представлены в таблице.

Эффективное использование нейросетей предусматривает организацию работы с большими данными (Big Data) для манипулирования сведениями в формате таблиц, включая фильтрацию, агрегацию и преобразование данных путем их извлечения из Excel и MS SQL Server с последующей обработкой для создания нестандартных таблиц, сложных вычислений и аналитических выражений для формирования отчетов и визуализаций.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Итоговым решением исследовательской задачи стала инициация проекта «Разработка и внедрение системы ИИ-планировщик и ИИ-помощник руководителя проекта (РП)», включающего три последова-

Анализ и выбор технологий нейросетей для решения задач календарно- сетевого планирования

Analysis and selection of neural network technologies for solving calendar-network planning problems

Наименование технологии нейросетей Name of neural network technology	Описание использования Description of use
2	3
<p>Сверточные нейронные сети CNN (от англ. Convolutional Neural Networks). Например, Tesseract OCR, которая используется для распознавания текста на изображениях Convolutional Neural Networks (CNN). For example, Tesseract OCR, which is used to recognize text in images</p>	<p>Планируется использовать для обработки изображений и задач распознавания информации из проектной документации, рабочей документации и других документов в формате PDF или изображений, а также данных КСГ, в том числе исторических</p> <p>It is planned to be used for image processing and information recognition tasks from design documentation, working documentation and other documents in PDF or image format, as well as CSG data, including historical ones</p>
<p>Технология нейросетей долгосрочной – краткосрочной памяти LSTM (от англ. Long Short-Term Memory) — разновидность рекуррентных нейронных сетей RNN (от англ. Recurrent Neural Networks)</p> <p>Long Short – Term Memory (LSTM) neural network technology is a type of recurrent neural networks (RNN)</p>	<p>Использование технологии ИИ для решения задач с сохранением контекста и памяти о предыдущих входах и запросов для предсказания следующего слова в предложении и анализа временных рядов</p> <p>Using AI technology to solve problems with context and memory of previous inputs and queries for predicting the next word in a sentence and analyzing time series</p>
<p>Технология нейросетей-трансформеров (от англ. Transformers), включая генеративные технологии, такие как BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), модель, разработанная компанией Google, которая использует двунаправленные контекстуальные представления для обработки текста и GPT (от англ. Generative Pre-trained Transformer). Модель, разработанная компанией OpenAI, применяет трансформеры для генерации текста и предварительно обучается на больших объемах данных. А также аналогичные решения: LLAMA, DeepSeek, Qwen, MashaGPT, YandexGPT 5 Pro, GigaChat, Grok</p> <p>Transformer neural network technology, including generative technologies such as BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), a model developed by Google that uses bidirectional contextual representations to process text, and GPT (Generative Pre-trained Transformer), a model developed by OpenAI that uses transformers to generate text and is pre-trained on large amounts of data. And similar solutions: LLAMA, DeepSeek, Qwen, MashaGPT, YandexGPT 5 Pro, GigaChat, Grok</p>	<p>Планируется использовать для:</p> <ul style="list-style-type: none"> • понимания контекста и решения задач обработки естественного языка, включая понимание контекста и семантики текста, что критично для анализа сложной проектной документации и контрактов; • поиска информации и обучения на задачах поиска информации, извлекая ключевые данные из больших объемов текста; • для автоматической генерации отчетов по проектам. <p>Предпочтение отдается решениям с Open Source (открытое программное обеспечение)</p> <p>It is planned to be used for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • understanding the context and solving natural language processing problems, including understanding the context and semantics of text, which is critical for analyzing complex project documentation and contracts; • information retrieval and training on information retrieval tasks, extracting key data from large volumes of text; • for automatic generation of project reports. <p>Preference is given to Open Source solutions (open source software)</p>
<p>Технология рекомендательных нейросетей (аналогичных решению Amazon Personalize) — системы рекомендаций на основе коллаборативной фильтрации и контентного анализа</p> <p>Neural network recommendation technology (similar to Amazon Personalize) — recommendation systems based on collaborative filtering and content analysis</p>	<p>Планируется использовать для:</p> <ul style="list-style-type: none"> • персонализированного поиска с использованием системы рекомендаций для анализа поведения пользователя (например, какие документы он чаще всего запрашивает) и предложения наиболее релевантных материалов; • анализ исторической информации о проектах, выявляя паттерны и тенденции, для помощи в принятии решений <p>Planned use for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • personalized search using a recommendation system to analyze user behavior (e.g. what documents they most often request) and suggest the most relevant materials; • analysis of historical information about projects, identifying patterns and trends, to help in decision making

Наименование технологии нейросетей Name of neural network technology	Описание использования Description of use
2	3
<p>Технология нейросетей — генеративные модели, такие как GAN (от англ. Generative Adversarial Networks) или VAE (от англ. Variational Autoencoders)</p> <p>Neural network technology — generative models such as GAN (Generative Adversarial Networks) or VAE (Variational Autoencoders)</p>	<p>Планируется использовать для:</p> <ul style="list-style-type: none"> • генерации новых табличных данных, которые соответствуют заданным условиям, т.е. создания таблиц по нестандартным запросам; • генерации новых табличных данных на основе существующих данных Excel и MS SQL для создания новых таблиц с учетом статистических свойств исходных данных <p>It is planned to be used for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • generating new tabular data that meet specified conditions, i.e. creating tables based on non-standard queries; • and generating new tabular data based on existing Excel and MS SQL data to create new tables taking into account the statistical properties of the source data
<p>Использование библиотек для анализа данных, таких как Pandas (Python) или DAX (Power BI)</p> <p>Using data analysis libraries such as Pandas (Python) or DAX (Power BI)</p>	<p>Библиотека Pandas позволяет манипулировать данными в формате таблиц, включая фильтрацию, агрегацию и преобразование данных путем извлечения данных из Excel и MS SQL Server, с последующей обработкой для создания нестандартных таблиц. Библиотека DAX (Data Analysis Expressions) используется для работы с Power BI, DAX, которая позволяет создавать сложные вычисления и аналитические выражения для создания отчетов и визуализаций</p> <p>The Pandas library allows you to manipulate data in a table format, including filtering, aggregating and transforming data by extracting data from Excel and MS SQL Server, followed by processing to create custom tables. The DAX (Data Analysis Expressions) library is used to work with Power BI, DAX, which allows you to create complex calculations and analytical expressions to create reports and visualizations</p>

тельных и взаимосвязанных этапа, при этом являющихся самостоятельными продуктами.

Этап 1. Разработка ИИ-помощника РП (версия 1.0) с функциями: запрос – ответ – диалог о методологии управления проектами и календарно-сетевое планирование; запрос и анализ нестандартных таблиц из ЕЦП. В продукте планируется использовать методологические и проектные данные для обучения ИИ из следующих источников данных: корпоративная методология управления проектами АО «Газстройпром»; база данных (БД) документооборота АО «Газстройпром» в части проектных документов; база данных ЕЦП, включая проекты в ИСУП Primavera P6 и хранилище электронных таблиц в виде Excel-файлов; база данных национальных стандартов в части методологий управления проектами и организации строительства; база данных международных стандартов и методологии управления проектами.

Этап 2. Разработка ИИ-планировщика с функциями: формирование ИСР и пакетов работ на основании ТЗ (техническое задание для ИИ — промпт); создание состава операций по видам работ внутри пакета работ (ИСР); назначение ресурсов на операции пакетов по нормативам; определение и назначе-

ние технологических последовательностей на операции по видам работ; определение длительности операций и длительности проекта, в том числе с учетом директивных сроков графиков заказчика; сжатие календарно-сетевого графика с учетом фактического наличия ресурсов, требований и ограничений (формирование интенсивного графика). Планируется использовать методологические и проектные данные для обучения ИИ из различных источников БД и разработок в области МО. Помимо пяти источников из этапа 1, планируется дополнить: базой данных проектного документооборота Pilot-ICE (проектная и рабочая документация); корпоративными нормативами АО «Газстройпром» в части ресурсного и сметного планирования; базой существующих результатов машинного обучения АО «Газстройпром» и АО «Ленгазспецстрой» в части определения состава операций КСГ и назначения ресурсов на операции; разработкой в области МО по назначению технологических зависимостей между операциями и проектами в файле формата *.xer; разработкой в области МО по формированию ИСР в файле формата *.xer; в области МО по созданию пакетов ИСР в логике AWP в файле формата *.xer; разработкой в области МО по формированию интенсивного графика в файле

формата *.xer; международными и национальными стандартами и методологией КСП (в том числе в области проверки качества графиков).

Этап 3. Update и обучение ИИ-помощника РП для решения проектных задач полного цикла управления проектом (до версии 2.0 с интеграцией этапов 1 и 2 и дальнейшим обучением до версии 3.0).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенного исследования выполнен всесторонний анализ существующих методологий календарно-сетевого планирования в контексте их применимости для интеграции с технологиями ИИ. В ходе исследования особое внимание уделено анализу передовых практик планирования, способствующих повышению эффективности управления сроками без увеличения объема ресурсов и без изменения технологической длительности отдельных строительно-монтажных операций. В этом контексте значительный интерес представляет ПУМ, являющийся русскоязычной адаптацией международной методологии Advanced Work Packaging (AWP). Данная методология основана на принципе раннего детального планирования работ по функциональным узлам (объектам, системам, зонам) с четкой привязкой к ресурсному обеспечению, логистике, документации и ответственности исполнителей.

Установлено, что системное внедрение ПУМ/AWP позволяет достичь сокращения плановой продолжительности реализации инвестиционно-строительного проекта на 20–25 % при сохранении неизменными нормативных трудозатрат и технологических регламентов выполнения отдельных операций. Такой эффект достигается за счет:

- упреждающего формирования полного комплекта условий для начала работ (документация, материалы, квалифицированные бригады, разрешения);
- минимизации простоев и перерывов в производстве благодаря согласованности графиков смежных подрядчиков;
- повышения степени параллельности процессов из-за четкой декомпозиции и интерфейсного управления;
- снижения уровня неопределенности на стадии реализации благодаря высокой детализации плана на уровне исполнения.

Таким образом, ПУМ/AWP рассматривается не как альтернатива традиционному календарному планированию, а как его эволюционное развитие, обеспечивающее переход от формального расписания к управляемому потоку работ с гарантированной готовностью условий. В рамках разрабатываемой ИИ-системы ИИ-планировщик заложена возможность автоматизированной генерации и оптимизации рабочих пакетов в соответствии с принципами ПУМ: алгоритмы ИИ анализируют BIM-модель, выявляют технологические и пространственные зависимости, формируют пакеты работ и проверяют их готовность к исполнению.

Интеграция ПУМ/AWP с технологиями ИИ открывает новые возможности для достижения синергетического эффекта: если методология дает прирост 25 % за счет улучшения организации, то применение ИИ позволяет дополнительно повысить точность прогнозирования, оперативно корректировать пакеты при изменении условий и минимизировать человеческий фактор в управлении. Это делает комбинированный подход перспективным для масштабных, многосубподрядных и высокотехнологичных объектов.

На основании полученных результатов разработана концепция экспериментального внедрения ИИ-решений в практику управления инвестиционно-строительными проектами. В рамках исследовательской инициативы инициирован пилотный проект под условным названием «Разработка и внедрение системы ИИ-планировщик и ИИ-помощник руководителя проекта». Проект ориентирован на создание двухкомпонентной когнитивной системы:

- ИИ-помощник — интерактивный ассистент на базе NLP (Natural Language Processing), предназначенный для поддержки принятия решений, генерации уведомлений о рисках, подготовки аналитических сводок и взаимодействия с участниками проекта через текстовые или голосовые интерфейсы;
- ИИ-планировщик — модуль, осуществляющий автоматическое построение, актуализацию и оптимизацию календарно-сетевых графиков на основе анализа исторических данных, текущего прогресса и внешних факторов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Слепушкин Д.В., Бурлов Д.Ю. Возможности искусственного интеллекта и автоматизации процессов проектирования в строительстве: библиометрический анализ // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. № 3. С. 440–455. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.3.440-455. EDN MYNCAL.

2. Сулейманова Л.А., Обайди А.А.Х., Рябчевский И.С. Управление жизненным циклом объектов капитального строительства нейросетевым прогнозированием теплопотерь здания. Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2024. 164 с. EDN UYZPHS.

3. Петрухин А.Б., Щербакова Н.А. Развитие технологий искусственного интеллекта в строительстве // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2024. № 2. С. 67–77. DOI: 10.25686/2542-114X.2024.2.67. EDN VJPORE.
4. Газаров А.Р. Преимущества использования искусственного интеллекта в сфере строительства // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 4. С. 136–139. EDN DZQOPN.
5. Колчин В.Н. Специфика применения технологии «искусственного интеллекта» в строительстве // Инновации и инвестиции. 2022. № 3. С. 250–253. EDN JJLECU.
6. Baduge S.K., Thilakarathna S., Perera J.S., Arashpour M., Sharafi P., Teodosio B. et al. Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications // Automation in Construction. 2022. Vol. 141. P. 104440. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104440
7. Караманяц М.Б. Изменения строительной отрасли при активном внедрении технологии с применением искусственного интеллекта (ИИ) // Экономика строительства. 2023. № 9. С. 141–145. EDN SBRLCQ.
8. Городнова Н.В. Применение искусственного интеллекта и нанотехнологий в инвестиционно-строительной сфере России // Вестник НГУЭУ. 2021. № 3. С. 81–95. DOI: 10.34020/2073-6495-2021-3-081-095. EDN KWCGFR
9. Король С.П., Король Р.А. Алгоритмический подход в сетевом моделировании в строительстве: графические решения и оптимизационные задачи // Жилищные стратегии. 2023. Т. 10. № 3. С. 317–332. DOI: 10.18334/zhs.10.3.118842. EDN СТТТЕW.
10. Баркалов С.А., Мусеев С.И., Серебрякова Е.А. Применение Марковских случайных процессов для оценки рисков при реализации строительных проектов // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании : мат. XV Междунар. науч.-практ. конф. 2025. С. 99–104. EDN IZUOGT.
11. Яркова О.Н., Сидоренко Н.А. Моделирование сроков строительства дискретными цепями Маркова // Инженерный вестник Дона. 2024. № 2 (110). С. 506–519. EDN QUFHYZ.
12. Христофорова К.А., Демидова В.С., Кривоги́на Д.Н. Управление календарно-сетевыми графиками строительства в условиях нестабильного мира // Инженерный вестник Дона. 2022. № 12 (96). С. 707–720. EDN ODYQZZ.
13. Петроченко М.В., Недвига П.Н., Кукина А.А., Шерстюк В.В. Классификация строительной информации в BIM с использованием алгоритмов искусственного интеллекта // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. № 11. С. 1537–1550. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.11.1537-1550. EDN JFYSSO.
14. Гинзбург А.В., Рыжкова А.И. Возможности искусственного интеллекта по повышению организационно-технологической надежности строительного производства // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 1 (112). С. 7–13. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.1.7-13. EDN XCIOMJ.
15. Теличенко В.И., Латидус А.А., Слесарев М.Ю. Анализ и синтез образов экологически ориентированных инновационных технологий строительного производства // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 8. С. 1298–1305. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.8.1298-1305. EDN RNDOCL.
16. Петрухин А.Б., Щербакова Н.А. Развитие технологий искусственного интеллекта в строительстве // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2024. № 2. С. 67–77. DOI: 10.25686/2542-114X.2024.2.67. EDN VJPORE.
17. Oluleye B.I., Chan D.W., Antwi-Afari P. Adopting Artificial Intelligence for enhancing the implementation of systemic circularity in the construction industry : a critical review // Sustainable Production and Consumption. 2023. Vol. 35. Pp. 509–524. DOI: 10.1016/j.spc.2022.12.002
18. Ghosh A., Sufian A., Sultana F., Chakrabarti A., De D. Fundamental Concepts of Convolutional Neural Network // Intelligent Systems Reference Library. 2019. Pp. 519–567. DOI: 10.1007/978-3-030-32644-9_36
19. Joshi K. Study of Tesseract OCR // GLS KALP: Journal of Multidisciplinary Studies. 2021. Vol. 1. Issue 2. Pp. 41–50. DOI: 10.69974/glskalp.01.02.54
20. Le C.C. BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) Architecture. 2025. DOI: 10.13140/RG.2.2.22192.67845
21. Ahmadi E., Muley S., Wang C. Automatic construction accident report analysis using large language models (LLMs) // Journal of Intelligent Construction. 2025. Vol. 3. Issue 1. Pp. 1–10. DOI: 10.26599/JIC.2024.9180039
22. Zhang C., Deng Y., Lin X., Wang B., Ng D., Ye H. et al. 100 Days After DeepSeek-R1: A Survey on Replication Studies and More Directions for Reasoning Language Models // ArXiv. 2025. Pp. 1–37. DOI: 10.48550/arXiv.2505.00551
23. Wang H., Zhang D., Li J., Feng Z., Zhang F. Entropy-Optimized Dynamic Text Segmentation and RAG-Enhanced LLMs for Construction Engineering Knowledge Base // Applied Sciences. 2025. Vol. 15. Issue 6. P. 3134. DOI: 10.3390/app15063134
24. Pan X., Yang T.T. Y., Liu R., Xiao Y., Xie F. A computer vision and point cloud-based monitoring approach for automated construction tasks using full-scale

robotized mobile cranes // Journal of Intelligent Construction. 2025. Vol. 3. Issue 2. Pp. 1–11. DOI: 10.26599/jic.2025.9180086

25. *Belaroussi R.* Subjective Assessment of a Built Environment by ChatGPT, Gemini and Grok: Comparison with Architecture, Engineering and Construction Expert Perception // Big Data and Cognitive Computing. 2025. Vol. 9. Issue 4. P. 100. DOI: 10.3390/bdce9040100

26. *Langford A., Shah A., Gupta A., Bhattar A., Goyal A., Mathur A. et al.* The Amazon Nova Family of Models: Technical Report and Model Card // ArXiv. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2506.12103

27. *Pujari N.K., Miriyala S.S., Mitra K.* Generative Adversarial Networks for Modelling Uncertainties in Wind Farm Design // Engineering Optimization: Methods and Applications. 2025. Pp. 173–192. DOI: 10.1007/978-981-97-7909-3_10

28. *Williams A.S.* EVM-based Risk Management in Construction Projects: A Case Study. 2025.

29. *Garudasu S., Byri A., Nadukuru S., Goel O., Singh N.* Building interactive dashboards for improved decision-making: a guide to power bi and dax // International Journal of Worldwide Engineering Research. 2025. Pp. 188–209.

Поступила в редакцию 1 октября 2025 г.

Принята в доработанном виде 26 ноября 2025 г.

Одобрена для публикации 29 декабря 2025 г.

ОБ АВТОРАХ: **Людмила Анатольевна Опарина** — доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой организации производства и городского хозяйства, советник РААСН; **Ивановский государственный политехнический университет (ИВГПУ)**; 153000, г. Иваново, Шереметевский пр-т, д. 21; SPIN-код: 9064-6192, Scopus: 57128068100, ResearcherID: V-5060-2017, ORCID: 0000-0001-5534-727X; L.A.Oparina@gmail.com;

Евгений Александрович Барзыгин — кандидат технических наук, доцент кафедры организации производства и городского хозяйства; **Ивановский государственный политехнический университет (ИВГПУ)**; 153000, г. Иваново, Шереметевский пр-т, д. 21; SPIN-код: 5227-5484, ORCID: 0009-0002-7542-0686, Google ScholarID: G4JW2h8AAAAJ; barzygin@mail.ru;

Валерий Альбертович Огурцов — доктор технических наук, профессор кафедры строительства и инженерных систем; **Ивановский государственный политехнический университет (ИВГПУ)**; 153000, г. Иваново, Шереметевский пр-т, д. 21; SPIN-код: 5273-0608; ogurtzovvavork@mail.ru;

Роман Сергеевич Карась — заместитель директора Департамента цифровизации; **Газстройпром**; 196006, г. Санкт-Петербург, ул. Ташкентская, д. 3, корп. 3, лит. Б; KarasRS@gsprom.ru.

Вклад авторов:

Опарина Л.А. — научное редактирование текста, обработка материала, участие в написании введения, выводов и заключения.

Барзыгин Е.А. — идея, сбор материала, проведение расчетов, участие в выборе методологии и методов исследования, написание исходного текста, итоговые выводы.

Огурцов В.А. — обработка материала, участие в написании введения, выводов и заключения.

Карась Р.С. — сбор материала, участие в написании итоговых выводов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Slepushkin D.V., Burlov D.Yu. Artificial intelligence and automation of design processes in construction: a bibliometric analysis. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2025; 20(3):440-455. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.3.440-455. EDN MYHCAL. (rus.).

2. Suleimanova L.A., Obaidi A.A.H., Ryabchevsky I.S. *Life cycle management of capital construction projects using neural network forecasting of building heat loss*. Belgorod, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2024; 164. EDN UYZPHS. (rus.).

3. Petrukhin A.B., Shcherbakova N.A. Artificial intelligence in the construction industry. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Construc-*

tions. Technologies. 2024; 2:67-77. DOI: 10.25686/2542-114X.2024.2.67. EDN VJPORE.(rus.).

4. Gazarov A.R. Advantages of using artificial intelligence in the field of construction. *Izvestiya Tula State University*. 2020; 4:136-139. EDN DZQOPN. (rus.).

5. Kolchin V.N. The specifics of the use of “artificial intelligence” technology in construction. *Innovation & Investment*. 2022; 3:250-253. EDN JJLECU. (rus.).

6. Baduge S.K., Thilakarathna S., Perera J.S., Arashpour M., Sharafi P., Teodosio B. et al. Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction*. 2022; 141:104440. DOI: 10.1016/j.autcon.2022.104440

7. Karamanyants M.B. Changes in the construction industry with the active implementation of technology using artificial intelligence (AI). *Construction Economics*. 2023; 9:141-145. EDN SBRLCQ. (rus.)
8. Gorodnova N.V. Application of artificial intelligence and nanotechnology in the investment and construction sector in Russia. *Vestnik NSUEM*. 2021; 3:81-95. DOI: 10.34020/2073-6495-2021-3-081-095. EDN KWCGFR. (rus.)
9. Korol S.P., Korol R.A. Algorithmic approach in network modeling in construction: graphical solutions and optimization tasks. *Russian Journal of Housing Research*. 2023; 10(3):317-332. DOI: 10.18334/zhs.10.3.118842. EDN CTTTEW. (rus.)
10. Barkalov S.A., Moiseev S.I., Serebryakova E.A. Application of Markov random processes for risk assessment in construction projects. *Modern problems of project management in the investment and construction sphere and nature management : proceedings of the XV International scientific and practical conference*. 2025; 99-104. EDN IZUOGT. (rus.)
11. Yarkova O.N., Sidorenko N.A. Modelling construction time by discrete Markov chains. *Engineering journal of Don*. 2024; 2(110):506-519. EDN QUFHYZ. (rus.)
12. Khristoforova K.A., Demidova V.S., Krivogina D.N. Managing calendar and network schedules of construction in an unstable world. *Engineering journal of Don*. 2022; 12(96):707-720. EDN ODYQZZ. (rus.)
13. Petrochenko M.V., Nedviga P.N., Kukina A.A., Sherstyuk V.V. Classification of information models in BIM using artificial intelligence algorithms. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2022; 17(11):1537-1550. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.11.1537-1550. EDN JFYSSO. (rus.)
14. Ginzburg A.V.E., Ryzhkova A.I. Artificial intelligence capabilities for increasing organizational-technological reliability of construction. *Vestnik MGSU [Proceedings of the Moscow State University of Civil Engineering]*. 2018; 13(1):(112):7-13. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.1.7-13. EDN XCIOMJ. (rus.)
15. Telichenko V.I., Lapidus A.A., Slesarev M.Yu. Analysis and synthesis of images of environmentally oriented innovative technologies of construction production. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2023; 18(8):1298-1305. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.8.1298-1305. EDN RNDOCL. (rus.)
16. Petrukhin A.B., Shcherbakova N.A. Artificial intelligence in the construction industry. *Vestnik of Volga State University of Technology Series*. 2024; 2:67-77. DOI: 10.25686/2542-114X.2024.2.67. EDN VJPORE. (rus.)
17. Oluleye B.I., Chan D.W., Antwi-Afari P. Adopting Artificial Intelligence for enhancing the implementation of systemic circularity in the construction industry : a critical review. *Sustainable Production and Consumption*. 2023; 35:509-524. DOI: 10.1016/j.spc.2022.12.002
18. Ghosh A., Sufian A., Sultana F., Chakrabarti A., De D. Fundamental Concepts of Convolutional Neural Network. *Intelligent Systems Reference Library*. 2019; 519-567. DOI: 10.1007/978-3-030-32644-9_36
19. Joshi K. Study of Tesseract OCR. *GLS KALP: Journal of Multidisciplinary Studies*. 2021; 1(2):41-50. DOI: 10.69974/glskalp.01.02.54
20. Le C.C. *BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) Architecture*. 2025. DOI: 10.13140/RG.2.2.22192.67845
21. Ahmadi E., Muley S., Wang C. Automatic construction accident report analysis using large language models (LLMs). *Journal of Intelligent Construction*. 2025; 3(1):1-10. DOI: 10.26599/JIC.2024.918-0039
22. Zhang C., Deng Y., Lin X., Wang B., Ng D., Ye H. et al. 100 Days After DeepSeek-R1: A Survey on Replication Studies and More Directions for Reasoning Language Models. *ArXiv*. 2025; 1-37. DOI: 10.48550/arXiv.2505.00551
23. Wang H., Zhang D., Li J., Feng Z., Zhang F. Entropy-Optimized Dynamic Text Segmentation and RAG-Enhanced LLMs for Construction Engineering Knowledge Base. *Applied Sciences*. 2025; 15(6):3134. DOI: 10.3390/app15063134
24. Pan X., Yang T.T. Y., Liu R., Xiao Y., Xie F. A computer vision and point cloud-based monitoring approach for automated construction tasks using full-scale robotized mobile cranes. *Journal of Intelligent Construction*. 2025; 3(2):1-11. DOI: 10.26599/jic.2025.9180086
25. Belaroussi R. Subjective Assessment of a Built Environment by ChatGPT, Gemini and Grok: Comparison with Architecture, Engineering and Construction Expert Perception. *Big Data and Cognitive Computing*. 2025; 9(4):100. DOI: 10.3390/bdcc9040100
26. Langford A., Shah A., Gupta A., Bhattar A., Goyal A., Mathur A. et al. The Amazon Nova Family of Models: Technical Report and Model Card. *ArXiv*. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2506.12103
27. Pujari N.K., Miriyala S.S., Mitra K. Generative Adversarial Networks for Modelling Uncertainties in Wind Farm Design. *Engineering Optimization: Methods and Applications*. 2025; 173-192. DOI: 10.1007/978-981-97-7909-3_10
28. Williams A.S. *EVM-based Risk Management in Construction Projects: A Case Study*. 2025.
29. Garudasu S., Byri A., Nadukuru S., Goel O., Singh N. Building interactive dashboards for improved decision-making: a guide to power bi and dax. *International Journal of Worldwide Engineering Research*. 2025; 188-209.

Received October 1, 2025.

Adopted in revised form on November 26, 2025.

Approved for publication on December 29, 2025.

BI O N O T E S: **Lyudmila A. Oparina** — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Organization of Production and Urban Economy, Advisor to the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences; **Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU)**; 21 Sheremetevsky prospekt, Ivanovo, 153000, Russian Federation; SPIN-code: 9064-6192, Scopus: 57128068100, ResearcherID: V-5060-2017, ORCID: 0000-0001-5534-727X; L.A.Oparina@gmail.com;

Evgenii A. Barzygin — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Organization of Production and Municipal Economy; **Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU)**; 21 Sheremetevsky prospekt, Ivanovo, 153000, Russian Federation; SPIN-code: 5227-5484, ORCID: 0009-0002-7542-0686, Google ScholarID: G4JW2h8AAAAJ; barzygin@mail.ru;

Valery A. Ogurtsov — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction and Engineering Systems; **Ivanovo State Polytechnic University (IVSPU)**; 21 Sheremetevsky prospekt, Ivanovo, 153000, Russian Federation; SPIN-code: 5273-0608, ogurtzovvawork@mail.ru;

Roman S. Karas — Deputy Director of the Digitalization Department; **Gazstroyprom**; lit. B, build. 3, 3 Tashkentskaya st., St. Petersburg, 196006, Russian Federation; KarasRS@gsprom.ru.

Contribution of the authors:

Lyudmila A. Oparina — scientific editing of the text, processing of the material, participation in the formation of the introduction, findings and conclusion.

Evgenii A. Barzygin — idea, collection of material, calculations, participation in the selection of methodology and research methods, writing the original text, final conclusions.

Valery A. Ogurtsov — processing of material, participation in the formation of the introduction, conclusions and findings.

Roman S. Karas — collection of material, participation in the formation of final conclusions.

The authors declare no conflict of interest.