

На правах рукописи



Барзыгин Евгений Александрович

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРОЕКТОВ**

2.1.14 – «Управление жизненным циклом объектов строительства»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет»

**Научный
руководитель:**

Опарина Людмила Анатольевна, доктор технических наук, доцент, советник РААСН

**Официальные
оппоненты:**

Евтушенко Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», профессор кафедры «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»

Баронин Сергей Александрович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», заведующий кафедрой «Экспертиза и управление недвижимостью»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Защита состоится «28» июня 2024 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.300.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет» по адресу: 153000, Иваново, пр. Шереметевский, 21, ауд. У-109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Ивановского государственного политехнического университета (www.ivgpu.ru).

Автореферат разослан «___» мая 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Касьяненко Наталья Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Проблема управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов не теряет своей актуальности, особенно в настоящее время, когда происходит трансформация управленческих процессов под воздействием цифровизации, автоматизации, применении технологий информационного моделирования, робототехники, технологий искусственного интеллекта. По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации фиксируется динамика снижения уровня производительности труда в строительстве. В период с 2012 по 2019 гг. экстенсивное значение этого показателя в России снизилось на 6,4%. Динамика роста уровня производительности труда в строительстве за 2017-2020 в России снизилась незначительно, на 0,8%, при этом динамика объема строительных работ за этот же период показала рост на 25,3%. Мировая строительная отрасль также испытывает видимые затруднения, так согласно исследованиям Глобального института McKinsey, за период с 2000-2020 гг. рост производительности труда в строительной отрасли составляет не более 1% в год – в то время, как в промышленном производстве этот показатель растет почти в 4 раза быстрее.

Причины данной динамики во многом носят организационно-управленческий характер и связаны с отсутствием достоверных нормативных, плановых, фактических, а также прогнозных данных, и как следствие – низким качеством планирования проекта, низким уровнем организации труда на строительных площадках, что в свою очередь определяет результат в виде снижения качества и эффективности принятия управленческих решений. Качество управленческих решений на некотором этапе жизненного цикла способствует (или способно повлиять) формированию качества управленческих решений и воздействий для последующих этапов, и в целом оказывает влияние на достижение установленных целей инвестиционно-строительных проектов. Разработка эффективного инструмента для оценки производительности трудовых и нетрудовых ресурсов при реализации строительных проектов в течение их жизненного цикла в современных условиях, а также оценки влияния управленческих решений на производительность труда является актуальной научной задачей.

Степень разработанности исследуемой проблемы. Общепринятые, а также современные инновационные технологии, методы и инструменты управления жизненным циклом объектов строительства в том числе в области управления производительностью ресурсов при реализации инвестиционно-строительных проектов были рассмотрены в работах зарубежных учёных: Г. Керзнера, Э.В. Ларсона, К. Грэя, С.Т. Селим и другими. Текущее состояние и недостатки существующего инструментария и методов управления проектами и производительностью труда в процессах управления жизненным циклом объектов строительства в России были исследованы такими учеными как: В.И. Воропаев, И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге, С.А. Титов, М.Л. Разу, Л.А. Опарина, М.О. Гришин, Е.А. Андреева и другими. Анализ результативности, практического использования и совершенствования указанных методов проводились в работах таких ученых как: С.Р. Клегг, Т. Скайттермоен, Э.Л. Ваагаасар Б. Бриггс, Д.Дж. Брайд, Е.В. Колосова, Д.А. Новиков, А.В. Цветков К.И. Алексеева и другими. Методам управления жизненным циклом строительных проектов и объектов капитального строительства посвящены научные труды А.А. Лapidуса, А.А. Волкова, В.Я. Мищенко, С.И. Евтушенко, С.А. Баронина, П.Д. Чельшкова, С.В. Федосова, В.Н. Федосеева, Л.А. Опариной, А.Б. Петрухина и других.

При всей важности и достоинствах указанных работ текущее состояние методологии освоения объема имеет ряд недостатков, методологических различий, многообразия неупорядоченных трактовок среди одинаковых терминов и ограничений в использовании инструмента. Аналогичную картину можно наблюдать в исследовании вопросов производительности ресурсов, использовании гибкой модели управления проектами. Вопросы управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов остаются недостаточно проработанными, существующие нормативные документы не

учитывают производительности нетрудовых ресурсов: таких, как компьютерная техника, цифровые двойники зданий, технологии искусственного интеллекта и другие, существенным образом влияющие на показатели качества и эффективность реализации строительных проектов.

Научная гипотеза диссертационного исследования основана на предположениях о том, что методика освоенного объема, иерархическая структура работ и инструменты методологии Scrum могут быть использованы для планирования и управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов при выполнении работ на протяжении жизненных циклов строительных проектов.

Целью исследования является научное обоснование и разработка практического инструмента для повышения эффективности принятия решений и управления уровнем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в технологических процессах, происходящих при реализации инвестиционно-строительных проектов в течение их жизненного цикла.

Задачи диссертационного исследования:

- 1) выявить необходимый и достаточный перечень внутренних недостатков метода освоенного объема, относящихся к параметрам производительности трудовых и нетрудовых ресурсов;
- 2) выявить основные недостатки подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта, препятствующих решению вопросов управления уровнем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов;
- 3) определить причины выявленных недостатков метода освоенного объема и подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта;
- 4) определить оптимальную иерархическую структуру содержания проекта для решения задач управления уровнем производительности исполнительных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла проекта;
- 5) выявить основные преимущества инструментов методики управления проектами Scrum, которые можно использовать в процессах управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов;
- 6) исследовать интеграционные процессы, определить взаимосвязь и смоделировать процессы использования методов: освоенного объема, формирования оптимальной иерархической структуры содержания проекта с учетом контрактной стратегии и инструментов методики управления проектами Scrum для решения эмпирических проблем, связанных с управлением производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов;
- 7) разработать новые подходы и инструменты для решения проблем управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов;
- 8) разработать исследовательскую модель апробации новых подходов и инструментов управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов;
- 9) с помощью исследовательской модели провести практическую апробацию и подтвердить научную обоснованность использования новых подходов и инструментов управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов;
- 10) разработать практические рекомендации по управлению производительностью исполнительных ресурсов при реализации строительных проектов на протяжении их жизненного цикла.

Объектом исследования диссертационной работы является методика управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов строительных проектов.

Предметом исследования является отношение и взаимосвязь инструментов методики управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов в процессе их применения при реализации строительных проектов.

Научная новизна исследования заключается в результатах решения научной задачи по теоретическому обоснованию и разработке практического инструмента управления производительностью исполнительных ресурсов, учитывающая особенности каждого этапа жизненного цикла строительных проектов в форме:

1. Нового понятия «Исполнительные ресурсы» – суммарное количество трудовых и нетрудовых ресурсов, соответствующее современному уровню развития автоматизации и цифровизации процессов жизненного цикла строительных проектов, позволяющее точнее оценить уровень производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

2. Процессной модели и методики управления производительностью ресурсов «Декомпозированная методика освоенного объема», являющейся авторской разработкой и отличающейся от существующей методики освоенного объема выраженным акцентом на тему управления производительностью исполнительных ресурсов;

3. Модификации существующих показателей методики освоенного объема и формул их расчетов, которые отличаются от существующих показателей возможностью расчета и сравнительного анализа уровня производительности исполнительных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов;

4. Разработки ресурсно-контрактного принципа декомпозиции иерархической структуры проекта, позволяющего производить расчеты новых показателей и определяющей возможность использования новой методики управления производительностью исполнительных ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов.

Теоретическая значимость результатов работы может быть определена в виде возможности их использования в качестве продолжения научных исследований в области проблем управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов строительной отрасли, а также использования полученных результатов в междисциплинарных исследованиях других предметных областей науки.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что полученные результаты, выводы и новые инструменты управления производительностью исполнительных ресурсов позволяют повысить качество принятия управленческих решений и, таким образом, могут влиять достижение ключевых показателей реализации строительных проектов таких как сроки, стоимость и качество.

Теоретико-методологическая основа диссертационной работы представлена актуальными исследованиями современных ученых в области управления проектами, а также научными работами в области управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов. Для проведения исследования были изучены международные, отраслевые и корпоративные стандарты, своды знаний, методологии и рекомендованные практики профессиональных ассоциаций, сообществ и институтов в области управления проектами и стоимостного инжиниринга. В основу диссертационной работы положен метод построения теоретических моделей будущих технологий процессов управления, происходящих на протяжении жизненного цикла строительных проектов в их постоянной эволюции и взаимосвязи. Для обоснования и подтверждения теоретических моделей использовался метод математического моделирования. Для получения практической проектной информации применялись методы индивидуального интервьюирования и дистанционных опросов участников проектной деятельности. В исследовательских процессах использовались методы статистического учета анализа и прогнозирования.

В качестве **информационной базы** диссертационной работы были использованы научные публикации, профессиональные исследования, доклады участников международных конференций по управлению проектами и стоимостному инжинирингу, опросы и интервью действующих руководителей проектов и специалистов в области управления проектами, а также данные результатов оценки их профессиональных компетенций. Кроме того, было проанализировано свыше 150 монографий отечественных ученых по теме исследования за период с 2000-го по 2022-й год. В процессе подготовки работы были изучены находящиеся в открытом

доступе статьи ученых из британских и американских университетов. Также были использованы общедоступные данные из сети Internet и другие материалы по исследуемой теме.

На защиту выносятся:

1. Разработанный подход к расчету и сравнительному анализу совокупности показателей производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.
2. Разработанная форма эффективной декомпозиции иерархической структуры содержания проекта для решения задач управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов.
3. Процессная модель «Декомпозированная методика освоенного объема», разработанная на основе интеграции исследованных и разработанных инструментов управления проектами: метода освоенного объема, «Ресурсно-контрактного» принципа декомпозиции иерархической структуры содержания проекта и инструментов методики управления проектами Scrum.
4. Разработанные новые показатели методики освоенного объема, ставшие основой для «Декомпозированной методики освоенного объема», а также порядок их применения для организации процессов управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении всего жизненного цикла строительных проектов.

Достоверность полученных результатов научной работы обусловлена соблюдением и использованием методологий и методов исследований: наблюдения, моделирования, сравнения, эмпирически-теоретическими методами, методами проведения опросов и интервью, статистической обработки данных, методов управления проектами разработанных и фактически применяемых на практике, дополнительным изучением и анализом вторичных источников информации, а также использования профессионального программного обеспечения по управлению проектами.

Апробация исследования. Результаты диссертационного исследования получили научно-практическую реализацию и апробацию при разработке конкурсных заданий по оценке профессиональных компетенций в области управления проектами в командной номинации «Управление проектом сооружения» Международного строительного чемпионата; использовались при разработке и проведении программ профессиональной переподготовки в ЧОУ ДПО «Газпром корпоративный институт». Диссертация и связанные с ней вопросы неоднократно обсуждалась на заседаниях и научных мероприятиях кафедры «Организация производства и городское хозяйство» Ивановского государственного политехнического университета (ФГБОУВО «ИВГПУ»). Основные положения, методы и инструменты полученные в результате исследования были использованы в докладах и получили одобрение на научно-практических конференциях: XVI Международной конференции по управлению проектами – 2018 г., г. Москва; IX Международная научно-практическая конференция «Технологии, организация и управление в строительстве, ТОМIS - 2023», НИУ МГСУ, г. Москва; II Национальная (Всероссийская) научно-техническая конференция «Перспективы современного строительства», 2024 г., СПбГАСУ, г. Санкт-Петербург, Международная научно-практическая конференция «Качество жизни: архитектура, строительство, транспорт, образование», 2024 г., ИВГПУ, г. Иваново. Подтверждение апробации результатов исследования подтверждается актами внедрения в учебных процессах образовательных организаций: ФГБОУВО «ИВГПУ», ЧОУ ДПО «Газпром корпоративный институт» и производственных процессах компаний: АО «Газстройпром», ООО «ИРИСОФТ ИНВЕСТ».

Публикации. По теме исследования написаны 6 научных публикаций, 3 из них опубликованы в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 1 работа в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus.

Личный вклад автора диссертации заключается: в идентификации социального запроса и его актуальности как причин, побудившей к началу научного исследования, формулировке первоначальной научной гипотезы как реакции на актуальность социального запроса,

определении цели исследования, поиск возможных решений и структурирование задач диссертации, выявление научной новизны, разработке новых подходов, терминов, формул и интеграция их в методику, моделирование ситуаций возможности экспериментального использования методологии и проверки научных подходов, формулировка основных выводов, структурирование последовательности действий и разработка рекомендаций по практическому применению и дальнейшей перспективе результатов исследования.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности, по которой она рекомендуется к защите. Содержание диссертации соответствует 2, 3, 6 паспорта научной специальности 2.1.14 – Управление жизненным циклом объектов строительства. п. 2. Теоретические, методологические и системотехнические подходы к проектированию организационных структур предприятий, организации производственных процессов и систем управления ими, формализация и постановка задач организационного, информационного и математического моделирования строительных систем с целью эффективного управления объектами капитального строительства и их комплексами на всех этапах их жизненного цикла; п. 3. Исследование и формирование методов разработки, видов обеспечения, критериев, моделей описания и оценки эффективности решения задач управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологий информационного и математического моделирования, системного анализа, автоматизации и оптимизации принятия решений; п. 6. Методы и алгоритмы управления организационными и информационными процессами в строительстве, включая инжиниринг в строительстве, контракты жизненного цикла основных участников производственных и логистических процессов инвестиционно-строительной деятельности, контроллинг, организацию взаимодействия и управления основными, вспомогательными и подготовительными производствами организаций строительной отрасли и предприятий строительной индустрии для эффективного управления объектами капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла.

Объем и структура работы. Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы из 123 позиций и приложений. Содержание работы изложено на 170 страницах, насчитывает 23 таблицы, 62 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведены все основные характеристики диссертационного исследования. Обоснована актуальность выбранной темы, уточнены основные понятия, сформулирована исследуемая проблема. Описаны методология, методы, цели и задачи исследования. Выдвинута научно-техническая гипотеза. Определены объект, предмет, научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Конкретизирован личный вклад автора и положения, выносимые на защиту. Обоснована достаточная степень научной достоверности полученных результатов. Приведены необходимые сведения об апробации работы, выполненные по заявленной теме публикациях, а также о структуре и объеме диссертационного исследования.

В первой главе на основе анализа теоретико-методических подходов в качестве базового показателя для измерения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в данном исследовании предложено использовать показатель – *коэффициент производительности трудовых и нетрудовых ресурсов* k_P :

$$k_P = \frac{V_M}{V_E}, \quad (1)$$

где k_P – коэффициент производительности трудовых и нетрудовых ресурсов; V_M – суммарное количество материальных ресурсов (физический объем) измеряемое в стоимостном выражении; V_E – суммарное количество трудовых и нетрудовых ресурсов, измеряемое в стоимостном выражении.

Результаты исследования источников данных, используемых формул и показателей метода освоенного объема привели к выводам о наличии некоторых недостатков при определении производительности трудовых и нетрудовых ресурсов и произведены исследования причин их возникновения: ошибочная трактовка основных проектных ограничений: время, стоимость и качество реализации проекта; использование метода освоенного объема в т.ч. для определения показателя процента выполнения для верхних уровней декомпозиции проекта, где наблюдается высокий уровень погрешности, а не для нижних уровней декомпозиции, где значения % выполнения наиболее точны; отсутствие практики ресурсного планирования ввиду применения базисно-индексного метода определения сметной стоимости строительных работ. На основе изучения и анализа существующих подходов к формированию иерархической структуры работ – ИСП (анг. Work Breakdown Structure – WBS) определено, что целью WBS проекта является формирование для заинтересованных лиц проекта единой информационной среды для планирования, актуализации, анализа и передачи информации о стоимости, объеме и графике работ.

Результаты исследования методов декомпозиции в сочетании с данными, используемых в методе освоенного объема, а также практик его применения в процессах управления также привели к выводам о наличии некоторых недостатков, влияющих на вопросы управления производительностью ресурсов:

1. методологическое противоречие в вопросах оценки сроков реализации проекта, а именно: необходимость наличия детального календарно-сетевых графика реализации проекта с одной стороны и второстепенность временных данных при создании структуры WBS.

2. многообразие вариаций декомпозиции содержания проекта в сочетании с отсутствием причинно-следственных связей с ресурсным планированием и использованием методики освоенного объема в вопросах управления производительностью ресурсов.

3. отсутствие практики ресурсного планирования ввиду применения базисно-индексного метода определения сметной стоимости строительных работ.

Изучены подходы к формированию модели контрактации, учитывающие полный жизненный цикл строительных проектов (рис. 1).

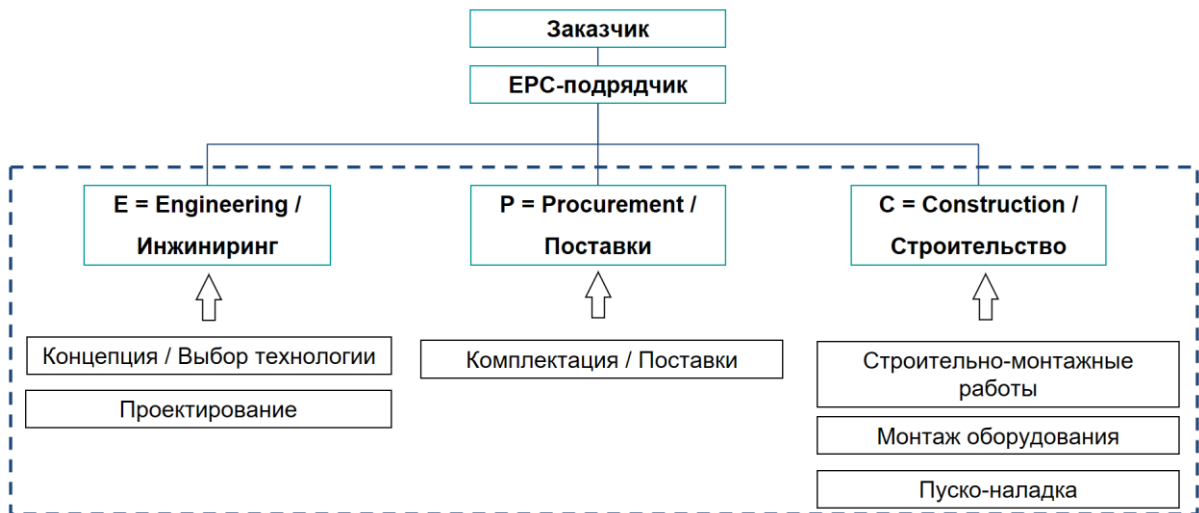


Рисунок 1. Схема типового контракта EPC

При исследовании проблем производительности ресурсов, прежде всего, необходимо обратить внимание на понятие «предмет» контракта, в котором описывается результат заключенных договоренностей. В связи с этим разделены понятия «процесс» и «результат», при этом понятие «процесс» детализировано и отдельно рассмотрен уровень «ресурсы». Изучены и проанализированы возможности использования для решения проблем производительности

ресурсов – многоуровневой модели планирования (рис. 2). Сделан вывод о возможности использования многоуровневой модели планирования для моделирования будущих практических результатов исследования связанных с решением проблем снижения производительности труда на всех уровнях управления проектом.



Рисунок 2. Уровни управления проектом

Далее изучены возможности, особенности, недостатки и преимущества современного инструмента гибкого управления проектами под названием Scrum и было зафиксировано два аспекта методологии: первый, что в один из методов стандартного контроля процессов входит метод освоенного объема Earned Value Analysis (EVA), с помощью которого анализируют фактическую производительность проекта, и второй аспект, самостоятельное стремление Scrum-команды к постоянному увеличению уровня производительности труда.

Во второй главе исследования разработан «Декомпозированный метод освоенного объема». Введено новое понятие «Исполнительные ресурсы» (англ. Executive Resources) – суммарное количество трудовых и нетрудовых ресурсов для показателя V_E :

$$V_E = \sum (V_L + V_{NL}), \quad (2)$$

где V_E – объем исполнительных ресурсов, V_L – объем трудовых ресурсов, V_{NL} – объем нетрудовых ресурсов.

Переименован k_E – коэффициент производительности исполнительных ресурсов:

$$k_E = \frac{V_M}{V_E}, \quad (3)$$

где k_E – коэффициент производительности исполнительных ресурсов, V_E – Объем исполнительных ресурсов, V_M – объем выполненных работ.

На основании логики расчета k_E – коэффициента производительности исполнительных ресурсов разработана структура WBS с «Ресурсно-контрактным» принципом декомпозиции (рис. 3).

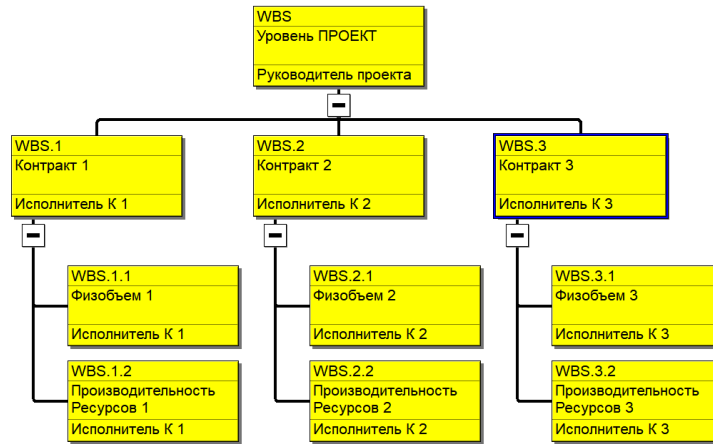


Рисунок 3. Ресурсно-контрактный принцип декомпозиции WBS

Введено следующее правило: если сумма материальных ресурсов в узле $WBS = 0$, то для данного уровня количество уровней = 1, а показатель производительности $k_{E(l+1)}$ для этого уровня рассчитывается как отношение объема материальных ресурсов вышележащего уровня $V_{M(l)}$ к объему исполнительных ресурсов $V_{E(l+1)}$.

$$k_{E(l+1)} = \frac{V_{M(l)}}{V_{E(l+1)}}, \quad (4)$$

где $k_{E(l+1)}$ – коэффициент производительности исполнительных ресурсов для уровня $l+1$, $V_{M(l)}$ – объем материальных ресурсов для узла WBS (физический объем) l , $V_{E(l+1)}$ – объем исполнительных ресурсов для уровня $l+1$.

Разработана логическая модель управления производительностью для операций календарно-сетевых графика (рис. 4).

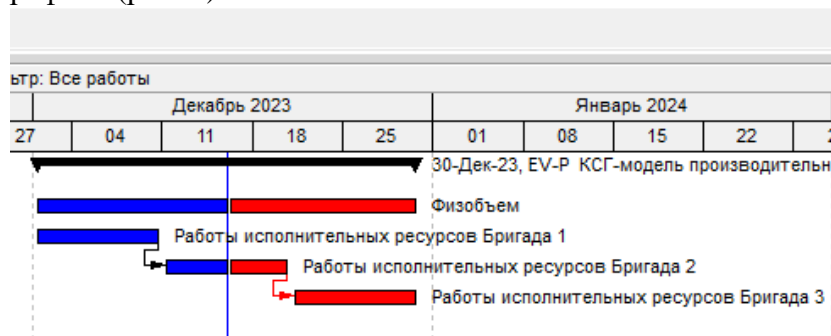


Рисунок 4. Логика управления производительностью исполнительных ресурсов на Диаграмме Гантта

Введены новые термины, показатели и формулы их расчета:

1) PR_E – *Productivity Ratio of Executive Resources* – базовый показатель производительности исполнительных ресурсов для идеального состояния завершенного проекта в котором фактические показатели равны плановым:

$$PR_E = \frac{PV - PV_E}{PV_E} = \frac{EV - EV_E}{EV_E} = \frac{AC - AC_E}{AC_E} = k_E, \quad (5)$$

где: PR_E – *Productivity Ratio of Executive Resources* – базовый показатель производительности исполнительных ресурсов; k_E – коэффициент производительности исполнительных ресурсов; PV – плановый объем; PV_E – плановый объем исполнительных ресурсов.

2) $PR_{E(plan)}$ – *Planned Productivity Ratio of Executive Resources* – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов.

Определение нормативной производительности исполнительных ресурсов для отдельных работ, рассчитывается по следующей формуле:

$$PR_{E(plan)} = \frac{PV - PV_E}{PV_E}, \quad (6)$$

где: $PR_{E(plan)}$ – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов операции; PV – плановый объем; PV_E – плановый объем исполнительных ресурсов.

Нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов $PR_{E(plan)}$ равен коэффициенту плановой производительности исполнительных ресурсов $k_{E(plan)}$:

$$PR_{E(plan)} = k_{E(plan)}, \quad (7)$$

где: $PR_{E(plan)}$ – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов операции; $k_{E(plan)}$, коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов.

3) $PR_{E(act)}$ – Actual Productivity Ratio of Executive Resources – *показатель фактической производительности исполнительных ресурсов операции*, при условии, если он будет рассчитывается по следующей формуле:

$$PR_{E(act)} = \frac{AC - AC_E}{AC_E}, \quad (8)$$

где: $PR_{E(act)}$ – *показатель фактической производительности исполнительных ресурсов для отдельной операции*; AC_E – фактическая стоимость исполнительных ресурсов операции; AC – фактическая стоимость операции.

В случае, если значения показателей EV_M и AC_M не равны друг другу или превышение/изменения физических объемов строительной продукции не утверждены в новом базовом плане, то существует необходимость использовать другой подход к определению производительности исполнительных ресурсов, для чего был выведен

4) $PR_{E(earned)}$ – Earned Productivity Ratio of Executive Resources – *показатель освоенной производительности исполнительных ресурсов операции*;

$$PR_{E(earned)} = \frac{EV_M}{AC_E}, \quad (9)$$

где: $PR_{E(earned)}$ – *показатель освоенной производительности исполнительных ресурсов операции*; EV_M – освоенный физический объем операции; AC_E – фактическая стоимость исполнительных ресурсов операции.

5) $TCPI_E$ – To Complete Executive Resources Performance Index – *индекс требуемой производительности исполнительных ресурсов или прогнозный показатель производительности*:

$$TCPI_E = \frac{BAC_M - EV_M}{BAC_E - AC_E} \quad (10)$$

где: $TCPI_E$ – *индекс требуемой производительности исполнительных ресурсов*; BAC_E – бюджет по завершении для исполнительных ресурсов; BAC_M – бюджет по завершении для физического объема; EV_E – физический освоенный объем; AC_E – фактическая стоимость исполнительных ресурсов.

Рассмотрены формулы определения производительности для узлов WBS:

6) $PR_{E(plan)wbs}$ – Planned Productivity Ratio of Executive Resources – *нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов для узла WBS*:

$$PR_{E(plan)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n PV_{mi}}{\sum_{i=m}^n PV_{ei}}, \quad (11)$$

где: $PR_{E(plan)wbs}$ – *нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов для узла WBS*; $\sum_{i=m}^n PV_{ei}$ – плановый объем группы исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n PV_{mi}$ – *плановый физический объем материальных ресурсов для узла WBS*.

7) Коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов $k_{E(plan)}$:

$$k_{E(plan)} = \frac{\sum_{i=m}^n V_{M(plan)i}}{\sum_{i=m}^n V_{E(plan)i}} \quad (12)$$

где: $k_{E(plan)wbs}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n V_{M(plan)i}$ – плановый физический объем для узла WBS; $\sum_{i=m}^n V_{E(plan)i}$ – плановый объем исполнительных ресурсов для узла WBS.

8) $PR_{E(act)wbs}$ – Actual Productivity Ratio of Executive Resources – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов для узла WBS:

$$PR_{E(act)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n AC_{Mi}}{\sum_{i=m}^n AC_{Ei}} \quad (13)$$

где: $PR_{E(act)wbs}$ – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n AC_{Ei}$ – фактическая стоимость исполнительных ресурсов для узла WBS;

$\sum_{i=m}^n AC_{Mi}$ – фактический объем материальных ресурсов для узла WBS, или фактический физический объем.

9) Коэффициент фактической производительности исполнительных ресурсов $k_{E(act)wbs}$:

$$k_{E(act)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n V_{M(act)i}}{\sum_{i=m}^n V_{E(act)i}} \quad (14)$$

где: $k_{E(act)wbs}$ – коэффициент фактической производительности исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n V_{M(act)i}$ – фактический физический объем для узла WBS; $\sum_{i=m}^n V_{E(act)i}$ – фактический объем исполнительных ресурсов для узла WBS.

10) $PR_{E(earned)wbs}$ – Earned Productivity Ratio of Executive Resources – показатель освоенной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS:

$$PR_{E(earned)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n EV_{Mi}}{\sum_{i=m}^n AC_{Ei}} \quad (15)$$

где: $PR_{E(earned)wbs}$ – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n AC_{Ei}$ – фактическая стоимость объема исполнительных ресурсов для узла

WBS; $\sum_{i=m}^n EV_{Mi}$ – освоенный объем материальных ресурсов для узла WBS;

11) Коэффициент освоенной производительности исполнительных ресурсов $k_{E(earned)wbs}$:

$$k_{E(earned)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n V_{M(earned)i}}{\sum_{i=m}^n V_{E(act)i}} \quad (16)$$

где: $k_{E(earned)wbs}$ – коэффициент освоенной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n V_{M(earned)i}$ – освоенный физический объем для узла WBS; $\sum_{i=m}^n V_{E(act)i}$ – фактический объем исполнительных ресурсов для узла WBS.

12) $TCPI_{Ewbs}$ – To Complete Executive Resources Performance Index – индекс требуемой производительности исполнительных ресурсов для узла WBS:

$$TCPI_{Ewbs} = \frac{BAC_{Mwbs} - \sum_{i=m}^n EV_{Mi}}{BAC_{Ewbs} - \sum_{i=m}^n AC_{Ei}} \quad (17)$$

где: $TCPI_{Ewbs}$ – индекс требуемой производительности исполнительных ресурсов для узла WBS; BAC_{Mwbs} – бюджет по завершении для физического объема для узла WBS; BAC_{Ewbs} – бюджет по завершении для исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n AC_{Ei}$ – фактическая стоимость

исполнительных ресурсов для узла WBS; $\sum_{i=m}^n EV_{Mi}$ – физический освоенный объем для узла WBS.

Для использования эффекта увеличения производительности исполнительных ресурсов Scrum-команд и планирования нормативного показателя производительности исполнительных ресурсов будущих проектов, служит следующий показатель:

13) $newPV_E$ – New Executive Resources Planned Value – новый плановый объем исполнительных ресурсов:

$$newPR_{E(plan)} = PR_{E(plan)} \times L_d \quad (18)$$

где: $newPV_E$ – новый плановый объем исполнительных ресурсов; PV_E – плановый объем исполнительных ресурсов; L_d – десятичный коэффициент обучения.

В третьей главе исследования для подтверждения научных положений и проверки возможности практического использования разработанных: «Ресурсно-контрактного» принцип декомпозиции WBS, новых показателей производительности «Декомпозированного метода освоенного объема», была использована многоуровневая модель планирования, реализованная в ИСУП Oracle Primavera P6 Professional (рис. 5).

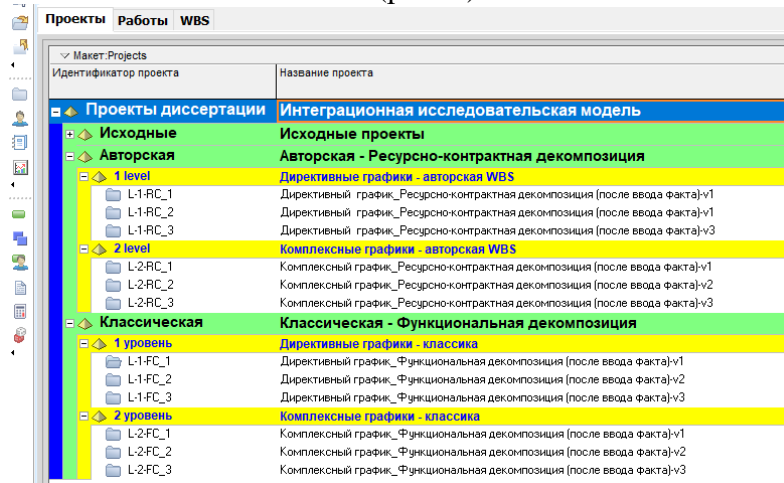


Рисунок 5. Интеграционная исследовательская модель

В интеграционной исследовательской модели рассматриваются два типа декомпозиции: предложенная Ресурсно-контрактная и классическая Функциональная. Каждый тип декомпозиции WBS использовался при построении календарно-сетевых графиков трех уровней, выполненных с моделированием плановых и фактических данных в двух сценариях реализации условного строительного проекта. Первый сценарий предназначен для калибровки исходных данных в ситуации ПЛАН=ФАКТ. Второй сценарий моделирует ситуацию возникновения негативных отклонений фактических данных от плановых. При сравнительном анализе данных по Сценарию 2 было определено, что значения показателей классического метода освоенного объема не дают точной информации о производительности исполнительных ресурсов, а использование показателей декомпозированного метода освоенного объема подтвердили научную гипотезу. После анализа полученных данных с использованием разработанных показателей декомпозированной методики освоенного объема для узла Объем исполнительных ресурсов, (табл. 1).

Таблица 1. Расчет значения показателей BEVM для узла Объем исполнительных ресурсов строительных работ проекта L-2-RC_2

Наименование показателя производительности исполнительных ресурсов	Значение	Значение $\Delta k_{E(wbs)} \%$	Комментарий	
Базовый показатель производительности	PR_E	2.23	нет	Сравнение возможно по окончании проекта
Нормативный показатель производительности	$PR_{E(plan)}$	2.36	нет	
Фактический показатель производительности	$PR_{E(act)}$	2.25	-4.8%	
Освоенный показатель производительности	$PR_{E(earned)}$	2.16	-8.5%	
Индекс требуемой производительности	$TCPI_E$	2.24	-5.2%	

Уточненный расчет подтвердил вывод о возможности использования показателей декомпозированного метода освоенного объема для оперативного расчета показателей производительности исполнительных ресурсов в течение всего жизненного цикла условного строительного проекта, рассмотренного в интеграционной исследовательской модели, включающего в себя такие этапы жизненного цикла как: проектирование (включая предпроектные работы), строительные работы (включая подготовительные работы), монтажные работы и ввод в эксплуатацию (рис. 6).

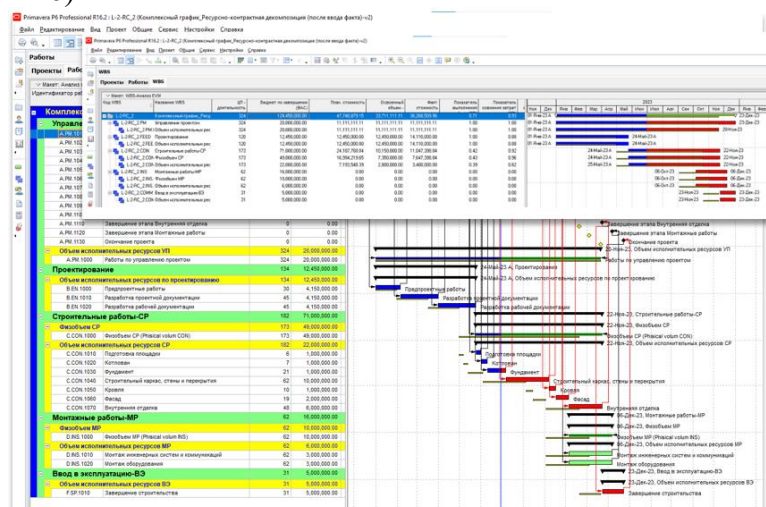


Рисунок 6. WBS и Комплексный график проекта 2-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией в интеграционной исследовательской модели

При этом, полученное решение применимо и другим этапам жизненного цикла объекта строительства, как совокупность отдельных проектов разработки, создания, развертывания, продления эксплуатации, модернизации и утилизации (рис. 7).

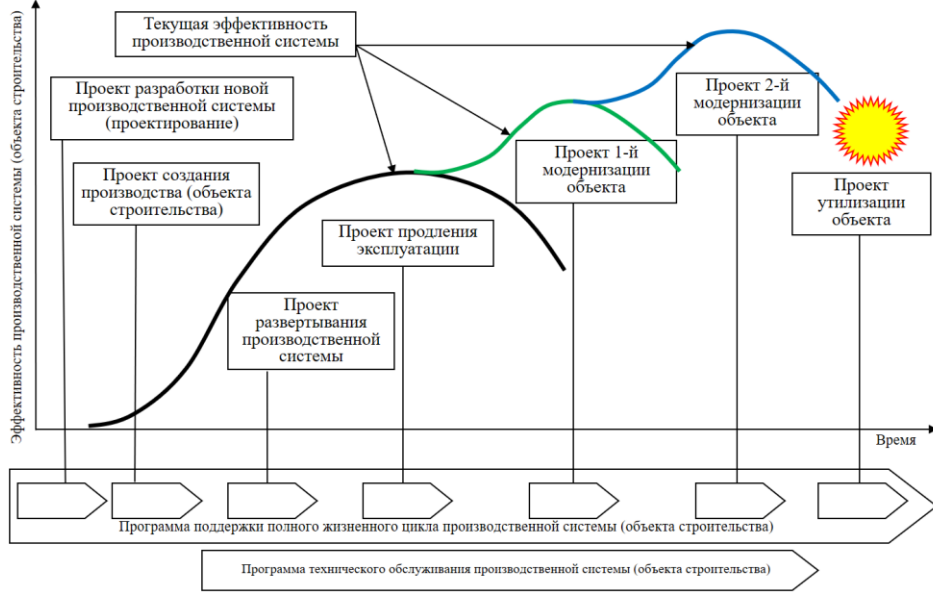


Рисунок 7. Этапы жизненного цикла объекта строительства (пример)

Программа поддержки полного жизненного цикла объекта строительства может состоять из ежегодных Программ технического обслуживания и текущих ремонтов объекта строительства, которые состоят из проектов, реализуемых на протяжении всего жизненного цикла объекта строительства.

В четвертой главе определены алгоритм практического использования показателей производительности «Декомпозированного метода освоенного объема», разработана пошаговая последовательность действий применительно к трехуровневой модели планирования и управления строительным проектом (рис. 8).

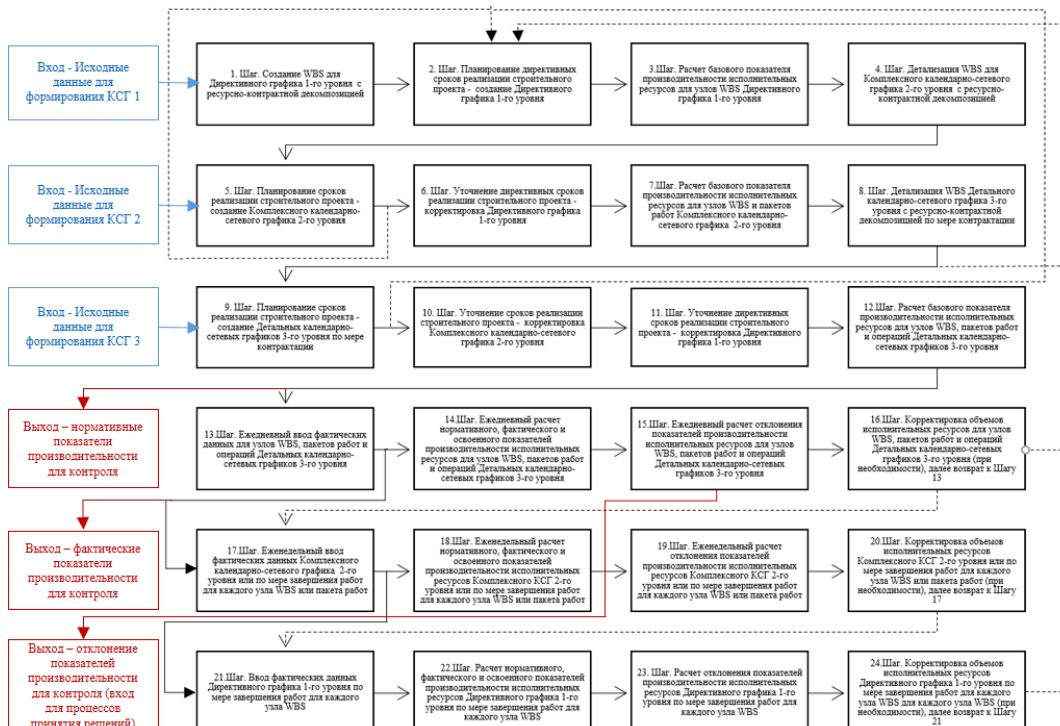


Рисунок 8. Пошаговая последовательность практического использования показателей производительности «Декомпозированного метода освоенного объема»

Разработаны Рекомендации по практическому использованию показателей производительности «Декомпозированного метода освоенного объема» для каждого уровня многоуровневой модели управления проектом и подтверждена экономическая эффективность использования результатов исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать выводы и предложения, которые в дальнейшем могут послужить действенным инструментом повышения уровня производительности исполнительных ресурсов строительных проектов, а также определить направления дальнейшего научного поиска в данной предметной области.

1. На основе произведенного анализа существующих исследований, стандартов, методологий и опыта их применения был выявлен перечень внутренних недостатков метода освоенного объема, относящихся к параметрам производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

2. Исследование подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта было выявлено основные недостатки, препятствующие решению вопросов управления уровнем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

3. В результате анализа выявленных недостатков метода освоенного объема и подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта были сделаны выводы о причинах их возникновения.

4. В процессе поиска способов устранения недостатков методики освоенного объема и подходов к формированию WBS была предложена к использованию оптимальная, иерархическая структура содержания проекта, получившая название «Ресурсно-контрактной декомпозиции содержания проекта», необходимой для решения задач управления уровнем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительных проектах на протяжении жизненного цикла объектов строительства;

5. По завершению анализа существующих методологий и практик использования гибкого управления проектами были выявлены основные преимущества инструмента Scrum, и определена возможность их использования в процессах управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов.

6. В процессе исследования интеграционных процессов между методом освоенного объема, оптимальной иерархической структуры содержания проекта и инструментом Scrum, была определена взаимосвязь, а также смоделированы процессы, позволяющие влиять на эмпирические проблемы управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла объектов строительства.

7. В дополнение к существующим, были разработаны одиннадцать новых показателей метода освоенного объема, что стало инструментом для решения проблем управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов, получившего название «Декомпозированная методика освоенного объема».

8. Для подтверждения научной гипотезы была разработана интеграционная исследовательская модель для апробации новых подходов и инструментов управления производительностью исполнительных ресурсов на протяжении жизненного цикла строительных проектов.

9. В процессе апробации была подтверждена научная обоснованность использования новых подходов и инструментов управления производительностью исполнительных ресурсов в процессах управления жизненным циклом объектов строительства.

10. По результатам апробации были сформулированы основные условия, последовательность и порядок применения показателей декомпозированного метода освоенного объема, а также рекомендации по применению показателей декомпозированного метода освоенного объема могут быть использованы как практические рекомендации по управлению производительностью исполнительных ресурсов в технологических процессах, происходящих при

реализации инвестиционно-строительных проектов в процессах управления жизненным циклом объектов строительства.

По результатам апробации были сделаны выводы, что экономический эффект от использования «Декомпозированной методики освоенного объема» может составить минимум 6-9% от стоимости реализации средних строительных проектов за счет увеличения скорости управленческой реакции на факт отклонения уровня производительности в 30 раз.

В процессе исследовательской работы, в октябре 2022 года были запущены в промышленную эксплуатацию сервисы искусственного интеллекта (англ. Artificial Intelligence (AI)) на базе компьютерных нейросетей, которые развиваются быстрыми темпами, что заставило многих ученых задуматься об использовании искусственного интеллекта в практике научных исследований и предметных областей, таких как, например, управление проектами.

Декомпозированный метод освоенного объема в сочетании с другим инновационным инструментом – технологией Smart Contract, как системой моделирования взаимоотношений участников проекта в цифровом формате с интеграцией AI может стать основой для разработки новых технологий в практике управления проектами, например, для машинного обучения систем планирования, проектирования, анализа, визуального контроля, сбора и обработки фактических данных с перспективой принятия управленческих решений.

Сформулированное в настоящем исследовании понятие *исполнительных ресурсов* предусматривает перспективу использования робототехники в процессах строительства, что может позволить со временем, реализовывать строительные проекты полностью без участия человека, развивая множество других смежных и дисциплинарных научных направлений придавая и усиливая научный и практический потенциал данной диссертации в обозримом будущем.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ

1. Опарина Л.А., Барзыгин Е.А. Оперативное управление производительностью исполнительных ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов // Строительное производство. – 2023. – № 4. С. 128-135.
2. Опарина Л.А., Барзыгин Е.А. Практическое использование многоуровневой модели планирования как метода управления жизненным циклом проекта строительства // Строительство и архитектура. – 2024. – Т.12, Вып. 1 (42). – С. 7-7.
3. Опарина Л.А., Гриднева Я.А., Барзыгин Е.А. Оценка эффективности системы управления крупномасштабными строительными проектами в течение их жизненного цикла // Строительство и архитектура. – 2024. – Т.12, Вып. 1 (42). – С. 6-6.

Статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий и международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ

4. Титунин А.А., Вахнина Т.Н., Сусоева И.В., Румянцева В.Е., Барзыгин Е.А. К вопросу повышения пожарной безопасности объектов при реализации инвестпроектов в текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2023. – №6 (408). С. 214-221.

Статьи, опубликованные в других научных журналах и изданиях:

5. Барзыгин Е.А. Применение современного инструмента управления проектами Scrum для управления жизненным циклом строительных объектов // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений Сборник научных трудов. № 11. Иваново, 2023. – С. 8-18.
6. Опарина Л.А., Гриднева Я.А., Барзыгин Е.А. Формирование типа жизненного цикла инвестиционно-строительных проектов в современных условиях // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений Сборник научных трудов. № 11. Иваново, 2023. – С. 18-23.