

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи



Барзыгин Евгений Александрович

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

2.1.14 Управление жизненным циклом объектов строительства

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент, советник РААСН
Опарина Людмила Анатольевна



Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
<p>ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДОВЫХ И НЕТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ</p>	
1.1. Анализ и выделение основных современных методов определения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительной отрасли..	17
1.2. Анализ основных положений и особенностей метода освоенного объема, применительно к решению вопросов производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительстве	28
1.3. Анализ существующих подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта как основного метода снижения неопределенности в принятии управленческих решений	40
1.4. Анализ подходов к формированию модели контрактации строительных проектов на примере стандартного контракта ЕРС по версии FIDIC	47
1.5. Анализ существующих подходов к формированию многоуровневой модели планирования проекта	51
1.6. Анализ возможностей, особенностей, недостатков и преимуществ современного инструмента гибкого управления проектами Scrum	60
Выводы по главе 1.....	66
<p>ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ДЕКОМПОЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ОСВОЕННОГО ОБЪЕМА.....</p>	
2.1. Разработка основы интеграционной исследовательской модели	68
2.2. Разработка показателей управления производительностью исполнительных ресурсов	75

2.3. Формулировка механизма управленческого воздействия на параметры производительности исполнительных ресурсов	93
Выводы по главе 2.....	96
ГЛАВА 3. ПРОВЕРКА И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ МОДЕЛИ	98
3.1. Описание интеграционной исследовательской модели.....	98
3.2. Моделирование и калибровка данных календарно-сетевых графиков 1-го варианта условного проекта.....	104
3.2.1. Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с «Функциональной» декомпозицией WBS	104
3.2.2. Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с «Функциональной» декомпозицией WBS	106
3.2.3. Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с «Ресурсно-контрактной» декомпозицией WBS	107
3.2.4. Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с «Ресурсно-контрактной» декомпозицией WBS	109
3.3. Моделирование и анализ данных календарно-сетевых графиков 2-го варианта условного проекта.....	111
3.3.1. Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с «Функциональной» декомпозицией WBS	111
3.3.2. Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с «Функциональной» декомпозицией WBS	113
3.3.3. Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с «Ресурсно-контрактной» декомпозицией WBS	115
3.3.4. Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с «Ресурсно-контрактной» декомпозицией WBS	118

3.3.5. Исходные данные и анализ Детального графика 3-го уровня с «Ресурсно-контрактной» декомпозицией WBS	120
3.3.6. Моделирование управленческого воздействия на значение плановой производительности исполнительных ресурсов строительного проекта	129
Выводы по главе 3.....	136
ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	138
4.1. Основные условия, последовательность и порядок применения показателей декомпозированной методики освоенного объема.....	138
4.2. Потенциальный экономический эффект по применению показателей декомпозированной методики освоенного объема.....	146
Выводы по главе 4.....	150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	151
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	154
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ФГБОУ ВО «ИВГПУ»	167
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ЧОУ ДПО «ГАЗПРОМ КОРПОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ»	168
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ ОТ АО «ГАЗСТРОЙПРОМ».....	169
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ ОТ ООО «ИРИСОФТ ИНВЕСТ».....	170

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. 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. Создание цифровых двойников объектов капитального строительства на этапах проектирования и их корректировка на этапах строительства и эксплуатации предполагают также и изменение процессов управления проектами на всех этапах их жизненного цикла. При этом цифровизация должна способствовать повышению производительности труда и сокращению организационных процедур, а не появлению дополнительных затрат ресурсов и времени на их реализацию.

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 гг. 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 по 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. Согласно сравнительному макроэкономическому анализу рейтинга производительности труда в строительной отрасли, представленному в исследовании и авторской методике Е. А. Андреевой [18], Россия занимает 4 место из пяти рассматриваемых стран, в 2,6 раз уступая Франции, в 2,2 раза отставая от США и в 1,8 раз от Германии. Стоит отметить, что, начиная с 2008 г.

наблюдается негативная динамика с последующей стагнацией показателей производительности труда в США и странах ЕС, что придает данному вопросу статус глобальной проблемы [51, 83].

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.

Основным элементом в процессах управления жизненным циклом объектов строительства является понятие «Проект» – уникальное по своим характеристикам и действующее в обозримом будущем предприятие, ограниченное таким приоритетными требованиями, как сроки, стоимость и качество, определяющих конечный результат и используемые как критерии эффективности процессов реализации проекта. Совокупная эффективность процессов реализации строительных проектов определяет эффективность процессов всей строительной отрасли в целом.

На эффективность процессов реализации проекта влияет множество факторов, включая неопределенность, но одним из наиболее влиятельных является потребность в ресурсах, рациональное использование которых определяет экономическую эффективность данного предприятия. Совокупная экономическая эффективность также определяет экономическую эффективность всей строительной отрасли.

Ресурсы, используемые в строительстве, в свою очередь, имеют собственные параметры, свойства и ограничения, которые явным образом влияют на важнейший параметр – время, иными словами, сроки реализации проекта. Распределяя ресурсы во времени их потребления с учетом технологии строительства и требований к параметрам качества, определяется их точное количественное выражение, а при математическом умножении полученного количества на расценку ресурса, именно ресурсы определяют значительную стоимость проекта. Таким образом, строительные ресурсы, а также процессы их рационального потребления с точки зрения влияния на эффективность строительной отрасли определяют актуальность исследования.

В строительстве всегда существовали нормы потребления ресурсов, но с учетом уникальности каждого проекта, инновационных изменений, постоянно сопровождающих прогрессивное развитие технологии строительства, с учетом принятия различных от проектов-аналогов технических решений, а также изменений различных, в том числе физических свойств непосредственно самих строительных ресурсов, процессы нормирования, необходимые для планирования и контроля использования ресурсов является постоянно изменяющимся процессом в каждом строительном проекте. Иными словами, нормы потребления ресурсов носят изменчивый характер, что является проблемой для процессов их рационального использования.

Возможность обеспечения заданных сроков, стоимости, качества, а также экологичности и конкурентоспособности строительной продукции с учетом эффективности использования ресурсов напрямую зависит целого ряда факторов, формирующих цепочки причинно-следственных связей в процессах решения управленческих задач по достижению максимальной эффективности инвестиционно-строительного проекта на протяжении его жизненного цикла.

В процессах управления проектами постоянно возникает необходимость в использовании универсальных измерителей эффективности и на уровне управления ресурсами, важнейшим из таких измерителей является показатель производительности трудовых ресурсов. Если рассматривать измерители эффективности для каждого из представленных типов ресурсов, то стоит остановиться на одном из

наиболее влиятельных с точки зрения процессов управления – на показателе производительности трудовых ресурсов, который является важнейшим фактором конкурентоспособности строительной отрасли.

Таким образом, актуальность и обоснованность выбранной темы научной работы обусловлена целым рядом как глобальных факторов:

- высокая степень проблематики, выраженная в необходимости и важности повышения уровня производительности труда в мировой строительной отрасли;

- высокая степень влияния рисков в виде снижения уровня производительности труда на параметры эффективности реализации проектов в части сроков, стоимости, качества и конкурентоспособности строительной продукции;

- необходимость повышения эффективности результатов реализации проектов за счет совершенствования и улучшения инструментов управления проектами, в частности за счет управления производительностью в строительной отрасли;

- наличие ограничений применения и недостатков использования в существующих методах и инструментах управления проектами используемых в части решения проблем снижения производительности;

- недостаточное количество научных исследований, посвящённых проблемам исследования методики освоенного объема;

- наличие возможности для совершенствования существующих методов управления проектами с потенциалом их совместного использования для решения задач по увеличению параметров производительности ресурсов;

- необходимость цифровизации полученных результатов, так и факторов присущих строительной отрасли России:

- наличие различий и ограничений в подходах использования международных методик и практик для решения задач повышения производительности труда в строительной отрасли связанных с внутригосударственным нормативным регулированием;

- наличие существенного отставания в показателях производительности труда от аналогичных показателей у мировых лидеров в строительной отрасли;

- необходимостью увеличения эффективности использования ресурсов и повышения уровня конкурентоспособности национальной строительной отрасли.

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. Клефт, Т. Скайтгермоен, 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 методики освоенного 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 производительность 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 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 моделировать 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.

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 изу-

чены 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 по 2022 гг. 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.

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 ав-

томатизации и цифровизации процессов жизненного цикла строительных проектов, позволяющее точнее оценить уровень производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

2. Процессной модели и методики управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов «Декомпозированная методика освоенного объема», являющейся авторской разработкой и отличающаяся 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.

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 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.

Личный вклад автора диссертации заключается в формулировке первоначальной научной гипотезы исследования, 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.

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 производительно-

стью исполнительных ресурсов позволяют повысить качество принятия управленческих решений и, таким образом, могут влиять на достижение ключевых показателей реализации строительных проектов, таких как сроки, стоимость и качество.

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, ТОМИС – 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, из них 3 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, на соискание ученой

степени доктора наук и 1 работа в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus.

Структура и объем работы. Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение, библиографический список из 123 позиций и приложений. Содержание работы изложено на 170 страницах, насчитывает 23 таблицы, 62 рисунка и 68 формул.

Содержание диссертации соответствует пунктам 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.

ГЛАВА 1. ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ТРУДОВЫХ И НЕТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ

1.1. Анализ и выделение основных современных методов определения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительной отрасли

В процессе написания диссертационной работы был произведен анализ практических руководств, сводов знаний, рекомендованных практик, стандартов в области методологии управления проектами [2-4, 9, 84, 87-93, 102-103], и стоимостного инжиниринга [5, 10-14, 97-100] применительно к вопросам темы исследования: TOTAL COST MANAGEMENT FRAMEWORK An Integrated Approach to Portfolio, Program, and Project Management Second Edition (AACEI), DEVELOPING THE PROJECT WORK BREAKDOWN STRUCTURE (AACEI) [10], ISO 21508 Earned value management in project and programme management [87], ISO 21511 Work breakdown structure for project and programme management [88], PMBOK 6th (PMI) [89], The Standard for Earned value management (PMI) [90], Practice Standard for Work breakdown structure 3d (PMI [91]), Earned Value Management (EVM) Implementation Handbook (NASA) [93], Work breakdown structure Handbook (NASA) [95], Work breakdown structure Handbook (U. S. Department of Energy) [97], A Guide to the SCRUM BODY OF KNOWLEDGE (SBOK™ GUIDE) Third Edition Includes two chapters about Scaling Scrum for Large Projects and the Enterprise [84] и другие. Также были изучены вопросы содержания публикаций в журналах: «Управление проектами», «Управление проектами и программами», «Интернейшенл Джорнал оф Проджект Менеджмент» (International Journal of Project Management), «Проджект Менеджмент Джорнал» (Project Management Journal) и других источниках.

Управление проектами, прежде всего, является практической дисциплиной, поэтому большая часть информации по ней содержится в форме практических руководств [4, 9, 91, 93-66] международных и национальных ассоциаций, институциональных союзов, корпораций, а также министерств и ведомств.

В результате анализа было выделено шесть основных направлений первой части диссертационного исследования:

- первым направлением исследования стало изучение, анализ и выделение основных современных методов определения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительной отрасли, являющихся базовой конструкцией для всех пяти направлений исследований [12-14, 18, 36-42, 43, 44, 48, 56, 62, 68, 73, 75, 79, 82, 92, 93, 98, 99-102, 104, 111, 113, 114, 117, 120, 123];

- вторым направлением исследования стало изучение и анализ основных положений и особенностей метода освоенного объема, применительно к решению вопросов производительности трудовых и нетрудовых ресурсов на протяжении всего жизненного цикла объектов строительства [5, 10, 45-47, 53, 57, 84-86, 87, 90, 94, 107-110, 116];

- третьим направлением исследования стало изучение и анализ существующих подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта как основного метода снижения неопределенности в принятии управленческих решений, в том числе в вопросах производительности трудовых и нетрудовых ресурсов на протяжении всего жизненного цикла объектов строительства [9, 10, 25, 29-34, 52, 53, 57, 62, 77, 88, 89, 91, 92, 95, 97, 98, 102, 111];

- четвертым направлением исследования в поиске решения проблем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов после определения недостатков и их причин в инструментах методике освоенного объема в сочетании с использованием и методах декомпозиции содержания проекта стало изучение подходов к формированию модели контрактации на примере стандартного контракта ЕРС по версии FIDIC [1, 21, 22, 28, 38, 62, 67, 86];

- пятым направлением исследования в поиске решения проблем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов стало изучение многоуровневой модели планирования и реализации строительных проектов [5, 8, 9, 10, 13, 29-35, 52, 59, 60, 62, 77, 92, 98, 100, 103, 114];

- шестым направлением исследования в поиске решения путей повышения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов явилось изучение особенностей, недостатков, преимуществ и возможностей применения в исследовании современного инструмента гибкого управления проектами под названием Scrum [16, 17, 18, 19, 41, 50, 58, 61, 69, 72, 74, 76, 78, 84, 117, 118, 120, 123].

Начиная рассмотрение направлений исследования, необходимо определиться с используемыми в работе основными понятиями и терминами.

Первым и самым важным понятием является понятие «Управление проектом», под которым подразумевается стандартный алгоритм действий руководителя проекта, который представляет собой цикл из четырех процессов: Планирование → Действие → Проверка → Корректировка (PDCA англ. Plan-Do-Check-Act), разработанный Уолтером Эндрю Шухартом [116] и усовершенствованный Уильямом Эдвардом Демингом [82], рис. 1:

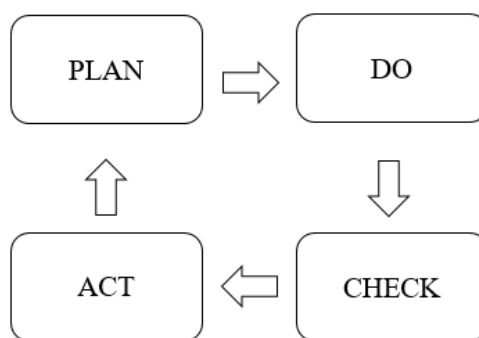


Рисунок 1. Цикл Деминга-Шухарта

Для достижения целей проекта руководителю необходимо повторять процессы данного алгоритма на протяжении всех этапов жизненного цикла реализации инвестиционно-строительного проекта.

Второе понятие – «Этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта» (в соответствии с ГОСТ Р 58179–2018 «Инжиниринг в строительстве. Термины и определения») включают: фазу инициирования (предынвестиционный этап и предпроектный этап); фазу проектирования и планирования (предварительное проектирование (финансовые, экономические, технические, социальные, экологические и прочие аспекты), бизнес-планирование и моделирование жизненного цикла); фазу реализации проекта (включая поставку материально-технических ресурсов и оборудования, строительство, пусконаладочные работы и сдачу в эксплуатацию) [8, 10, 19, 25, 31], рис. 2:

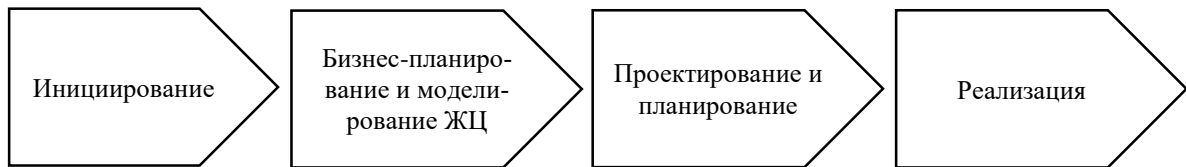


Рисунок 2. Этапы жизненного цикла инвестиционно-строительного проекта

Этапы жизненного цикла проекта являются частью Программы проектов – этапов жизненного цикла объекта строительства, рис. 3:

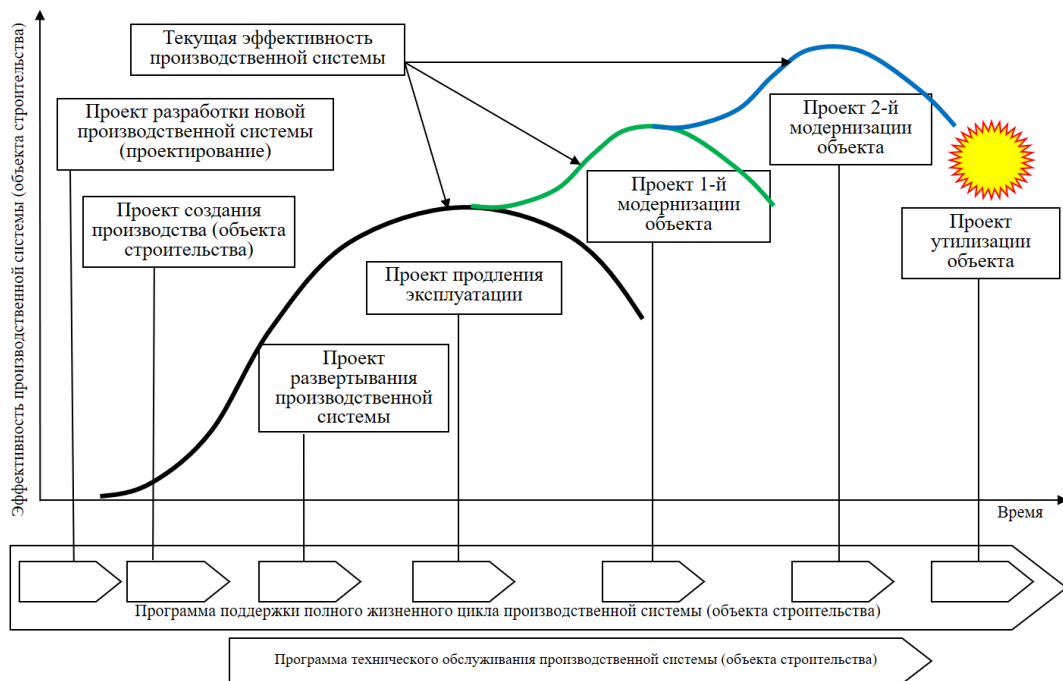


Рисунок 3. Этапы жизненного цикла объекта строительства (пример)

Помимо рассмотренной выше совокупности отдельных проектов разработки, создания, развертывания, продления эксплуатации, модернизации и утилизации, 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, что говорит непрерывности исследуемых процессов.

В настоящем исследовании понятие «управление проектом» направлено на процессы управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов, поэтому рассмотрено третье понятие – «ресурсы проекта».

В методологии управления строительными проектами [10] ресурсы принято разделять на три основных типа:

1. Материальные ресурсы (материалы, конструктивные элементы, оборудование и т. п., используемые в строительном производстве и являющиеся неотъемлемой частью строительного объекта; стоимость материальных ресурсов относится к прямым затратам и формирует стоимость объекта).

2. Нетрудовые ресурсы (оборудование, машины, механизмы, используемые для механизации строительного производства, но не являющиеся неотъемлемой частью строительного объекта; стоимость использования нетрудовых ресурсов также относится к прямым затратам и формирует стоимость объекта).

3. Трудовые ресурсы (человеческий труд, используемый в строительном производстве, но не являющиеся неотъемлемой частью строительного объекта; стоимость использования трудовых ресурсов также относится к прямым затратам и формирует стоимость объекта).

Следующим, четвертым понятием, которое используется в диссертационной работе, является «производительность» трудовых и нетрудовых ресурсов, подробно рассмотренное ниже, с выделением понятия «производительность труда» как производительность трудовых ресурсов.

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% [15, 29], рис. 4:

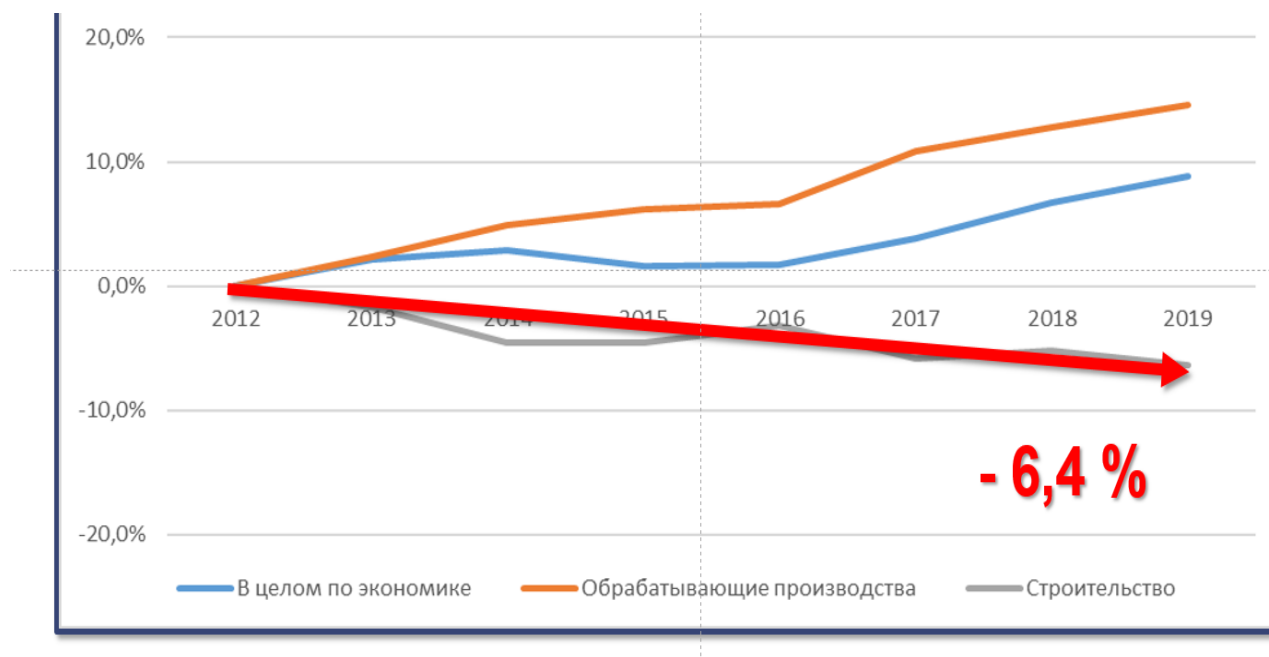


Рисунок 4. Производительность труда в строительной отрасли РФ

Таблица 1

Рейтинг производительности труда в строительстве на 2015 г.

Страна	Производительность труда, тыс. долл/чел.	Рейтинг производительности труда
Россия	28	4
США	62	2
Франция	72	1
Венгрия	27	5
Германия	51	3

В практике выделяют два ключевых критерия успеха управления проектом, это степень выполнения проекта по стоимости и в заданный срок, при этом производительность ресурсов обычно измеряют в количественном выражении. Традиционно сроки и стоимость реализации измеряются отдельно. Отклонения по срокам

рассматриваются в календарно-сетевом графике, а отклонение по стоимости в бюджете проекта. Отсутствие интеграции между двумя потоками проектных данных дают неполное представление о причинах отклонений ключевых критериев.

Решением, которое могло бы повлиять на проблемы интеграции данных ключевых критериев успеха проекта и производительности широкое распространение во многих отраслях бизнеса получил метод Earned Value Method (EVM) – Метод освоенного объема, который была разработана в середине 50-х гг. учеными из США. Интересен данный метод (или «методика» – данный термин может быть использован в разных источниках), прежде всего, своим простым в применении набором метрик, инструментов анализа и прогнозирования, в том числе показателей производительности. В российской практике управления проектами EVM получил свое применение в начале 2000-х гг., и при этом его использование во многом затрудняется ввиду различия практик планирования, сбора и анализа фактических данных по выполненным объемам строительных работ в России и в США. Метод освоенного объема не является основополагающим для управления именно производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов и содержит ряд ограничений своего применения, но при этом EVM имеет значительный потенциал использования в сочетании с другими методами, инструментами и практиками управления проектами, такими как:

- Work Breakdown Structure (WBS) – иерархическая структура работ (ИСР), иными словами, иерархическая структура содержания проекта, которая является методом структурной декомпозиции результатов;

- выбор контрактной стратегии реализации проекта, позволяющий формализовать процессы реализации проекта с учетом правовых аспектов ведения бизнеса;

- многоуровневая модель планирования, позволяющая планировать график и бюджет проекта в условиях постоянно изменяющихся проектных данных в сочетании изменяющимся числом участников проекта как на стратегическом, так и на операционном уровнях управления;

- метод оценки производительности трудовых и нетрудовых ресурсов;

- гибкие методы управления разработкой информационных технологий Scrum, которые возможно применить в строительной отрасли.

В связи с вышеизложенным, возникла необходимость исследования и анализа самого метода освоенного объема с целью разработки научно-обоснованных и практико-ориентированных предложений по совершенствованию данного инструмента управления и использованию для решения поставленной задачи данного исследования – в разработке 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.

Конкретизируя результаты исследований первого направления – методов определения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительстве, было выделено три основных общепринятых подхода:

1. Стоимостной метод определения производительности труда (производительности трудовых ресурсов) – наиболее распространенный метод, при котором объем произведенной продукции учитывается по ее стоимости, сметной или договорной за определенный период времени, статистически как правило, он составляет 1 год. Уровень производительности труда измеряется как стоимость определенного объема работ или услуг, приходящегося на одного рабочего [18]. Для расчета уровня производительности, на практике используют два показателя выработки: первый, W_m – выработка за единицу времени, определяет количество продукции в стоимостном выражении произведенное за определенный период (1):

$$W_T = \frac{Q_c}{T}, \quad (1)$$

где W_m – выработка за единицу времени;

Q_c – количество произведенной продукции, в стоимостном выражении;

T – время, затраченное на производство продукции, чел/час.

Второй показатель, W_c – выработка на одного человека, показывающий количество продукции в стоимостном выражении на одного работника, определяется

путем деления сметной стоимости (с учетом объема незавершенного производства) на фактическую среднесписочную численность (2), рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{с}}}{\text{Ч}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{ч}}$ – выработка на одного человека;

$Q_{\text{с}}$ – количество произведенной продукции, в стоимостном выражении;

Ч – фактическую среднесписочную численность, чел.

К преимуществам стоимостного метода относится простота использования и универсальность применения.

К недостаткам данного метода можно отнести следующее:

- влияние фактора цен на работы или услуги имеющего тенденцию к изменению стоимости в зависимости от уровня инфляции и рыночных отношений между участниками договорных обязательств;
- влияние фактора усредненности статистических показателей, таких как фактическая среднесписочная численность или период расчета.

Вышеизложенное послужило причиной обращения к другим методам измерения производительности.

2. **Натуральный метод** определения производительности труда – позволяет определить выработку рабочего в натуральных показателях по рабочим специальностям, по видам выполняемых работ или единицам готовой продукции. Формулы расчета уровня производительности аналогичны формулам (1) и (2) за исключением того, что Q – количество произведенной продукции измеряется в натуральных показателях, а $W_{\text{ч}}$ – выработка на одного человека и $W_{\text{м}}$ – выработка за единицу времени измеряются применительно к однородным объемам.

К недостаткам метода относят невозможность обобщения показателей производительности труда разнородных работ, что не позволяет сопоставлять и определять уровень производительности труда при строительстве объекта в целом.

3. Нормативный метод определения производительности труда – определяет фактический объем трудовых затрат к определенному объему работ по определенному нормативу. Нормативный показатель выработки определяется в нормо-часах и сравнивается с фактическими показателями.

Основными недостатками данного метода является: сложность в определении нормативной базы, проблемы актуализации существующих нормативов, достоверность нормативных данных, методы определения нормативов, отсутствие гибкости к происходящим изменениям окружения проекта, усредненность показателей и возможность информационного обмена данными.

К преимуществам метода, прежде всего, относится возможность его применения на любой из стадий строительного производства в любых подразделениях [40], производящих разнородную и незавершенную продукцию, которую невозможно измерить ни в натуральных, ни в стоимостных показателях, а также возможность анализа эффективности фактических результатов.

Обобщая недостатки существующих методов следует обратить внимание на невозможность их оперативного использования и сравнительного анализа с информацией из календарно-сетевых графиков, так как вышеописанные методы:

- не имеют связи с количеством фактически отработанных часов трудовыми ресурсами за рабочий день или смену, что означает невозможность определения фактического количества времени исполнителя, которое он потратил на получение фактического количества физического объема строительной продукции, т. е. не учитывается влияние переработки и интенсивности потребления ресурса, которая рассчитывается по формуле:

$$I_R = \frac{\sum t_R}{N_D}, \quad (3)$$

где I_R – интенсивность потребления (доступности) ресурса за один рабочий день (часов/день) – величина, позволяющая планировать потребление ресурсов исключая возникновение ресурсных конфликтов;

Σt_r – суммарное количество времени в часах, требуемое ресурсу для производства заданного объема продукции;

N_D – количество дней, требуемое ресурсу для производства заданного объема продукции;

- не использует информацию о количестве нетрудовых ресурсов (машин и механизмов), которые были использованы исполнителем для получения количества физического объема строительной продукции, что исключает возможность анализа степени механизации выполнения работ.

Учитывая недостатки вышеописанных методов, в качестве базового показателя для измерения производительности труда в данном исследовании предлагается использовать показатель k_P , являющийся отношением суммарного количества материальных ресурсов V_M , использованных для получения определенного конечного результата реализации проекта в форме физического воплощения за некоторое количество времени T и суммарного количества трудовых и нетрудовых ресурсов V_E :

$$k_P = \frac{V_M}{V_E}, \quad (4)$$

где: k_P – коэффициент производительности трудовых и нетрудовых ресурсов;

V_M – количество материальных ресурсов (физический объем) – величина, которая может быть выражена только в стоимостном выражении в связи с невозможностью суммирования количества объема, выраженного в разнородных физических единицах измерения;

V_E – суммарное количество трудовых и нетрудовых ресурсов – величина, которая может быть выражена как в количественном (человеко/часы или машино/часы), так и в стоимостном выражении.

Предполагается, что значение коэффициента производительности трудовых и нетрудовых ресурсов k_P уникально для каждого проекта или пакета работ поскольку является расчетной плановой величиной.

Таким образом, с учетом новой интерпретации под управлением производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов подразумевается циклично повторяющийся набор определенных действий руководителя проекта, направленный на удержание значения *коэффициента производительности трудовых и нетрудовых ресурсов* k_P в пределах плановых параметров.

Конкретизируя результаты исследований первого направления – методов определения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительстве было выделено три основных общепринятых метода определения производительности труда: стоимостной метод, натуральный метод и нормативный метод. Учитывая недостатки вышеописанных методов, в качестве базового показателя для измерения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в данном исследовании было предложено использовать показатель – *коэффициент производительности трудовых и нетрудовых ресурсов*.

1.2. Анализ основных положений и особенностей метода освоенного объема, применительно к решению вопросов производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительстве

Вторым направлением исследования стало изучение и анализ основных положений и особенностей метода освоенного объема, применительно к решению вопросов производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

Данный метод был принят за основу и рассмотрен в настоящем исследовании по двум объективным причинам:

- методика освоенного объема базируется на применении стоимостного подхода, при этом отдельные показатели могут быть измерены в количественном выражении, что определяет связь с предложенным к использованию показателем, коэффициентом производительности трудовых и нетрудовых ресурсов k_P ;

- методика освоенного объема имеет простой инструментарий прогнозирования, в том числе прогнозирования производительности, что позволяет оказывать влияние на принятие управленческих решений, что в свою очередь дает возможность ее использования для разработки алгоритмов принятия управленческих решений.

Использование метода освоенного объема с точки зрения его практического применения в процессах определения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в строительстве показали ряд основных недостатков, но вместе с тем выявлена и взаимосвязь между основными недостатками и решением вопросов производительности трудовых и нетрудовых ресурсов, определены причины выявленных недостатков метода освоенного объема и обозначены направления к дальнейшему изучению подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта рассматриваемые в третьем направлении исследования первой главы.

Рассматривая вопросы исследования методики освоенного объема, были сформулированы следующие основные положения:

а) Первое положение – методика освоенного объема базируется на трех основных измерителях, а именно:

Первый измеритель: EV – Earned Value, фактически выполненный объем работ на определенную отчетную дату, получивший в российской практике название «Освоенный Объем» и давший название методике. Показатель EV может быть измерен с помощью использования стоимостного метода по формуле:

$$EV = \sum EV_C = \sum EV_M + \sum EV_L + \sum EV_{NL}, \quad (5)$$

где $\sum EV_C$ – значение накопленного EV в стоимостном выражении;

$\sum EV_M$ – значение накопленного показателя EV всех материальных ресурсов (определяется измерением фактических физических величин выполненного на текущую дату объема строительной продукции, например, 30% выполнения) в стоимостном выражении;

ΣEV_L – значение накопленного показателя EV всех трудовых ресурсов (определяется измерением фактических физических величин выполненного на текущую дату объема строительной продукции, например, 30% выполнения) в стоимостном и количественном выражении;

ΣEV_{NL} – значение накопленного показателя EV всех нетрудовых ресурсов (определяется измерением фактических физических величин выполненного на текущую дату объема строительной продукции, например, 30% выполнения) в стоимостном и количественном выражении.

Так как ΣEV_M – значение накопленного показателя EV всех материальных ресурсов не может быть выражено в количественном выражении, следовательно, определение показателя EV возможно исключительно в стоимостном выражении, что связано невозможностью суммирования значений, отличных друг от друга физических величин (например, m^3 и m^2).

При этом существует возможность суммирования и количественного выражения показателей ΣEV_L (накопленное значение показателя EV для трудовых ресурсов) и ΣEV_{NL} (накопленное значение показателя EV для нетрудовых ресурсов), так как единицы их измерения тождественны (часы).

Второй измеритель: PV – *Planned Value*, плановый объем работ выполненный на определенную отчетную дату, получивший в российской практике название «Плановый Объем», итоговое значение которого на плановую дату завершения проекта определяется значением показателя BAC – *Budget At Completion*, имеющий в российской практике название «Бюджет по завершении».

Показатель PV может быть измерен с помощью использования стоимостного метода по формуле:

$$PV = \sum PV_C = \sum PV_M + \sum PV_L + \sum PV_{NL}, \quad (6)$$

где $\sum PV_C$ – значение накопленного PV в стоимостном выражении;

ΣPV_M – значение накопленного показателя PV для всех материальных ресурсов (определяется плановым значением физических величин объема строительной продукции в соответствии с проектной документацией [2, 6, 7], выполнение которого может быть спрогнозировано в виде директивного процента выполнения по плану на текущую дату) в стоимостном выражении;

ΣPV_L – значение накопленного показателя PV для всех трудовых ресурсов (определяется плановым значением объема человеко-часов в соответствии с проектной документацией, необходимых для производства физического объема строительной продукции, выполнение которого может быть спрогнозировано в виде директивного процента выполнения по плану на текущую дату) в стоимостном и количественном выражении;

ΣPV_{NL} – значение накопленного показателя PV для всех нетрудовых ресурсов (определяется плановым значением объема машино/механизмо/часов в соответствии с проектной документацией, необходимых для производства физического объема строительной продукции, выполнение которого может быть спрогнозировано в виде директивного процента выполнения по плану на текущую дату) в стоимостном и количественном выражении.

Аналогично показателю EV , свойства накопленного показателя *планового объема всех материальных ресурсов* ΣPV_M – не может быть выражено в количественном выражении, что ограничивает возможность определения показателя PV исключительно в стоимостном выражении. При этом существует возможность суммирования и количественного выражения показателей ΣPV_L (накопленное значение показателя PV для трудовых ресурсов) и ΣPV_{NL} (накопленное значение показателя PV для нетрудовых ресурсов), так как единицы их измерения тождественны (часы).

Третий измеритель методики: AC – *Actual Cost*, фактическая стоимость всех потраченных на выполнение работ ресурсов, на определенную отчетную дату. В российской практике имеющий определение «Фактическая Стоимость»:

$$AC = \sum AC_c = \sum AC_M + \sum AC_L + \sum AC_{NL}, \quad (7)$$

где $\sum AC_c$ – значение накопленного показателя AC определяющего накопленную стоимость всех фактически использованных ресурсов на текущую дату в стоимостном выражении;

$\sum AC_M$ – значение накопленного показателя AC для всех материальных ресурсов (определяется непосредственным измерением фактических физических величин выполненного на текущую дату объема строительной продукции согласно исполнительной документации) в стоимостном выражении [7];

$\sum AC_L$ – значение накопленного показателя AC для всех трудовых ресурсов (определяется фактическим значением объема человеко-часов (Табель Т-13), необходимых для производства физического объема строительной продукции на текущую дату, в соответствии с ежедневным табелем учета рабочего времени) в стоимостном и количественном выражении;

$\sum AC_{NL}$ – значение накопленного показателя AC для всех нетрудовых ресурсов (определяется плановым значением объема машино/механизмо/часов в соответствии с исполнительной документацией, журналами (например, Форма ЭСМ-6. Журнал учета работы строительных машин (механизмов)), отражающих факт использования строительной техники для производства физического объема строительной продукции на текущую дату) в стоимостном и количественном выражении.

Как и в двух предыдущих формулах (5 и 6) значение накопленного показателя фактической стоимости всех материальных ресурсов $\sum AC_M$ – может быть выражено исключительно в стоимостном выражении. При этом также существует возможность суммирования и количественного выражения показателей $\sum AC_L$ (суммарное значение показателя AC для трудовых ресурсов) и $\sum AC_{NL}$ (суммарное значение показателя AC для нетрудовых ресурсов), так как единицы их измерения тождественны (часы).

Вышеперечисленные условия для определения значений показателей EV , PV и AC используются применительно к *физическому типу* определения процента выполнения, который будет использоваться в настоящем исследовании в качестве основного.

При реализации проекта без отклонений фактических данных от плановых показателей проекта все три показателя, по достижении финиша проекта, должны быть кумулятивно и суммарно равны значению показателя BAC (*Budget At Completion – Бюджет по завершению*):

$$BAC = \sum EV_c = \sum PV_c = \sum AC_c \quad (8)$$

Кроме того, значения суммарных показателей по каждому типу ресурсов в уравнении должны быть тождественны:

$$\sum EV_M = \sum PV_M = \sum AC_M, \quad (9)$$

$$\sum EV_L = \sum PV_L = \sum AC_L, \quad (10)$$

$$\sum EV_{NL} = \sum PV_{NL} = \sum AC_{NL} \quad (11)$$

Однако на практике возникают отличные от плана ситуации, вызывающие отклонения, которые анализирует методика освоенного объема (рис 5).

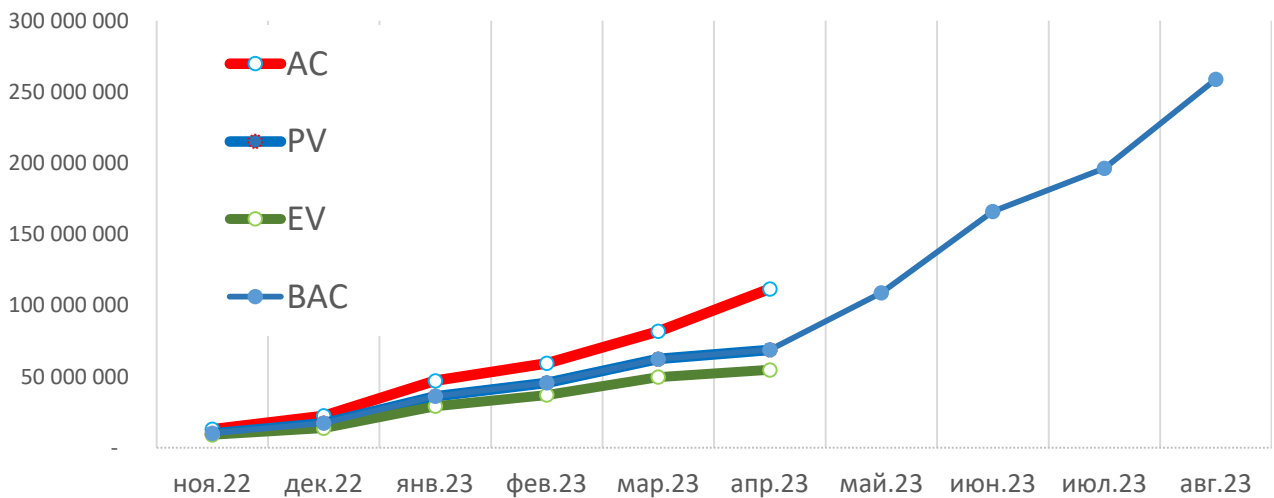


Рисунок 5. Пример диаграммы показателей EVM

В методике освоенного объема существует условие, при котором значение физического объема строительной продукции на всех этапах измерений должно быть равно *количеству материальных ресурсов (физический объем) V_M* , (в стоимостном выражении) необходимых для реализации строительного проекта и это значение должно быть постоянным, так как соответствует значениям утвержденной проектной документации:

$$V_M = \sum EV_M = \sum PV_M = \sum AC_M = const, \quad (12)$$

Таким образом, возникновение неравенства показателей означает:

- нарушение технологии строительства;
- ошибки или неточности проектирования;
- внесение несанкционированных или незадокументированных изменений в проектную документацию.

В свою очередь, вне зависимости от причин возникновения неравенства значений физического объема строительной продукции возникает необходимость корректировки или внесения изменений в проектную документацию и утвержденный базовый план (бюджета, календарно-сетевое графика и других проектных документов). Это необходимо для более точного анализа фактической производительности труда.

б) Второе положение – методика освоенного объема позволяет определить относительную скорость реализации проекта, которая рассчитывается по следующей формуле:

$$SPI = \frac{EV}{PV}, \quad (13)$$

где *SPI* – *Schedule Performance Index*, имеющий в российской практике название – *индекс выполнения по срокам*;

EV – *Earned Value* – *освоенный объем*;

PV – *Planned Value* – *плановый объем*.

С учетом предполагаемого равенства показателей EV и PV , в случае успешной реализации работ проекта на текущую дату идеальным будет являться значение, при котором $SPI = 1$, означающее, что работы выполняются в соответствии с планом, при $SPI > 1$ можно сделать вывод об опережении графика, а при значении $SPI < 1$ означает отставание по срокам.

В результате преобразования классической формулы расчета показателя SPI с учетом уравнений 5, 6 и 7 получено следующее уравнение:

$$SPI = \frac{\sum EV_M + \sum EV_L + \sum EV_{NL}}{\sum PV_M + \sum PV_L + \sum PV_{NL}} \quad (14)$$

Из уравнения 14 можно сделать выводы, что для каждого типа ресурсов можно измерить относительную скорость их потребления:

$$SPI_M = \frac{\sum EV_M}{\sum PV_M}, \quad (15)$$

где SPI_M – индекс выполнения по срокам для материальных ресурсов или относительная скорость потребления материальных ресурсов;

$$SPI_L = \frac{\sum EV_L}{\sum PV_L}, \quad (16)$$

где SPI_L – индекс выполнения по срокам для трудовых ресурсов или относительная скорость потребления трудовых ресурсов;

$$SPI_{NL} = \frac{\sum EV_{NL}}{\sum PV_{NL}}, \quad (17)$$

где SPI_{NL} – индекс выполнения по срокам для нетрудовых ресурсов или относительная скорость потребления нетрудовых ресурсов.

Измерение скорости потребления ресурсов с помощью показателя SPI , как эффект стало возможным благодаря тому, что количество или стоимость EV и PV для каждого вида ресурсов может быть выражено с помощью значения процента выполнения или планового процента.

в) Третье положение – методика освоенного объема позволяет определить совокупную относительную производительность всех использованных ресурсов относительно фактически выполненных работ, рассчитывается по следующей формуле:

$$CPI = \frac{EV}{AC}, \quad (18)$$

где CPI – *Cost Performance Index*, имеющий в российской практике название – *индекс выполнения по стоимости*;

PV – *Planned Value* – *плановый объем*;

AC – *Actual Cost* – *фактическая стоимость*.

С учетом предполагаемого равенства показателей EV и AC , в случае успешной реализации работ проекта на текущую дату идеальным будет являться значение, при котором $CPI = 1$, означающее, что работы выполняются в соответствии с бюджетом, при $CPI > 1$ можно сделать вывод об экономии, а отрицательное значение $CPI < 1$ означает превышение бюджета.

В результате преобразования классической формулы расчета показателя CPI с учетом уравнений 5, 6 и 7 получено следующее уравнение:

$$CPI = \frac{\sum EV_M + \sum EV_L + \sum EV_{NL}}{\sum AC_M + \sum AC_L + \sum AC_{NL}}, \quad (19)$$

Как видно из уравнения (19), в формуле расчета показателя CPI используются те же данные, которые необходимы для определения производительности: EV_M , AC_L и AC_{NL} , но при этом потребуется трансформация самого уравнения.

Из уравнения (14) можно сделать выводы, что для каждого типа ресурсов можно измерить индекс выполнения по стоимости, но при этом не измеряется производительность:

$$CPI_M = \frac{\sum EV_M}{\sum AC_M}, \quad (20)$$

где CPI_M – *индекс выполнения по стоимости для материальных ресурсов*.

$$CPI_L = \frac{\sum EV_L}{\sum AC_L}, \quad (21)$$

где CPI_L – индекс выполнения по стоимости для трудовых ресурсов;

$$CPI_{NL} = \frac{\sum EV_{NL}}{\sum AC_{NL}}, \quad (22)$$

где CPI_{NL} – индекс выполнения по стоимости для нетрудовых ресурсов.

Измерение производительности с помощью показателя CPI для трудовых ресурсов теоретически возможно, но необходимо внесение изменений в существующие формулы.

г) Четвертое положение – методика освоенного объема позволяет определить совокупную требуемую производительность ресурсов относительно фактически выполненных работ и оставшегося объема работ, рассчитывается по следующей формуле:

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC}, \quad (23)$$

где $TCPI$ – *To Complied Performance Index*, имеющий в российской практике название – *индекс требуемой производительности*;

BAC – *Budget at Completion* – бюджет по завершении;

EV – *Earned Value* – освоенный объем;

AC – *Actual Cost* – фактическая стоимость.

Далее необходимо проанализировать формулу расчета показателя путем суммирования показателей EV и AC :

$$TCPI = \frac{BAC - (\sum EV_M + \sum EV_L + \sum EV_{NL})}{BAC - (\sum AC_M + \sum AC_L + \sum AC_{NL})} \quad (24)$$

С учетом того, что BAC – это накопленное итоговое значение показателя PV или суммарный плановый объем, т. е.:

$$BAC = \sum PV, \quad (25)$$

где $\sum PV$ – суммарный плановый объем, существует возможность трансформации формулы расчета $TCPI$ для более точного измерения показателя производительности.

В заключении следует отметить, что исходными данными для анализа результатов реализации проекта служат следующие уровни детализации проекта:

- уровень Проект;
- любой из уровней WBS (рис. 6).
- уровень Работа (Операция) календарно-сетевых графика, рис. 7.

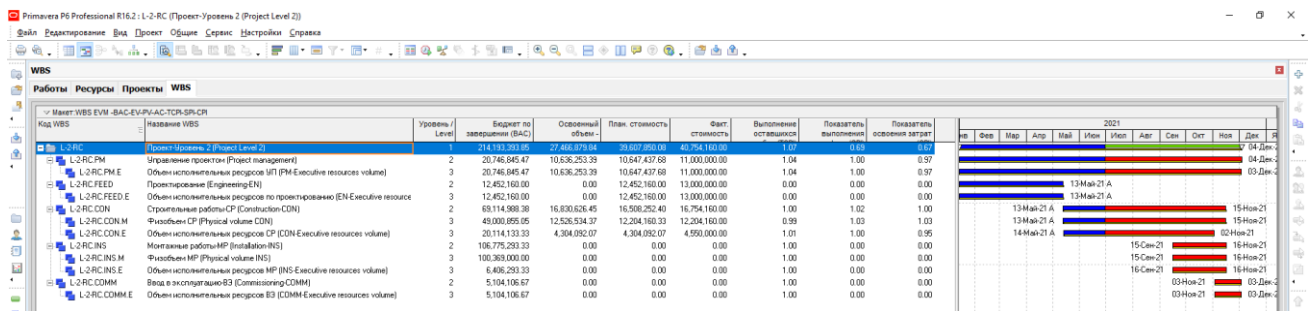


Рисунок 6. Пример с анализом показателей EVM на уровне WBS

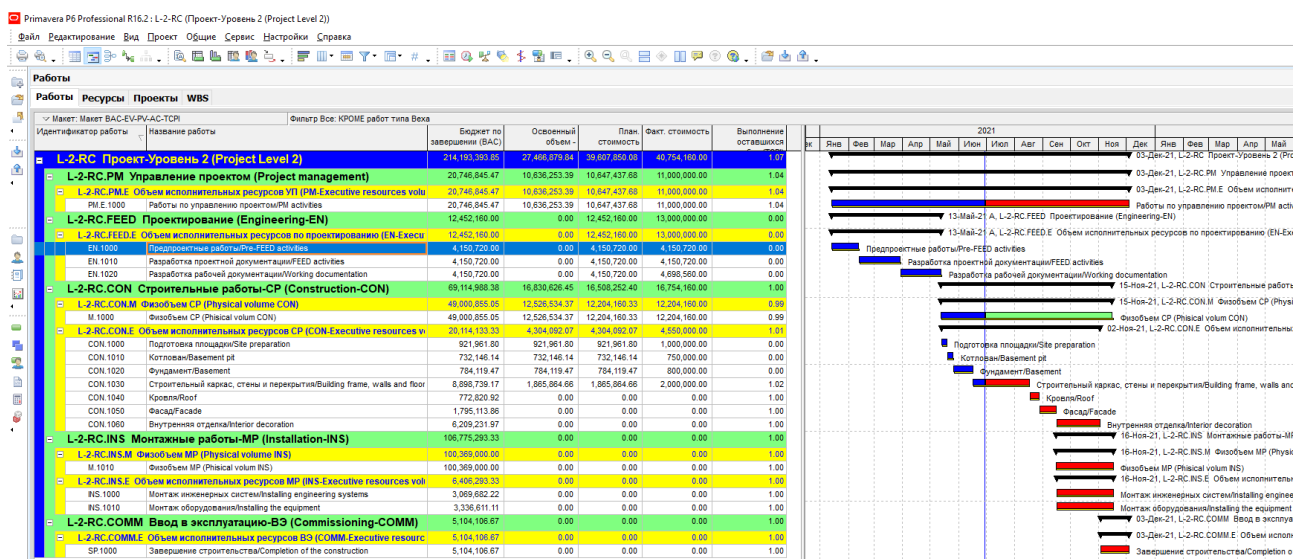


Рисунок 7. Пример КСГ с анализом показателей EVM на уровне Работы

Результаты исследования источников данных, используемых формулах показателей методики освоенного объема, а также практик ее применения в процессах управления привели к выводам о наличии некоторых недостатков при определении производительности ресурсов:

1. Недостаток первый – показатель *CPI*, в теории и на практике чаще всего рассматривается, как индекс выполнения проекта относительно стоимости его реализации, но редко рассматривается как индекс производительности.

2. Недостаток второй – методика освоенного объема может показывать относительно нейтральные значения показателей отклонения как по срокам, так и по стоимости на верхних уровнях декомпозиции проекта при одновременном возникновении отрицательных и положительных отклонений от плана.

3. Недостаток третий – ввиду изначально задуманных сочетания простоты и скорости использования, методика освоенного объема не указывает явным образом на конкретный ресурс при полученном *индексе требуемой производительности TCPI*.

Произведены исследования причин возникновения вышеописанных недостатков:

1. Причина первая – заключается в ошибочной трактовке большинством руководителей проектов основных проектных ограничений: время, стоимость и качество реализации проекта. Чаще всего данные ограничения трактуются как объекты управления, тогда как управляемость данных параметров весьма сомнительна.

2. Причина вторая – заключается в использовании методики освоенного объема в том числе для определения показателя процента выполнения для верхних уровней декомпозиции проекта, где наблюдается высокий уровень погрешности, а не для нижних уровней декомпозиции, где значения процента выполнения наиболее точны. Кроме того, на неточность выводов о текущем состоянии проекта для верхних уровней декомпозиции оказывает так называемый «Метод набегающей

волны», используемый как при планировании сроков, так и определении стоимости проекта.

3. Причина третья – заключается в тривиальном отсутствии практики ресурсного планирования ввиду повсеместного применения базисно-индексного метода определении сметной стоимости строительных работ. Процессы планирования сроков и стоимости на практике оказываются разделены и, в лучшем случае, специалисты по планированию назначают на работы календарно-сетевой графике не ресурсы, а их сметную стоимость, ввиду чего расчет производительности ресурсов оказывается затруднительным или слишком трудоемким.

В завершении второго направления исследования были сделаны выводы о причинах недостатков использования методики освоенного объема для управления производительностью строительных ресурсов. Методика освоенного объема практически не используется руководителями проектов для определения производительности ресурсов из-за сложности использования большого количества расчетных данных ввиду высокой трудоемкости детального ресурсного планирования в сравнении с детальными данными о фактическом использовании ресурсов. Недостатки и причины, препятствующие использованию методики освоенного объема в решении вопросов производительности, в свою очередь, приводят к росту неопределенности проектного окружения, что затрудняет принятие управленческих решений.

1.3. Анализ существующих подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта как основного метода снижения неопределенности в принятии управленческих решений

Третьим направлением исследования стало изучение и анализ существующих подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта как основного метода снижения неопределенности в принятии управленческих решений, в том числе в вопросах производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

Work Breakdown Structure – WBS, известная в российской терминологии как *ИСП – Иерархическая структура работ* является инструментом для декомпозиции проекта на более мелкие управляемые задачи [9, 10, 25, 29-34, 52, 53, 57, 62, 77, 88, 89, 91, 92, 95, 97, 98, 102, 111, 120]. 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. WBS определяет работы, необходимые для создания результатов. Первый уровень WBS – это проект, второй уровень WBS может относиться к функциям или компонентам, третий уровень включает в себя все остальные атрибуты. Количество уровней декомпозиции определяется сложностью и масштабом проекта. Самый низкий уровень детализации, обычно отображаемый в WBS – это пакет работ. Разработка WBS ведется методом «сверху – вниз». Существуют необходимые и достаточные признаки декомпозиции: первый обязательный признак – указание на конкретный результат; второй обязательный признак – определение ответственного лица за указанный результат; третий обязательный признак – определение стоимости результата. Структура WBS должна быть сформирована с учетом «правила 100%», т. е. включать в себя декомпозицию всех элементов проекта.

Различают несколько типовых способов декомпозиции:

- *Пообъектная или продуктовая структура WBS*, которая методологически может соответствовать структуре *PBS – Product Breakdown Structure* применяемой в *APM – Agile Project Management*, при реализации проектов с использованием гибкой методологии управления (рис. 8, 9).

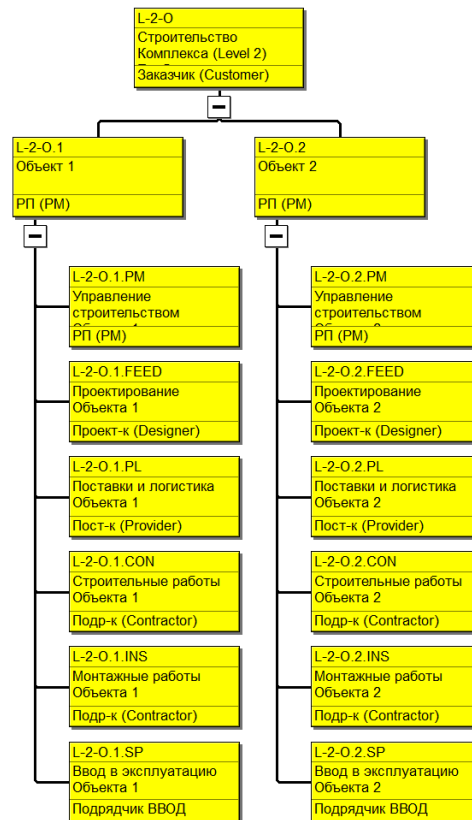


Рисунок 8. Пример WBS с пообъектной структурой декомпозиции

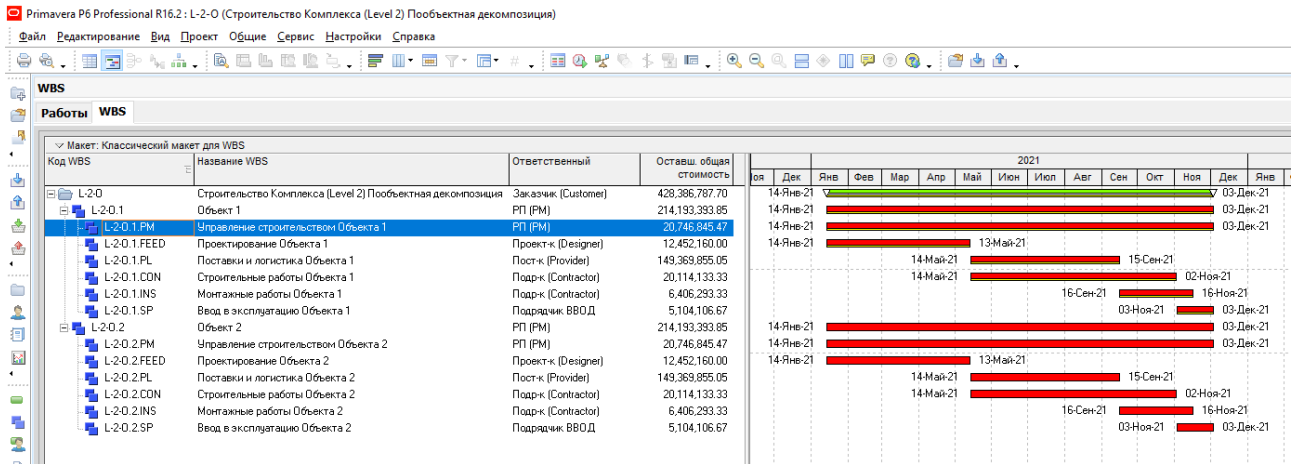


Рисунок 9. Пример Таблицы WBS с пообъектной структурой декомпозиции

- *Функциональная структура декомпозиции WBS*. В качестве примера в работе рассматриваются функциональные области ЕРС-контракта со строительством двух объектов: Управление проектом, Проектирование, Поставки и логистика, Строительно-монтажные работы (которые в свою очередь, декомпозируются по видам работ), рис. 10, 11.

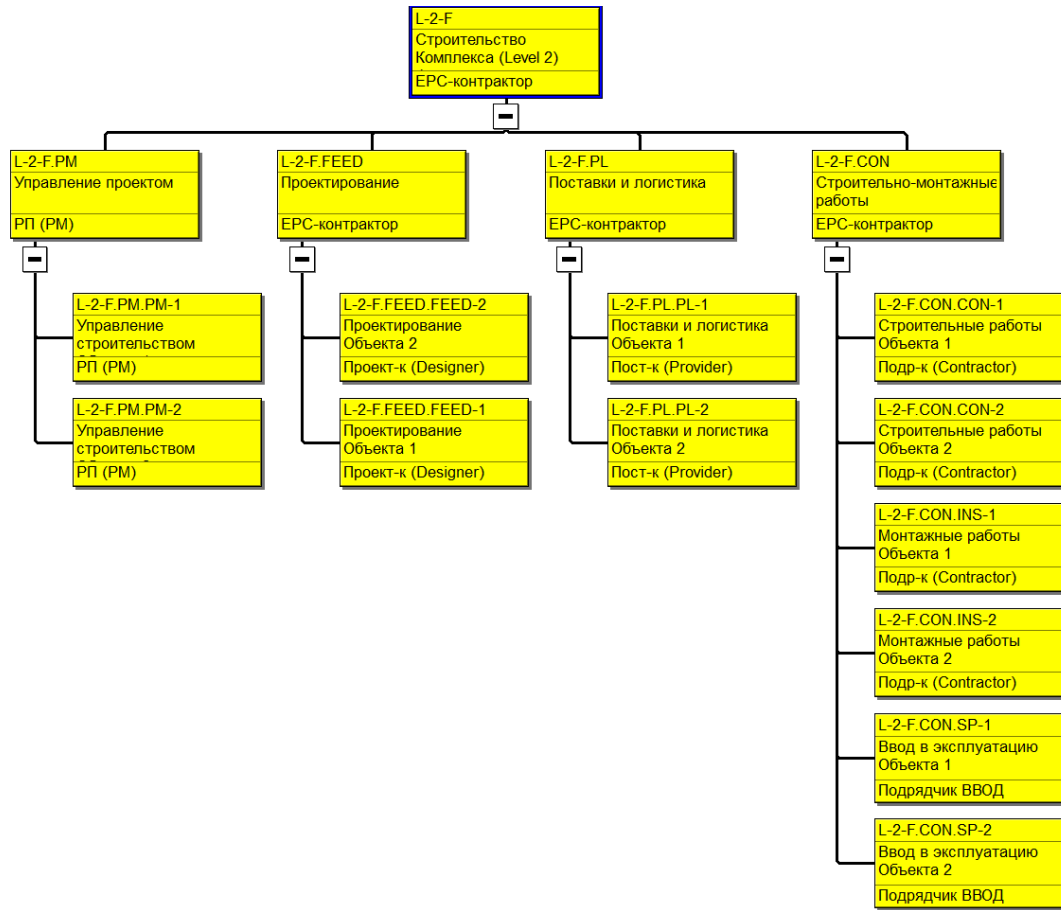


Рисунок 10. Пример Функциональной декомпозиции WBS

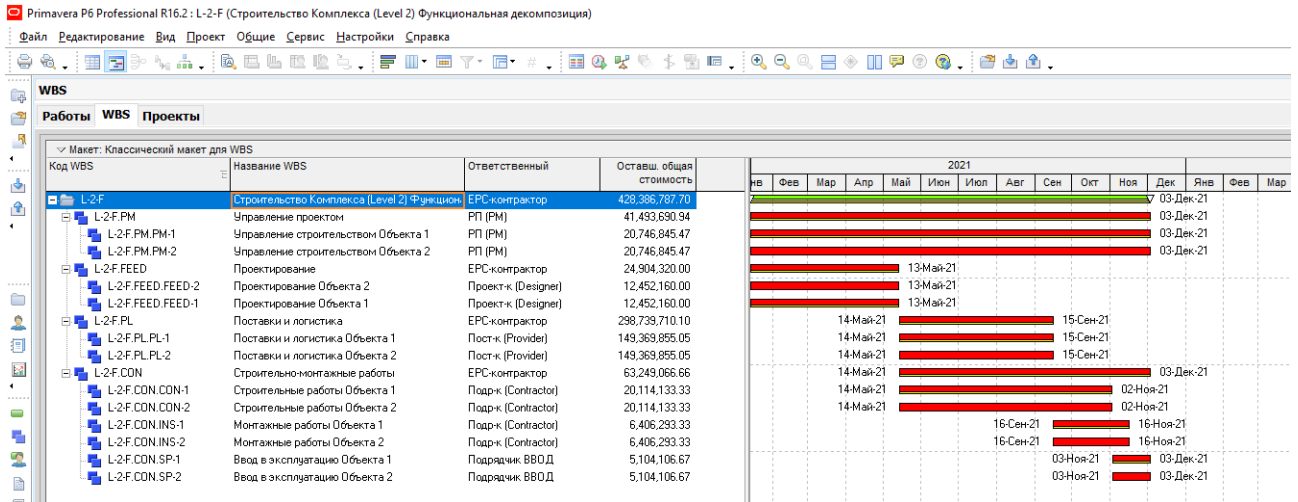


Рисунок 11. Пример Таблица Функциональной декомпозиции WBS

- структура декомпозиции WBS по исполнителям (Дирекция заказчика, Руководитель проекта-1 и 2, Генпроектировщик, Проектировщики 1 и 2, Поставщики 1 и 2, Генподрядчик, Подрядчики СМР 1 и 2, Подрядчики МР 1 и 2, Подрядчики ВВОД 1 и 2), рис.12,13.

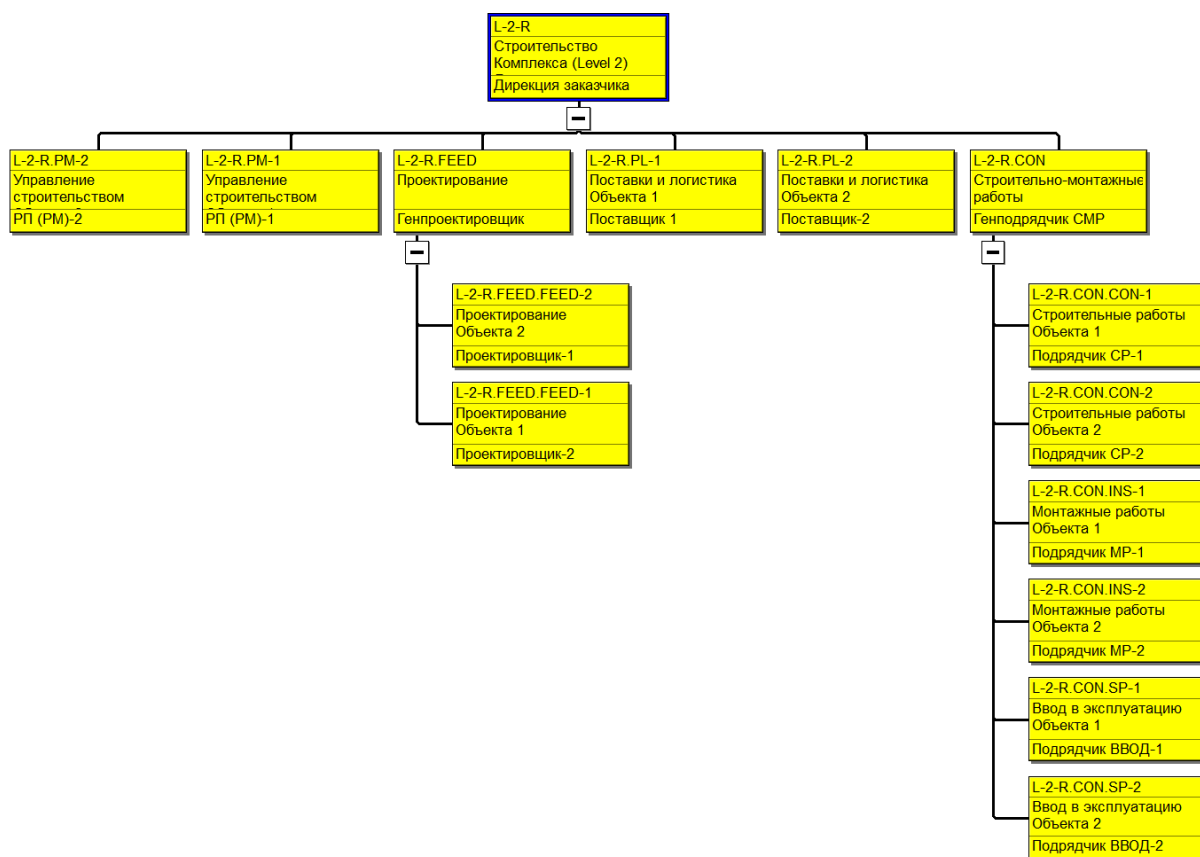


Рисунок 12. Пример декомпозиции по исполнителям

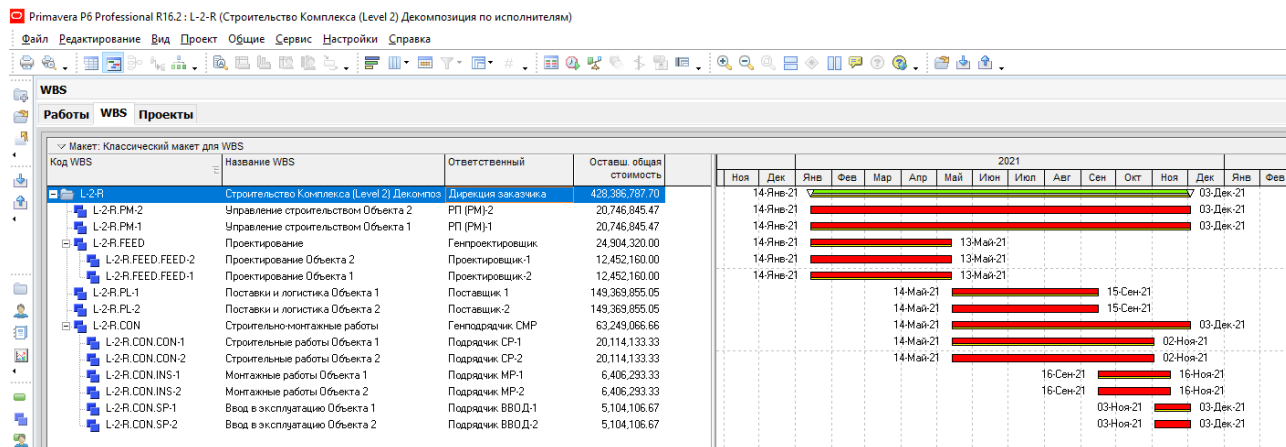


Рисунок 13. Пример декомпозиции по исполнителям, таблица WBS

- структура декомпозиции WBS по видам работ (Управление проектом, Управление строительством 1 и 2, Проектирование, Поставки и логистика, СМР, Строительные работы, Монтажные работы, Ввод в эксплуатацию), рис. 14, 15:

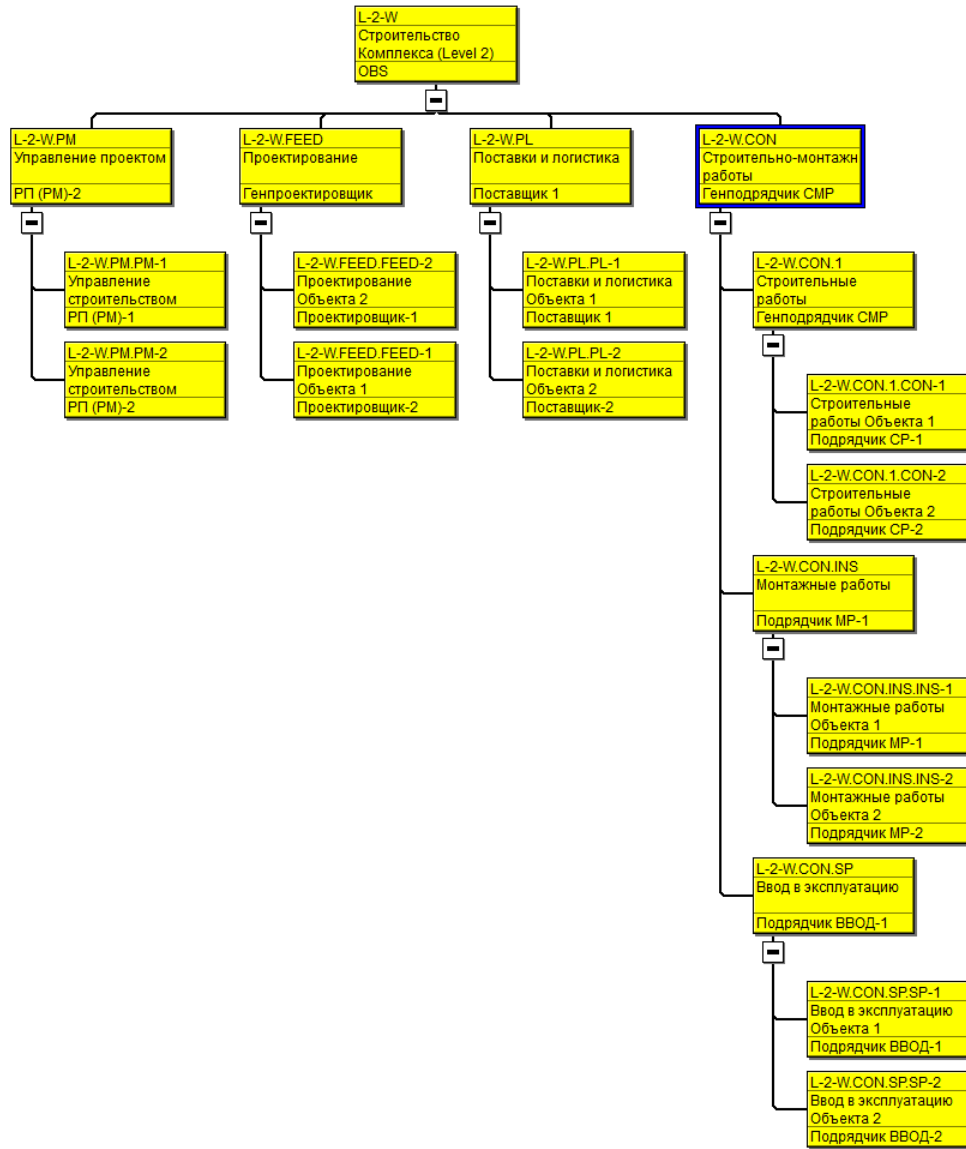


Рисунок 14. Пример декомпозиции по видам работ

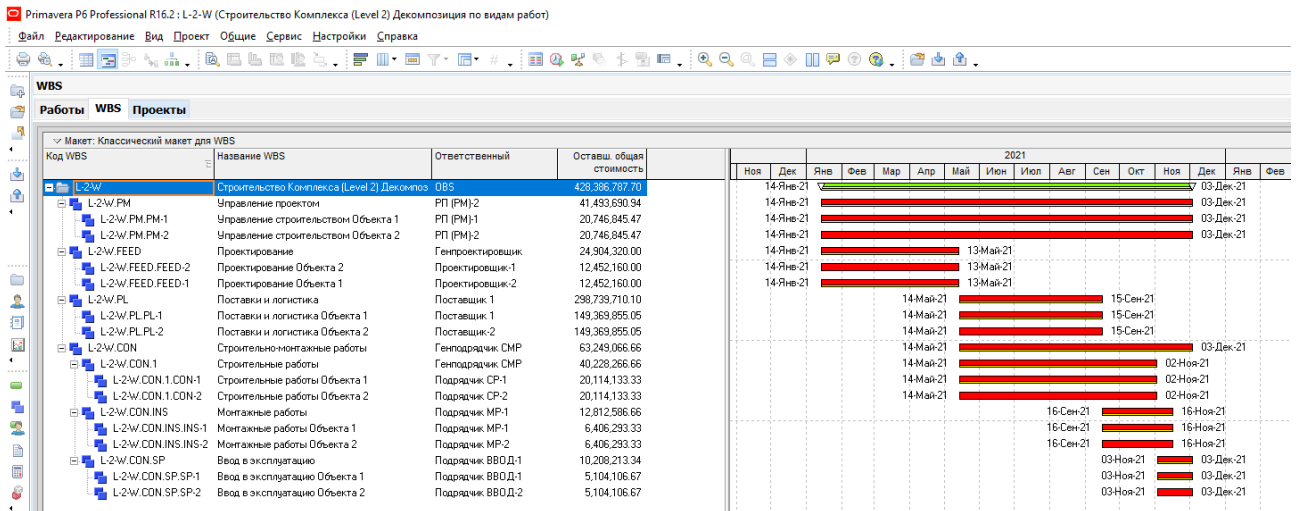


Рисунок 15. Пример декомпозиции по видам работ, таблица WBS

- различные варианты смешения структур декомпозиции.

Один и тот же проект возможно рассмотреть в каждой из вышеописанных структур WBS, и для каждого узла каждой структуры возможно применять одни и те же принципы суммирования данных на вышележащие уровни, в том числе показателей методики освоенного объема.

В структуре WBS возможно использование данных о сроках реализации проекта или выполнения работ, однако планирование сроков в методологии управления проектами не является обязательным условием.

Результаты исследования методов декомпозиции в сочетании с данными, используемых в методике освоенного объема, а также практик ее применения в процессах управления также, как и во втором направлении исследования привели к выводам о наличии некоторых недостатков, влияющих на вопросы управления производительностью ресурсов:

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

2. Недостаток второй – чрезмерное 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.

При исследовании причин возникновения вышеописанных недостатков была выявлена их общая взаимосвязь. Основной причиной недостатков служит диаметрально противоположность используемых методов планирования. При планировании структуры WBS используется стохастический подход или метод «сверху – вниз», тогда как при ресурсном планировании, наоборот – «снизу – вверх» или детерминистический метод.

В завершении третьего направления исследования выводы о причинах недостатков в методах декомпозиции в совокупности с использованием показателей методики освоенного объема для управления производительностью строительных ресурсов привели к определению новых исследовательских проблем требующих решений.

1.4. Анализ подходов к формированию модели контрактации строительных проектов на примере стандартного контракта EPC по версии FIDIC

Четвертым направлением исследования в поиске решения проблем производительности ресурсов после определения недостатков и их причин в инструментах методики освоенного объема в сочетании с использованием и методах декомпозиции содержания проекта стало изучение подходов к формированию модели контрактации на примере стандартного контракта EPC по версии FIDIC (рис.16).

Процессы контрактации при реализации инвестиционно-строительных проектов основываются, прежде всего, на юридических практиках и их целью является документальная фиксация всех правовых аспектов возможных отношений субъектов контракта.

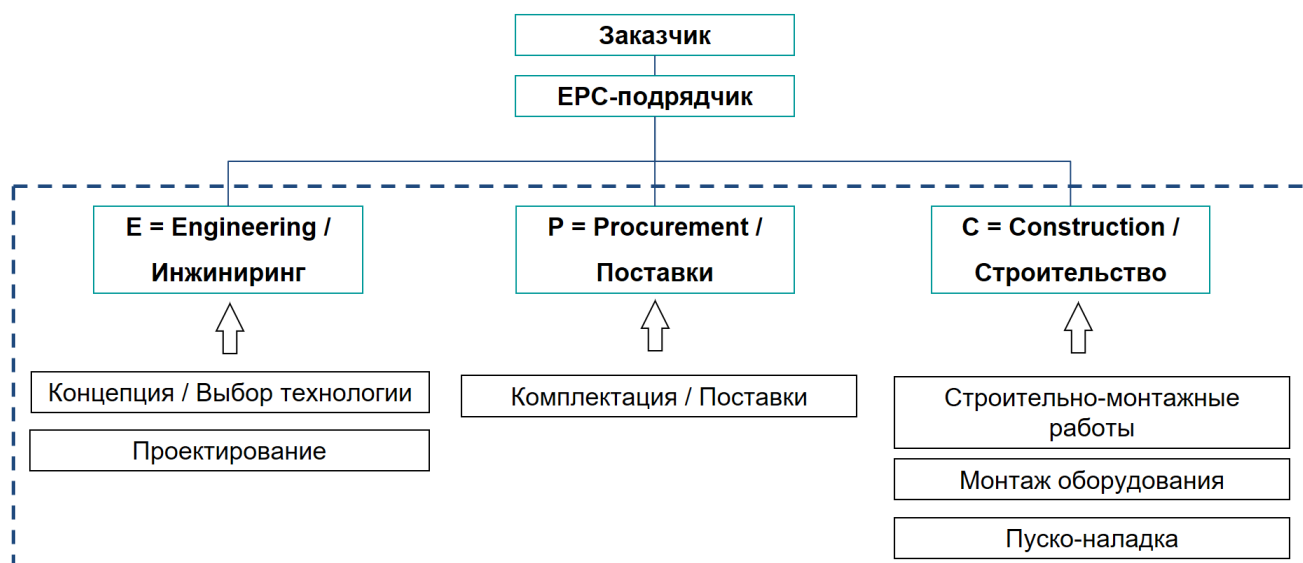


Рисунок 16. Схема типового контракта EPC

Также необходимо рассмотреть структуру контракта EPCМ (рис. 17).

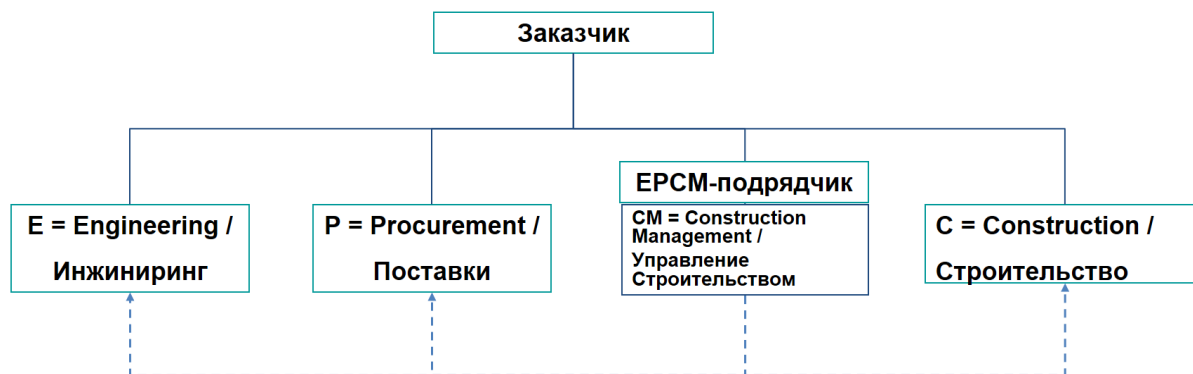


Рисунок 17. Схема контракта EPCМ

Типовой состав основных условий контракта EPC содержит в себе следующие статьи:

1. Предмет и объект контракта (рис. 18).
2. Работы, выполняемые Подрядчиком.
3. Процедуры сдачи-приемки работ и объектов.
4. Ресурсы Подрядчика.
5. Поставка материалов и оборудования.
6. Ответственность за качество и устранение дефектов.
7. Ход работ и соблюдение сроков.
8. Цена и оплата.
9. Изменения в контракте.
10. Расторжение контракта Заказчиком и Подрядчиком.
11. Гарантии и страховки.
12. Обстоятельства непреодолимой силы (форс-мажор).
13. Разрешение споров [1, 86].

При исследовании проблем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов, прежде всего, необходимо обратить внимание на понятие «предмет» контракта, в котором описывается результат заключенных договоренностей. Там же необходимо выделить понятия «процесс» и «результат» – они разделены.

Следующим шагом необходимо детализировать понятие «процесс» и рассмотреть отдельно уровень «ресурсы».

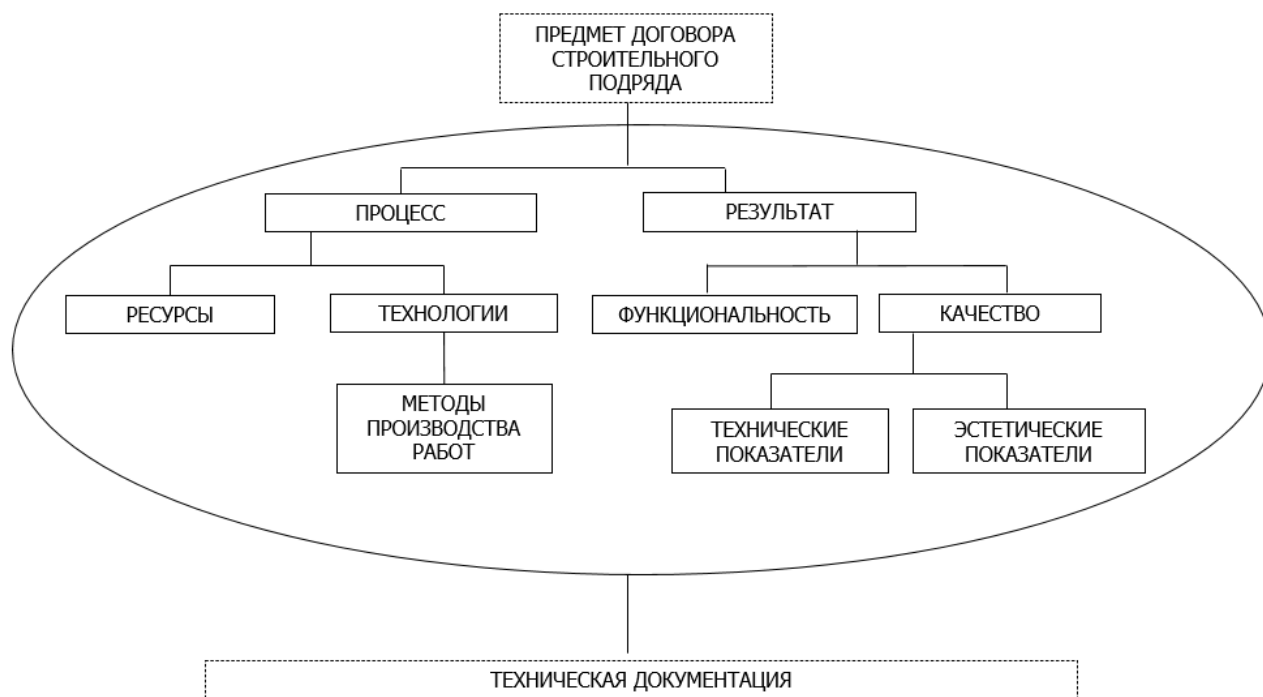


Рисунок 18. Содержание условий контракта. Предмет

Таким образом, определено, что данные о ресурсах и их параметрах, включая их производительность явным образом фиксируются в статье № 4. Ресурсы подрядчика.

Аналогичным образом рассмотрено понятие «существенные условия» контракта, а именно договора строительного подряда, к которым относятся:

- условия, позволяющие определить конкретный вид работы;
- условие о сроке выполнения работ;
- условие о цене работы [1].

Обязательным условием понятия «существенные условия» на законодательном уровне, в числе прочего, определена необходимость в расчете и указании конкретных сроков выполнения услуг строительного подряда, что не соответствует положениям методик формирования структуры WBS проекта, хотя не противоречит подходам используемых в методике освоенного объема.

Результаты исследования сочетания вопросов контактной стратегии, методов декомпозиции, методики освоенного объема и вопросов управления производительностью ресурсов показали наличие некоторых проблем, противоречий и недостатков:

1. Проблема первая – подтверждение наличия методологического противоречия в необходимости наличия детального календарно-сетевых графика реализации проекта с одной стороны и второстепенность временных данных при создании структуры WBS, так как сроки реализации проекта являются существенным условием контракта.

2. Проблема вторая – при отсутствии практики ресурсного планирования являющейся одним из недостатков во втором направлении исследования, данные о ресурсах исполнителя по контракту являются предметом контракта.

3. Проблема третья – несоответствие данных контракта данным используемых в вопросах формирования WBS и методики освоенного объема.

В процессе исследования причин возникновения проблем вопросов контрактной стратегии и WBS была выявлены общие взаимосвязи:

1. Причина первая – подтверждение наличия методологического несоответствия в вопросах формирования WBS, причиной которых служит диаметрально противоположность используемых методов планирования. При планировании структуры WBS используется стохастический подход или метод «сверху – вниз», тогда как при ресурсном планировании, наоборот – «снизу – вверх» или детерминистический метод.

2. Причина вторая – подтверждение отсутствия практики ресурсного планирования при формировании структуры WBS при наличии юридической необходимости и обязательности фиксации параметров ресурсов в контракте строительного подряда, в связи с тем, что на практике процессы планирования сроков и стоимости оказываются разделены и в лучшем случае, специалисты по календарно-сетевому планированию назначают на работы календарно-сетевых графика не ресурсы, а их сметную стоимость или только ресурсы без определения их стоимости,

ввиду чего расчет производительности ресурсов оказывается затруднительным или слишком трудоемким.

3. Причина третья – заключается в тривиальном отсутствии практики ресурсного планирования ввиду повсеместного применения базисно-индексного метода определения сметной стоимости строительных работ.

Исследование четвертого направления позволяет сделать выводы о наличии причинно-следственных связей между недостатками в методах декомпозиции, показателей методики освоенного объема, производительностью строительных ресурсов и контрактной стратегией. Более того, по результатам исследования практик формирования контрактной модели можно сделать о наличии приоритета юридической формы фиксации обязательств над структурой WBS в вопросах ее построения.

1.5. Анализ существующих подходов к формированию многоуровневой модели планирования проекта

Пятым направлением диссертационного исследования является изучение и анализ возможности использования для решения проблем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов такого инструмента управления проектом, известного как многоуровневая модель планирования.

Многоуровневая модель планирования представляет собой календарно-сетевой график, декомпоziрованный на несколько уровней управления проектом в зависимости от решаемых задач для каждого заинтересованного лица из числа назначенных ответственных за достижение результатов узла WBS [81, 92, 98, 103].

Пример уровней управления строительными проектами представлен на рис. 19.

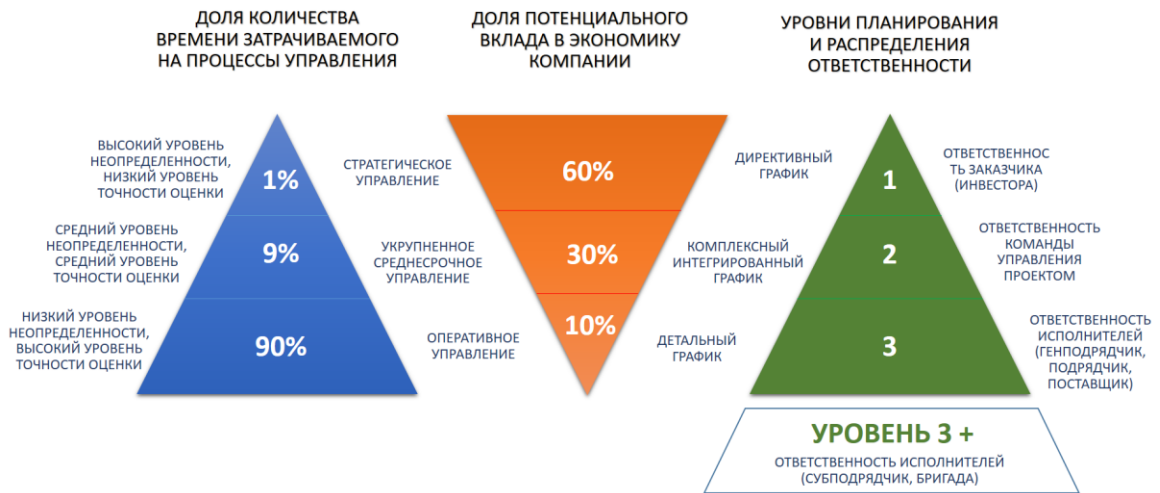


Рисунок 19. Уровни управления проектом

Основная цель многоуровневой модели планирования – создание информационной модели, необходимой для агрегации данных о сроках и стоимости реализации строительного проекта, которые находятся под влиянием неопределенности.

Например, согласно рекомендованным практикам Международной ассоциации развития стоимостного инжиниринга – ААСЕИ, такой показатель как стоимость подвержен влиянию неопределенности на протяжении всего жизненного цикла реализации проекта, при этом было выделено понятие – уровень зрелости проекта и практическим путем определена ожидаемая точность оценки стоимости, в результате чего ААСЕИ разработала матрицу классификации известную как «Пять классов точности оценки стоимости» [13], указанных в таблице 2.

Таблица 2

Матрица классификации смет строительства объектов перерабатывающей промышленности ААСЕИ

	Первичная характеристика	Вторичные характеристики		
Класс	Уровень зрелости результатов определения проекта, в процентах от полного определения	Основное назначение	Метод Основной метод составления сметы	Ожидаемая точность Обычный диапазон отклонений для верхнего и нижнего пределов [a]

Класс 5	0-2%	Выбор проектов или анализ осуществимости	На основе мощности, параметрические модели, экспертная оценка или оценка по аналогу	Н: от -20% до -50% В: от +30% до +100%
Класс 4	1-15%	Анализ концепции или осуществимости	Факторная на основе данных об оборудовании или параметрические модели	Н: от -15% до -30% В: от +20% до +50%
Класс 3	10-40%	Утверждение или контроль бюджета	Полудетальные поэлементные единичные расценки на уровне сборок (узлов)	Н: от -10% до -20% В: от +10% до +30%
Класс 2	30-75%	Контроль или подготовка запроса предложения, тендера	Детальные поэлементные расценки с навязанным детальным определением объемов	Н: от -5% до -15% В: от +5% до +20%
Класс 1	65-100%	Контрольная смета или подготовка запроса предложения, тендера	Детальные поэлементные расценки с детальным определением объемов	Н: от -3% до -10% В: от +3% до +15%

Для каждого класса точности оценки стоимости согласно классификации ААСЕI необходимо рассмотреть более подробно и проанализировать методы составления смет, которые являются основным источником для ресурсного планирования, а также разрабатываются параллельно с календарно-сетевыми графиками многоуровневой модели планирований.

Рассматриваемые классы точности оценки охватывают все этапы жизненного цикла строительного проекта.

В качестве критериев для анализа используем следующие признаки:

- возможность детального ресурсного планирования: да/нет;
- возможность укрупненного ресурсного планирования: да/нет.

Результаты анализа представлены в таблице 3.

Анализ возможности ресурсного планирования
в зависимости от классификации точности оценки ААСЕИ

Описание	Метод составления смет	Возможность детального ресурсного планирования	Возможность укрупненного ресурсного планирования
1	2	3	4
5 класс точности оценки			
<p>Сметы класса 5 точности оценки стоимости обычно формируются на основании ограниченного объема информации что связано с большой погрешностью вычислений.</p> <p>По причине требований к своему назначению сметы класса 5 точности оценки стоимости могут быть подготовлены за очень ограниченное время и с малыми затратами – иногда на их подготовку может тратиться менее часа.</p> <p>Очень часто на момент оценки стоимости известна информация о типе производства, местоположение объекта и предполагаемая мощность производства.</p> <p>Назначение: Сметы класса 5 точности оценки стоимости предназначены для решения задач предварительного стратегического инвестиционного бизнес-планирования (маркетинговых исследований, предварительной оценки экономической эффективности проекта, оценки альтернатив, анализа чувствительности проектов, оценки потребностей денежных средств, долгосрочного инвестиционного планирования)</p>	<p>Для подготовки смет класса 5 точности оценки стоимости используются стохастические методы:</p> <ul style="list-style-type: none"> -метод кривых затрат и мощности с модификаторами, - оценки по масштабу производства, - факторные модели оценки Ланга, Хэнда, Чилтона, Питерса-Тиммерхауса, Гатри, - другие методы параметрической оценки и моделирования 	Нет	Да
4 класс точности оценки			
<p>Сметы класса 4 точности оценки стоимости формируются на основе ограниченного объема, но большего объема информации и имеют менее широкий диапазон отклонений чем сметы 5 класса точности оценки стоимости.</p> <p>Применяются для выбора наиболее при-</p>	<p>Для подготовки смет класса 4 точности оценки стоимости обычно применяют стохастические методы:</p>	Нет	Да

<p>влекательных проектов, анализа их осуществимости, концептуального инжиниринга и предварительной оценки бюджета.</p> <p>Как правило ПД выполнена на 1-15% (произведена оценка производительности объекта, разработаны технологические схемы, АСУТП основных производственных систем, предварительные спецификации основного и вспомогательного оборудования).</p> <p>Назначение:</p> <p>Сметы класса 4 точности оценки стоимости предназначены для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - решения задач детального стратегического планирования и развития бизнеса, - выбора вариантов реализации проекта на более поздних стадиях, - анализа альтернативных схем, - подтверждения экономической эффективности проекта, - утверждения бюджета проекта, - принятия решений о переходе на следующую стадию. 	<ul style="list-style-type: none"> - факторные модели, опирающиеся на стоимость оборудования, - факторы Ланга, Хэнда, Чилтона, Питерса-Тиммерхауса и Гатри, - метод Миллера, - метод максимальных единичных расценок/коэффициентов, - другие параметрические приемы и технологии моделирования. 		
3 класс точности оценки			
<p>Сметы класса 3 точности оценки стоимости формируются для:</p> <ul style="list-style-type: none"> - создания базиса утверждения бюджета проекта, - выделения средств и финансирования. <p>На их основе создается первичная контрольная смета, для контроля затрат и ресурсов.</p> <p>На данной стадии выполнено от 10 до 40% ПД и результатом проектирования является:</p> <ul style="list-style-type: none"> - схемы технологических процессов, - технологические схемы вспомогательных систем, предварительные схемы трубопроводов; - АСУТП, - планы монтажа оборудования, - планировочные чертежи, - спецификации основного и вспомогательного оборудования. <p>Назначение:</p> <p>Сметы класса 3 точности оценки стоимости формируются для:</p>	<p>При составлении смет класса 3 в основном применяются детерминистские, а не стохастические методы.</p> <p>В них в основном используются позиции единичных затрат, хотя они могут представлять собой узлы, а не отдельные компоненты.</p> <p>Кроме того, факторные модели и иные стохастические методы могут использоваться для оценки менее важных элементов проекта</p>	Да	Да

<p>- обоснования запросов на финансирование проекта, - сравнения фактических ресурсы и затрат с целью выявления отклонений. Сметы являются бюджетом проекта до момента детализации. Многие заказчики используют сметы класса 3 точности оценки стоимости в качестве финальной из требуемых смет и используют для контроля графика и затрат проекта</p>			
2 класс точности оценки			
<p>Сметы класса 2 точности оценки стоимости формируют для определения целевых показателей контроля деятельности подрядчика (и модификации целевых показатели заказчика), для сравнения работ по проекту и оценке прогресса в части показателей стоимости. Для подрядных организаций сметы данного класса используются для подготовки тендерного предложения и определения цены контракта. Разработка ПД на данной стадии завершено на 30-75%, получены ПСТП, технологические схемы вспомогательных систем, схемы технологических трубопроводов, АСУТП и окончательный план монтажа технологического оборудования, окончательные планировочные чертежи, и окончательные спецификации основного и вспомогательного оборудования, а также принципиальные схемы электрических сетей, ведомости электрооборудования и электродвигателей, предложения поставщиков, детальные КСГ реализации проекта, КСГ МТР и СМГ. Назначение: Сметы класса 2 точности оценки стоимости обычно формируют для уточнения целевых показателей контроля деятельности подрядных организаций (и модификации целевых показателей заказчика), для оценки отклонений от бюджета и управления изменениями</p>	<p>Сметы класса 2 точности оценки стоимости обычно составляются с применением детерминистских методов высокой степени детализации. Сметы содержат десятки тысяч позиций. Для определенных областей проекта могут использоваться методы оценки объемов, позволяющие сформировать позиции оценки, без использования факторных методов оценки стоимости</p>	Да	Да
1 класс точности оценки			

<p>Сметы класса 1 точности оценки стоимости формируют для пакетов работ и узлов WBS проекта.</p> <p>Подобные сметы используются в качестве контрольных данным для пакетов работ и узлов WBS проекта по субподрядчиков и поставщиков для подготовки тендерных предложений.</p> <p>Разработка ПД на данной стадии завершено на 65-100%.</p> <p>Назначение: Заказчики и ЕРС-подрядчики применяют сметы класса 1 точности оценки стоимости для организации процесса управления изменениями.</p> <p>Сметы используются для контроля тендерных предложений, усиления переговорной позиции с поставщиками и подрядчиками, для претензионной работы. Подрядные организации используют сметы класса 1 точности оценки стоимости для формирования целевого плана и управления изменениями</p>	<p>При подготовке смет класса 1 точности оценки стоимости обычно используются детерминистские методы с высоким объемом трудозатрат.</p> <p>Сметы класса 1 точности оценки стоимости формируются для наиболее важных или критических частей проекта.</p> <p>Все позиции оценки сметы имеют поэлементную раскладку, с использованием единичных расценок и данных РД</p>	Да	Да
---	---	----	----

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о возможности выполнения укрупненного или/и детального ресурсного планирования на всех стадиях жизненного цикла строительного проекта (рис. 20).

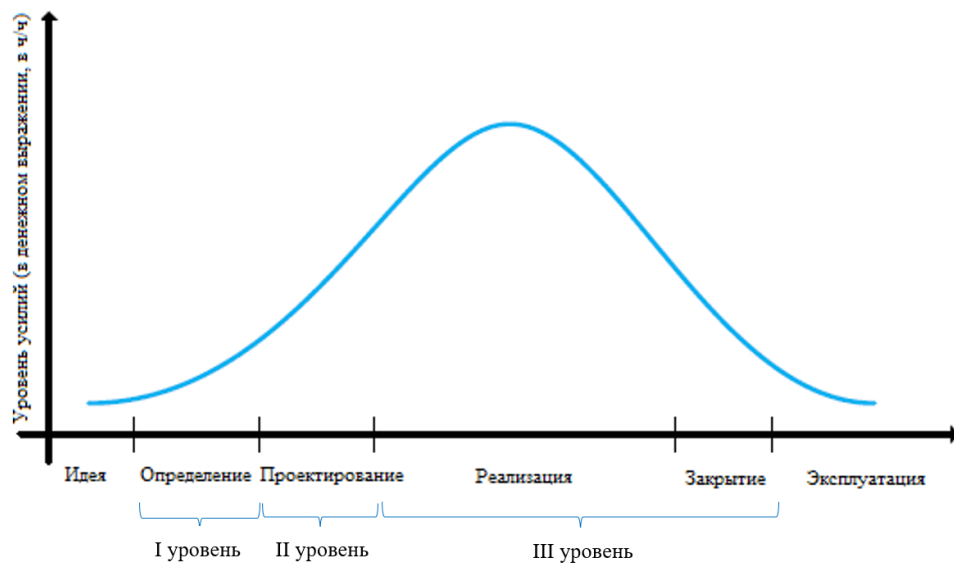


Рисунок 20. Жизненный цикл проекта и уровни планирования [9]



Рисунок 21. Соотношение уровней многоуровневой модели планирования и этапов жизненного цикла управления проектом строительства

Для анализа влияния неопределенности на разных уровнях многоуровневой модели планирования рассмотрена возможность интеграции трех структур: этапов жизненного цикла управления проектом строительства [52] (рис. 3 и рис. 17), уровней планирования многоуровневой модели и используемой в стоимостном инжиниринге технологии *Stage Gate* [93], разработанной NASA (рис. 21).

Согласно методологии NASA, *Gate* – это ворота принятия решений, которые в российской практике получили название ТПР [8] – точки принятия решений, для «прохождения» которых формируется чек-лист с обязательными требованиями к плановой документации проекта в соответствии с его уровнем зрелости и степени неопределенности. В случае неполного удовлетворения требованиям плановая документация проекта возвращается на доработку или отвергается.

Из практики использования многоуровневой модели планирования среди российских компаний особенно можно выделить Госкорпорацию «Росатом», которая активно использует методологию стоимостного инжиниринга при реализации проектов строительства объектов использования атомной энергии. Госкорпорацией была разработана собственная методология TCMNC – Total Cost Management

Nuclear Construction, в которой разработана собственная модель жизненного цикла строительного проекта (рис. 22) и многоуровневая модель календарно-сетевой планирования (рис. 23).



Рисунок 22. ТПП, этапы жизненного цикла проекта и виды деятельности (пример)



Рисунок 23. Пример многоуровневой модели планирования

В заключении можно сделать вывод о возможности использования многоуровневой модели планирования для моделирования будущих практических результатов исследования связанных с решением проблем снижения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов на всех уровнях управления проектом.

1.6. Анализ возможностей, особенностей, недостатков и преимуществ современного инструмента гибкого управления проектами Scrum

Шестым направлением исследования в поиске решения путей повышения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов явилось изучение возможностей, особенностей, недостатков и преимуществ современного инструмента гибкого управления проектами под названием *Scrum*.

Представляя собой частный случай классической методологии управления проектами инструмент Scrum, созданный по причине сложности понимания каскадной модели и первоначально используемый в проектах разработки программного обеспечения, в последующем получил свое применение в том числе при реализации инвестиционно-строительных проектов [118].

Scrum – это Agile-метод (англ. agile – гибкий), в котором для управления проектами используется сочетание двух методов [16]:

- *итеративный*, метод проб и ошибок, который постепенно приближает проект к его конечной цели и основан на удовлетворении требований заинтересованных лиц в постоянном процессе поставки результатов и получения обратной связи (на рис. 24 изображено в виде петли),

- и *инкрементальный*, метод предусматривает поставку результатов проекта небольшими частями по мере готовности (рис.24).

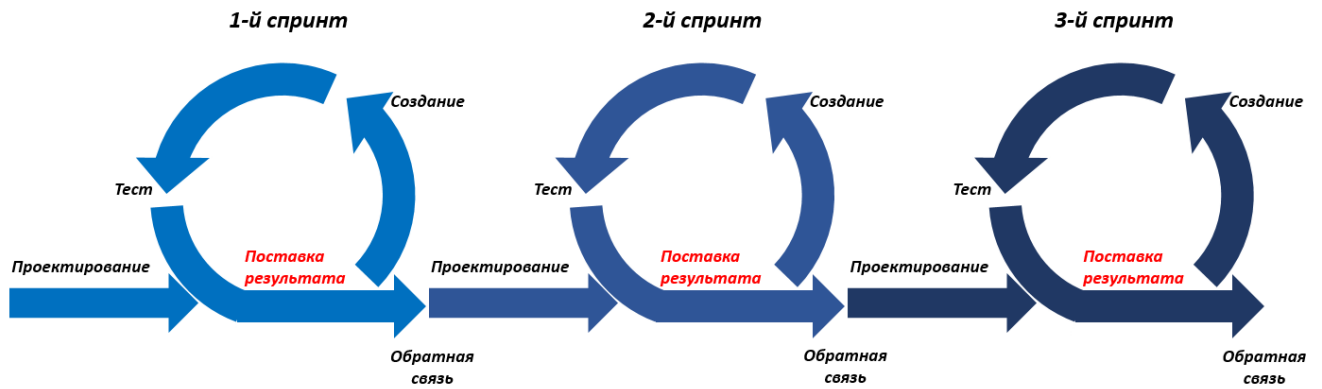


Рисунок 24. Итеративный и инкрементальный Scrum

Кен Швабер, разработавший метод Scrum, предложил использовать в качестве контроля два противоположных проектных процесса, а именно *стандартный контроль процессов* и *эмпирический контроль процессов* [17].

Стандартный контроль процесса – это контроль, который приводит к повторяющимся результатам приемлемого качества. В состав инструментов стандартного контроля процессов входит методика освоенного объема под названием Earned Value Analysis (EVA), с помощью которой анализируют фактическую производительность труда команды проекта в сравнении с плановой производительностью в текущий момент времени. Для эффективности контроля уровня производительности трудовых ресурсов команды проекта необходимо формировать достаточно точный базовый план проекта (как и само наличие базового плана, что является обязательным условием использования методики освоенного объема). Для отображения информации о состоянии проекта в EVA используются графики и другие средства визуального контроля (например, S-кривая). Анализ заработанной платы, как стоимостной метод оценки производительности трудовых ресурсов, измеряет текущие отклонения стоимости проекта в графике, а также прогнозирует стоимость по завершении на основе определенных текущих показателей. EVA обычно проводится в конце каждого спринта после завершения пользовательских историй в бэклоге спринта. В качестве основного показателя анализа производительности трудовых ресурсов используется показатель *CPI* [84].

В случае если стандартный контроль процесса не может быть использован из-за сложности проекта, то применяют эмпирический контроль процессов, который состоит из трех элементов: видимости, инспекции и адаптации.

В методологии Scrum существует predetermined разделение заинтересованных лиц, которые не требуют идентификации. Различают две группы заинтересованных лиц: Core-Roles (заинтересованные лица, которые непосредственно участвуют в проекте) и Non-core-Roles (те, кто является наблюдателями и не участвуют в проекте).

Non-core-Roles не имеют прямых полномочий в рамках проекта, но так или иначе вовлечены в него.

Core-Roles определяют три роли процесса Scrum, а именно Product Owner – Владелец продукта, Scrum Master – Скрам-мастер и Scrum Team – Скрам-команда.

Владелец продукта формулирует видение проекта и отвечает за расстановку приоритетов в списке требований (который называется Backlog «Бэклог») путем последовательной постановки в очередь наиболее ценных задач. Скрам-мастер отвечает за руководство, а также за коучинг и обучение процессу Scrum.

Scrum-команда отвечает за работу над проектом. Отличительным признаком Scrum-команды являются ее самоуправляемость, самоорганизация и кросс-функциональность, все члены команды отвечают за то, как превратить Product Backlog в инкремент функциональности в течение итерации, и самостоятельно управляют для этого своей работой. Для этого команда использует инструмент Summary of Responsibilities – краткое описание ответственности, что может соответствовать одновременно и матрице распределения ответственности между членами проектной команды RACI и матрице распределения ответственности RAM, т. е. в сочетании двух структур OBS и WBS в классической методологии управления проектами [84].

Пример Summary of Responsibilities Relevant to Quality –
Краткое описание обязанностей, имеющих отношение к качеству

Role	Responsibilities
1	2
Scrum Team	<ul style="list-style-type: none"> - Разрабатывает и сопровождает все результаты в ходе спринтов до момента их передачи конечным пользователям - Практикует и поощряет хорошую коммуникацию, чтобы требования были прояснены и полностью поняты - Делится знаниями, чтобы члены команды ознакомились со всем набором функций и, следовательно, извлекли пользу из опыта других команд - Оперативно вносит соответствующие изменения в поставляемые продукты
Product Owner / Chief Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> - Излагает бизнес-требования к продукту и четко определяет их в приоритетном бэклоге продукта - Оценивает жизнеспособность и гарантирует, что поставляемая продукция соответствует требованиям к качеству - Устанавливает минимальные критерии выполнения для всего проекта, включая критерии приемки соответствующей программы - Содействует созданию критериев приемки для пользовательских историй - Проверяет и валидирует разработку во время демонстрационного и валидационного спринта
Scrum Master / Chief Scrum Master	<ul style="list-style-type: none"> - Способствует формированию менталитета «команда превыше всего», когда речь идет о качестве - Устраняет препятствия в окружающей среде, которые могут повлиять на качество результатов и процессов - Обеспечивает поддержание устойчивого темпа, при котором основное внимание уделяется качеству, а не скорости - Обеспечивает правильное следование процессам Scrum всеми членами команды, включая владельца продукта
Program Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> - Устанавливает минимальные критерии выполнения для всей программы - Проверяет результаты выполнения программы
Program Scrum Master	<ul style="list-style-type: none"> - Обеспечивает поддержание устойчивого темпа, при котором основное внимание уделяется качеству, а не скорости
Portfolio Product Owner	<ul style="list-style-type: none"> - Устанавливает минимальные критерии выполнения для всего портфолио - Проверяет портфолио Результатов работы
Portfolio Scrum Master	<ul style="list-style-type: none"> - Обеспечивает поддержание устойчивого темпа, при котором основное внимание уделяется качеству, а не скорости
Stakeholder(s)	<ul style="list-style-type: none"> - Проверяет и принимает результаты и конечный продукт
Scrum Guidance Body	<ul style="list-style-type: none"> - Дает определение выполненной работы - Предоставляет рамки и руководство по разработке критериев приемки - Определяет набор инструментов, которые могут быть использованы Скрам-командой для разработки и проверки продукта

Наиболее интересным аспектом методологии Scrum, с точки зрения исследуемой проблемы повышения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов, является самостоятельное стремление Scrum-команды к постоянному увеличению уровня производительности труда. Производительность трудовых ресурсов команды измеряют с помощью Burndown Charts – «диаграммы сгорания» (рис. 25).

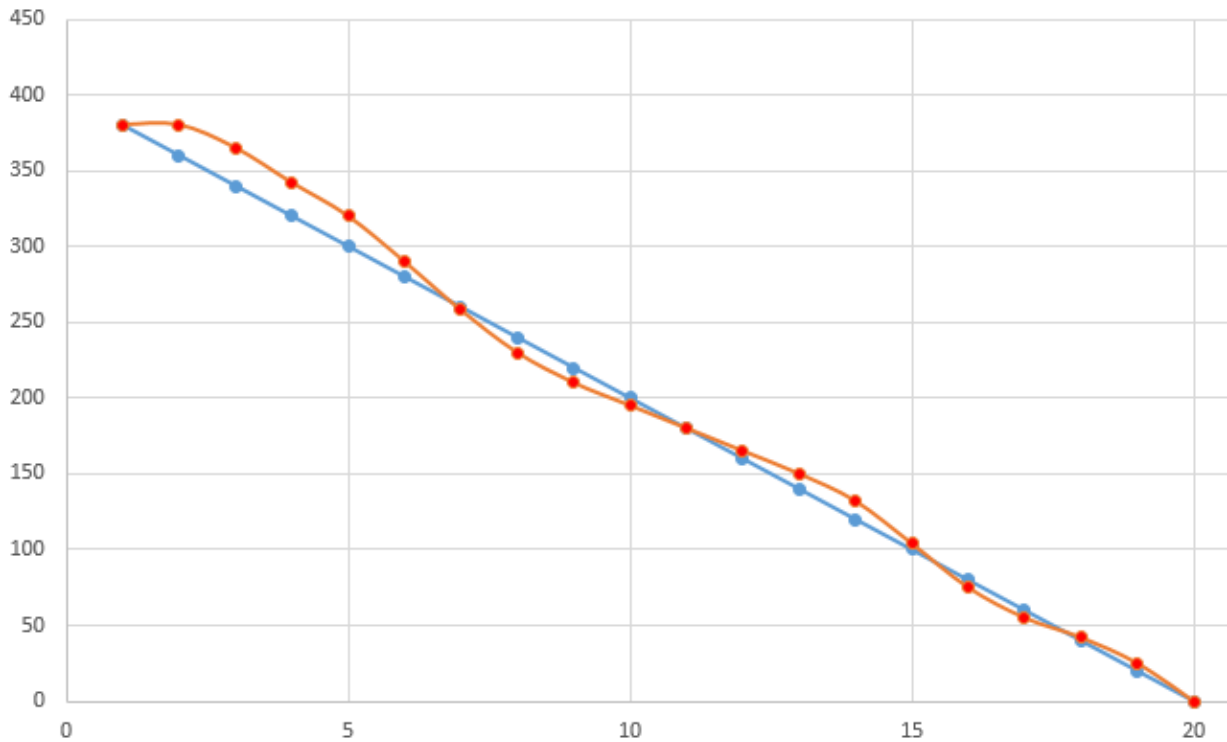


Рисунок 25. Диаграмма сгорания [45]

Синей (прямой) линией на диаграмме сгорания отмечен плановый объем выполнения, измеряемый в баллах, на значение которого следует опираться для достижения ключевых показателей.

Красной линией на диаграмме отмечен фактический объем выполнения задач, измеряемый в баллах.

По шкале Y измеряется плановый и фактический объем выполнения (можно использовать бальную оценку, количественные показатели: человеко/часы, количество задач и стоимостные показатели).

По шкале X отмечают количество дней до окончания спринта.

Диаграмма сгорания – это способ визуализации корреляции между объемом оставшейся работы в любой момент времени и процессом сокращения этой работы командой проекта.

Аналогом методологии Scrum и одновременно примером использования гибкой методологии в строительстве может считаться метод, известный под названием «бригадный подряд», который был впервые применен в СССР бригадой Заслуженного строителя и дважды Героя социалистического труда Николая Анатольевича Злобина, относившейся к тресту «Зеленоградстрой», при строительстве 14-этажного корпуса в Зеленограде в 1970 году. Сущность эксперимента заключалась в том, что управление всеми процессами строительства на этапе реализации с полным контролем бюджета поручалось непосредственно бригаде. В случае получения экономии от выделяемых денежных средств, при условии соблюдения технологии и сроков строительства бригада получала премию в размере 20 000 рублей, что в то время считалось значительной суммой. Таким образом, бригада была заинтересована в сокращении (не увеличении) своей численности при увеличении производительности труда, которую они контролировали самостоятельно. Во всех последующих проектах строительства в бригаде наблюдался эффект увеличения производительности труда. Это позволило сэкономить значительную часть средств, выделяемых на строительство и сдавать объекты раньше нормативного срока. В дальнейшем, эксперимент получил широкую известность и применялся на строительстве других объектов народного хозяйства [72, 121].

Зафиксируем выводы подраздела 1.6:

- в качестве основных особенностей методологии Scrum были выделены следующие: сочетание унификации процессов управления и простота применения метода, самоорганизация Scrum-команды, возможность применения инструмента в процессах строительства, возможность использования методов управления производительностью труда;

- преимуществами можно считать: явным образом выраженная возможность использования методологии Scrum для унификации процессов распределения от-

ветственности и контроля производительности ресурсов, в том числе с использованием методики освоенного объема, распределение командных ролей и ответственности;

- к недостаткам можно отнести чрезмерное стремление методологии к упрощению процессов планирования и субъективное отрицание возможности использования методов классического управления проектами в Agile-проектах при их фактическом применении на практике.

Выводы по главе 1

1. Выделено три основных общепринятых метода определения производительности трудовых ресурсов: стоимостной метод, натуральный метод и нормативный метод. Учитывая недостатки вышеописанных методов, в качестве базового показателя для измерения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов в данном исследовании было предложено использовать отдельный показатель – коэффициент производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

2. В завершении второго направления исследования были сделаны выводы о причинах недостатков использования методики освоенного объема для управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов в строительстве. Методика освоенного объема практически не используется руководителями проектов для определения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов из-за сложности использования большого количества расчетных данных ввиду высокой трудоемкости детального ресурсного планирования в сравнении с детальными данными о фактическом использовании ресурсов. В результате была решена первая основная задача диссертационного исследования – выявлен необходимый и достаточный перечень внутренних недостатков метода освоенного объема, относящихся к параметрам производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

3. В завершении третьего направления исследования выводы о причинах недостатков в методах декомпозиции в совокупности с использованием показателей

методики освоенного объема для управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов привели к определению новых исследовательских проблем требующих решений. Таким образом было найдено решение второй основной исследовательской задачи – выявлены основные недостатки подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта препятствующих решению вопросов управления уровнем производительности трудовых и нетрудовых ресурсов.

4. Исследование четвертого направления позволило сделать выводы о наличии причинно-следственных связей между недостатками в методах декомпозиции, показателей метода освоенного объема, производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов и контрактной стратегией, что решило третью основную задачу исследования. Также, по результатам исследования практик формирования контрактной модели, был сделан вывод о наличии приоритета юридической формы фиксации обязательств над структурой WBS в вопросах ее построения.

5. Исследование пятого направления позволяет утверждать о возможности использования многоуровневой модели планирования для моделирования будущих практических результатов исследования связанных с решением проблем снижения производительности трудовых и нетрудовых ресурсов на всех уровнях управления проектом. Для использования данного инструмента в исследовании необходимо поставить и решить новую задачу – разработать практическую многоуровневую модель календарно-сетевое планирования.

6. Результатами исследования шестого направления были проанализированы и выделены особенности, преимущества и недостатки методологии Scrum, которые могут быть применены в исследовании для решения задач управления производительностью трудовых и нетрудовых ресурсов в строительных проектах.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ДЕКОМПОЗИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ОСВОЕННОГО ОБЪЕМА

2.1. Разработка основы интеграционной исследовательской модели

На основании данных, полученных в результате исследования по шести направлениям и выявленных проблемам, противоречий, причин их возникновения, найденных взаимосвязей и сформулированных выводов, создана интеграционная исследовательская модель, в которой последовательно рассматривались три основных вопроса:

- формализация новых подходов к декомпозиции содержания проекта, включающих выявленные методологические противоречия;
- оптимизация отдельных показателей методики освоенного объема для группы проектных ресурсов (трудовых и нетрудовых ресурсов) с учетом и без учета декомпозиции;
- формулировка механизма управленческого воздействия на параметры производительности группы проектных ресурсов (трудовых и нетрудовых ресурсов) с использованием методологии Scrum.

Было выдвинуто утверждение о том, что все результаты реализации проекта являются предметом договора:

$$\begin{aligned} \forall c \in C \cap P: \\ \varphi(c) = \text{результат} \end{aligned} \quad (26)$$

где c – любой договор (контракт), содержащий предмет договора,

C – множество договоров,

P – множество проектов.

Утверждение можно опровергнуть, если в существующих множествах будет найден договор, который не содержит результата:

$$\begin{aligned} \exists c \in C \cap P: \\ \varphi(c) \neq \text{результат} \end{aligned} \quad (27)$$

Так как в Гражданском Кодексе РФ определено, что предмет договора является обязательным условием, поэтому данное утверждение является истинным.

Поскольку использование контрактного подхода связано с распределением ответственности за отдельные результаты проекта, а оценка производительности с предложенным распределением ресурсов, то данный подход влияет на формирование структуры WBS.

В этой части исследования необходимо вернуться к формуле (4), пересмотреть отношение к трактовке и рассмотреть влияние показателя – *коэффициент производительности трудовых и нетрудовых ресурсов* k_p . Показатель V_E – *суммарное количество (объем) трудовых и нетрудовых ресурсов* содержит с точки зрения контрактного подхода, т. е. с возможностью заключения договорных обязательств с субъектом или группой субъектов проекта, которые являются ресурсами проекта. Трудовые ресурсы, объем которых может быть определен показателем V_L , являясь физическими лицами, могут выступать субъектами договорных отношений, тогда как нетрудовые ресурсы, к которым относится строительная техника, вспомогательные механизмы и другие инструменты, объем которых может быть определен показателем V_{NL} не могут выступать субъектами договорных отношений ввиду своего правового статуса, при этом нетрудовые ресурсы могут быть использованы трудовыми ресурсами для выполнения работ при реализации проекта, т. е. для достижения результата.

В связи с вышеизложенным, предлагается ввести новое понятие «*Исполнительные ресурсы*» (англ. Executive Resources) – т. е. *суммарное количество трудовых и нетрудовых ресурсов* для показателя V_E :

$$V_E = \sum V_L + V_{NL}, \quad (28)$$

где V_E – *объем исполнительных ресурсов,*

V_L – *объем (количество) трудовых ресурсов,*

V_{NL} – *объем (количество) нетрудовых ресурсов.*

Предлагается переименовать *коэффициент производительности трудовых и нетрудовых ресурсов* k_p с новым названием – *коэффициент производительности*

исполнительных ресурсов k_E и использовать полученный показатель в дальнейшем исследовании в следующей формуле:

$$k_E = \frac{V_M}{V_E}, \quad (29)$$

где k_E – коэффициент производительности исполнительных ресурсов
 V_E – объем исполнительных ресурсов,
 V_M – физический объем (количество) материальных ресурсов.

Поскольку использование контрактного подхода связано с распределением ответственности за отдельные результаты проекта, что является обязательным критерием для формирования WBS, а оценка производительности связана с распределением объемов ресурсов и определением отношения *физического объема материальных ресурсов* V_M к *объему исполнительных ресурсов* V_E , то данный подход может быть использован для формирования новой типовой структуры WBS, которая позволит оперативно измерять показатели производительности исполнительных ресурсов и не потребует дополнительных усилий от руководителя проекта.

На основании данного утверждения разработана типовая рекомендуемая структура WBS с «Ресурсно-контрактным» принципом декомпозиции – *Resource - Contract Principle Breakdown of Project*» (рис. 26).

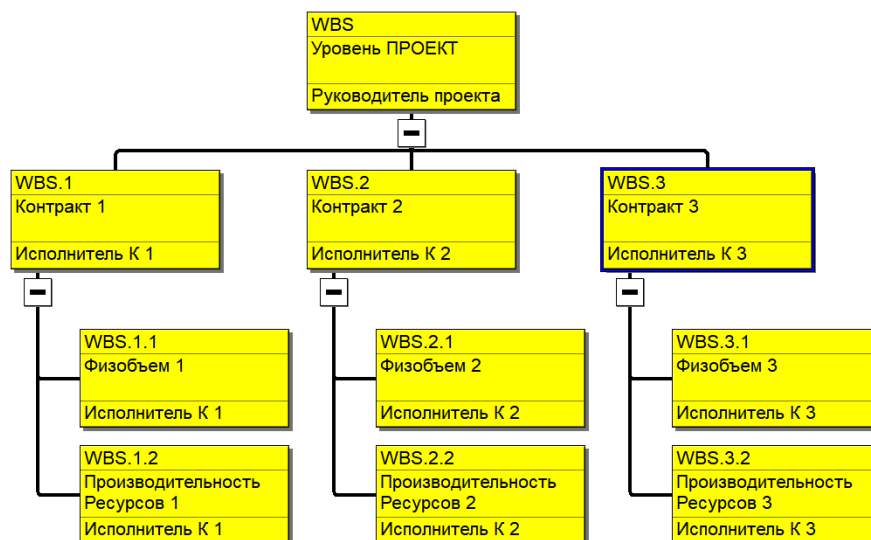


Рисунок 26. Ресурсно-контрактный принцип декомпозиции WBS

Рекомендуемая структура WBS с ресурсно-контрактной декомпозицией содержания проекта представлена в табличной форме (рис. 27).

Код WBS	Название WBS	Уровень
WBS	Уровень ПРОЕКТ	Проект
WBS.1	Контракт 1	Уровень 1
WBS.1.1	Физобъем 1	Уровень 2
WBS.1.2	Производительность Ресурсов 1	Уровень 2
WBS.2	Контракт 2	Уровень 1
WBS.2.1	Физобъем 2	Уровень 2
WBS.2.2	Производительность Ресурсов 2	Уровень 2
WBS.3	Контракт 3	Уровень 1
WBS.3.1	Физобъем 3	Уровень 2
WBS.3.2	Производительность Ресурсов 3	Уровень 2

Рисунок 27. Табличная форма WBS с ресурсно-контрактной декомпозицией

В примере структуры WBS, изображенным на рис. 27, подход ресурсно-контрактной декомпозиции применяется ко всем узлам WBS независимо от того, можно ли определить V_M – физический объем материальных ресурсов или нет, поэтому 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 физического объема материальных ресурсов вышележащего уровня $V_{M(l)}$ к объему исполнительных ресурсов $V_{E(l+1)}$.

$$k_{E(l+1)} = \frac{V_{M(l)}}{V_{E(l+1)}}, \quad (30)$$

где $k_{E(l+1)}$ – коэффициент производительности исполнительных ресурсов для уровня $l+1$;

$V_{M(l)}$ – физический объем материальных ресурсов для уровня l ,

$V_{E(l+1)}$ – объем исполнительных ресурсов для уровня $l+1$.

Кроме перераспределения значений объемов ресурсов по уровням WBS, необходимо обязательно вносить корректировки в структуру WBS для определения физического объема, выполняемого исполнительными ресурсами. Данные для расчета коэффициента производительности исполнительных ресурсов k_E аналогичны данным, полученным с помощью расчетов показателей BAC , PV , AC по методике освоенного объема, так как измеряются в денежном выражении.

В случае выполнения пакетов работ только исполнительными ресурсами, например, в случае если контрактом предусмотрено выполнение услуг и не предусмотрен V_M – физический объем материальных ресурсов, то узел WBS, содержащий значение показателя $V_{M(l)}$ – физического объема материальных ресурсов для уровня l необходимо исключать из структуры WBS проекта, так как значение показателя $V_{M(l)}$ будет равно нулю. Для данного подхода установлены Правило 1 и Правило 2.

Правило 1 – если $V_{M(l)} > 0$, то при формировании необходимо использовать узел WBS = Физобъем (рис. 28).

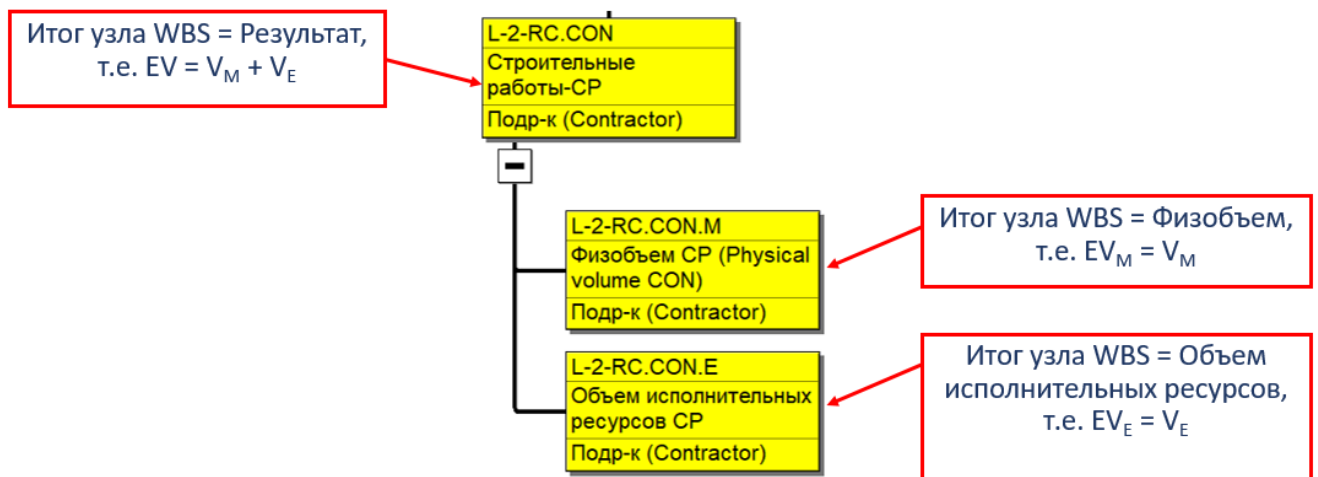


Рисунок 28. Схема применения Правила 1 для формирования WBS с Ресурсно-контрактной декомпозицией с узлом Физобъем

Правило 2 – если $V_{M(l)} \leq 0$, то при формировании исключить узел WBS = Физобъем и использовать значение WBS = Результат (рис. 29).



Рисунок 29. Схема применения Правила 2. Для формирования WBS с Ресурсно-контрактной декомпозицией без узла Физобъем

Таким образом, WBS с Ресурсно-контрактной декомпозицией может иметь следующую структуру (рис. 30 и 31).

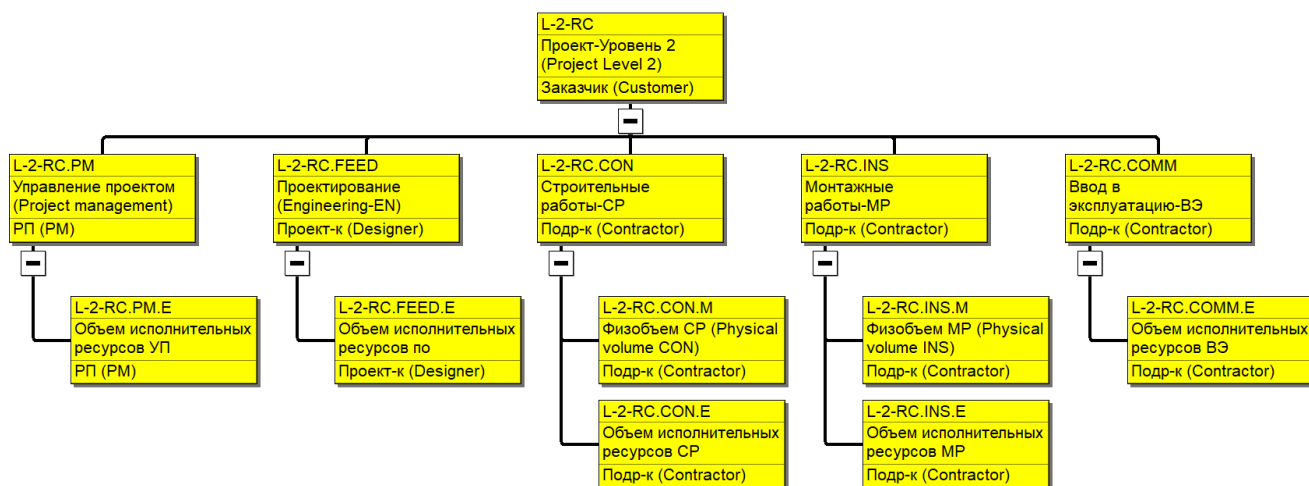


Рисунок 30. Пример формирования WBS с Ресурсно-контрактной декомпозицией

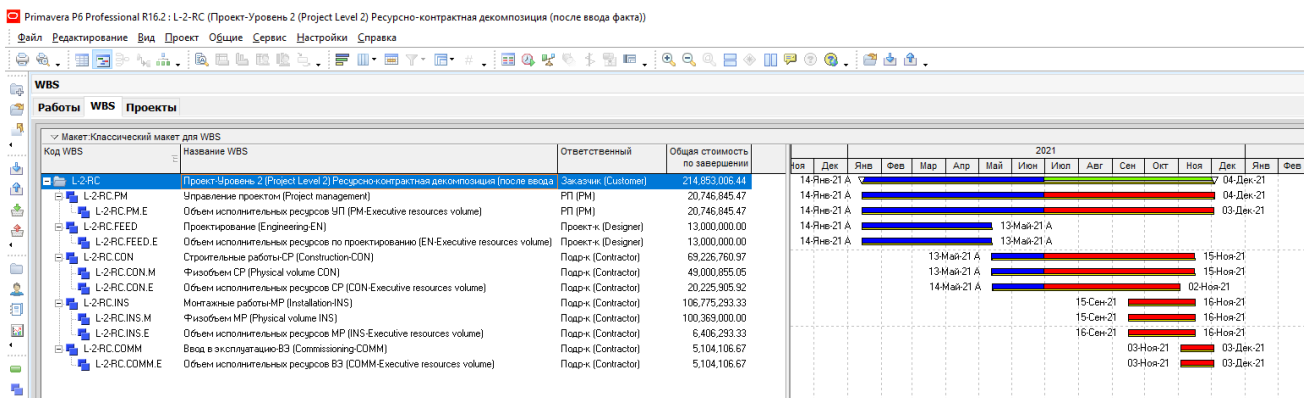


Рисунок 31. Пример формирования WBS с Ресурсно-контрактной декомпозицией в Primavera P6 Professional

Для подтверждения возможности применения результатов исследования на практике, с использованием ИСУП Primavera P6 Professional, был разработан экспериментальный многоуровневый календарно-сетевой график условного проекта строительства с использованием ресурсно-контрактной декомпозиции (рис.32).

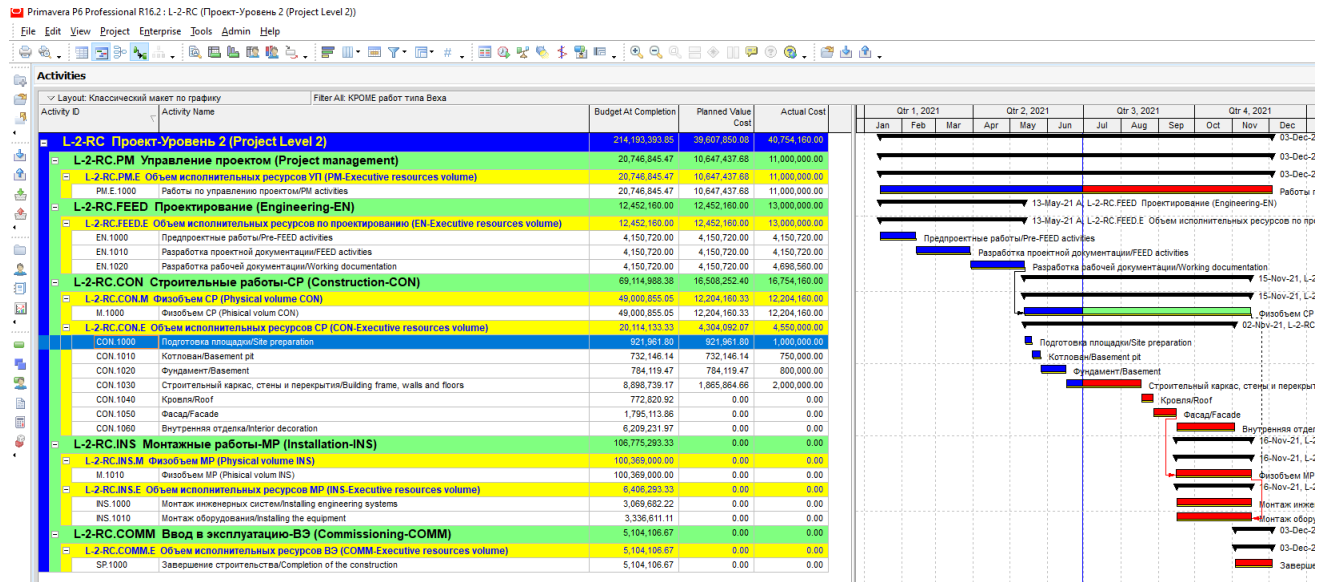


Рисунок 32. Фрагмент экспериментального многоуровневого календарно-сетевых графика проекта

Таким образом формализованы новые подходы к декомпозиции содержания проекта, исключающие выявленные методологические противоречия, связанные с использованием контрактного подхода, в результате чего:

- принят новый подход к формированию WBS, получивший название «Ресурсно-контрактный принцип декомпозиции WBS»;
- введено понятие «Исполнительные ресурсы»;
- введен в использование новый термин – коэффициент производительности исполнительных ресурсов;
- уточнены формулы расчета коэффициента производительности исполнительных ресурсов для его использования в интеграции с «Ресурсно-контрактный принцип декомпозиции WBS».

2.2. Разработка показателей управления производительностью исполнительных ресурсов

На основании стандартизированной структуры WBS обоснована и произведена интеграция отдельных типов ресурсов проекта, позволяющая производить укрупненные, но при этом более точные чем традиционные, расчеты параметров их производительности и получен новый термин – *Executive Resources* – *исполнительные ресурсы*. Для исследования влияния исполнительных ресурсов выполнены следующие шаги:

- разработана логическая модель управления производительностью для операций календарно-сетевых графиков;
- разработаны формулы для расчета нормативных показателей;
- разработаны формулы для расчета фактических показателей;
- разработаны формулы для расчета прогнозных показателей;
- внесены дополнения в состав формул методики освоенного объема и разработать модель определения плановой, фактической и требуемой производительности строительных ресурсов как для отдельных работ, так и для рекомендуемой структуры WBS.

Для наглядного представления модели управления производительностью для операций календарно-сетевых графиков разработана экспериментальная календарно-сетевая модель в логике управления производительностью исполнительных ресурсов (рис. 33 и 34).

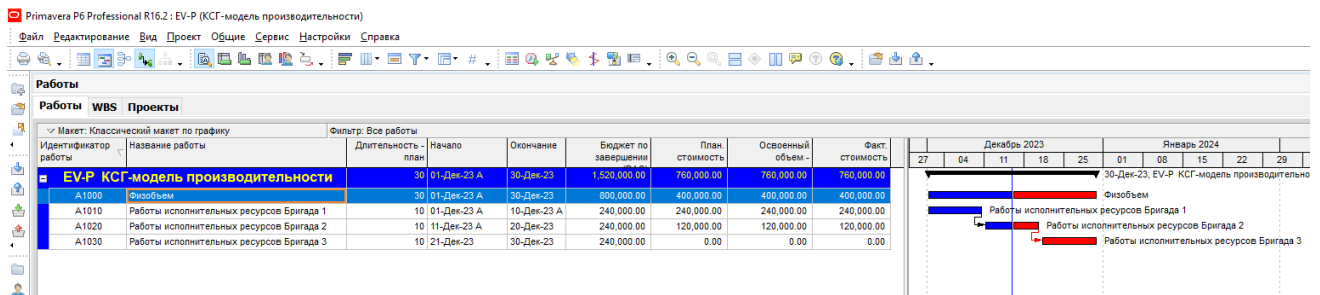


Рисунок 33. Календарно-сетевой график в логике управления производительностью исполнительных ресурсов

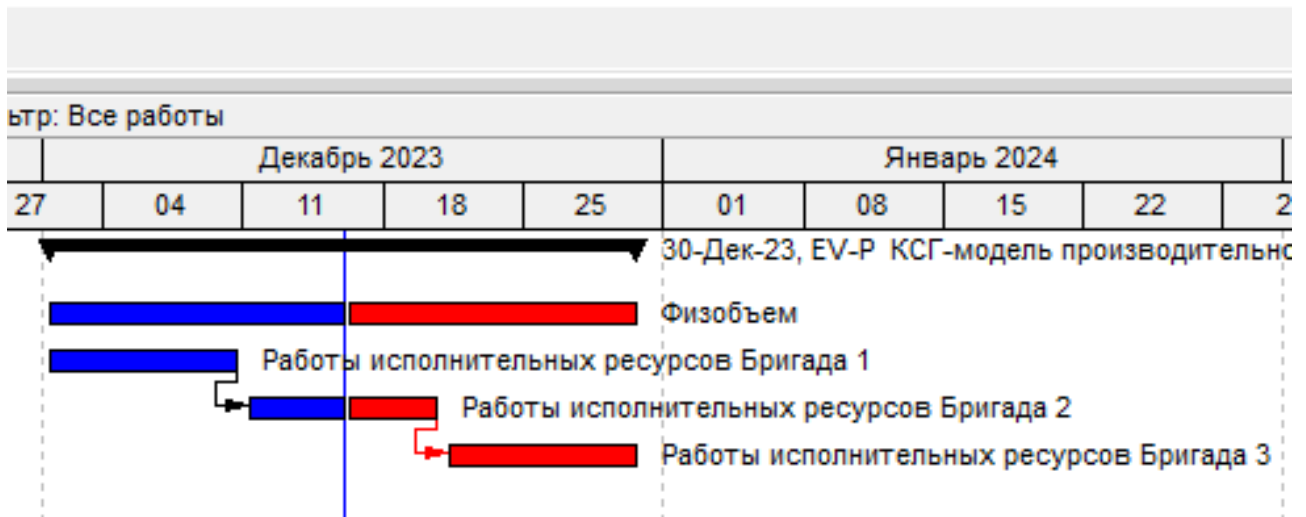


Рисунок 34. Логика управления производительностью исполнительных ресурсов на Диаграмме Гантта

Описание экспериментального комплексного сетевого графика (КСГ).

На рисунках 33-34 изображен календарно-сетевой график, состоящий из четырех операций (таблица 5).

Таблица 5

Таблица работ экспериментального проекта со значениями показателей EVM

Идентификатор	Название операции	Длительность - план	Бюджет по завершении (ВАС)	PV Плановый объем	EV Освоенный объем	АС Фактическая стоимость
A1000	Физобъем	30	800,000.00	400,000.00	400,000.00	400,000.00
A1010	Работы исполнительных ресурсов Бригада 1	10	240,000.00	240,000.00	240,000.00	240,000.00
A1020	Работы исполнительных ресурсов Бригада 2	10	240,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00
A1030	Работы исполнительных ресурсов Бригада 3	10	240,000.00	0	0	0

Операции A1010, A1020, A1030 последовательно соединены между собой технологическими зависимостями типа ФС (Финиш-к-старту).

На операции A1010, A1020, A1030 назначены исполнительные ресурсы (трудовые и нетрудовые), которые представляют собой Бригады 1, 2, 3 и выполняют однотипные работы последовательно.

Длительность каждой операции A1010, A1020, A1030 составляет 10 дней, все операции принадлежат критическому пути, что определяет длительность проекта равной 30 дням.

На первой позиции КСГ находится операция A1000, которая содержит только материальные ресурсы, т. е. является физическим объемом.

Длительность операции A1000 составляет 30 дней, она также принадлежит критическому пути, но не имеет технологических зависимостей, поскольку ее длительность зависит от суммарной длительности операций A1010, A1020, A1030. Этот эффект получен благодаря выбору настройки типа данной операции «Суммарная WBS».

По сценарию прошло ровно 15 дней, работы выполняются в соответствии с базовым планом, что можно увидеть из значений показателей PV, EV и AC.

С целью решения задачи использования показателей методики освоенного объема: *PV* – плановый объем, *EV* – освоенный объем и *AC* – фактическая стоимость, для управления производительностью исполнительных ресурсов, введем новый базовый термин: *PR_E* – *Productivity Ratio of Executive Resources* – базовый показатель производительности исполнительных ресурсов для идеального состояния завершеного проекта в котором фактические показатели равны плановым:

$$PR_E = \frac{PV - PV_E}{PV_E} = \frac{EV - EV_E}{EV_E} = \frac{AC - AC_E}{AC_E} = k_E, \quad (31)$$

где *PR_E* – *Productivity Ratio of Executive Resources* – базовый показатель производительности исполнительных ресурсов;

k_E – коэффициент производительности исполнительных ресурсов;

PV – *Planned Value* – плановый объем;

PV_E – *Executive Resources Planned Value* – плановый объем исполнительных ресурсов, который в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$PV_E = PV_L + PV_{NL}, \quad (32)$$

где PV_L – *Labor Resources Planned Value* – плановый объем трудовых ресурсов;
 PV_{NL} – *Non-Labor Resources Planned Value* – плановый объем нетрудовых ресурсов;

EV – *Earned Value* – освоенный объем;

EV_E – *Executive Resources Earned Value* – освоенный объем исполнительных ресурсов, который в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$EV_E = EV_L + EV_{NL}, \quad (33)$$

где EV_L – *Labor Resources Earned Value* – освоенный объем трудовых ресурсов;

EV_{NL} – *Non-Labor Resources Earned Value* – освоенный объем нетрудовых ресурсов;

AC – *Actual Cost* – фактическая стоимость;

AC_E – *Executive Resources Actual Cost* – фактическая стоимость исполнительных ресурсов, который в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$AC_E = AC_L + AC_{NL}, \quad (34)$$

где AC_L – *Labor Resources Actual Cost* – фактическая стоимость трудовых ресурсов;

AC_{NL} – *Non-Labor Resources Actual Cost* – фактическая стоимость нетрудовых ресурсов.

Важным шагом в управлении производительностью исполнительных ресурсов является определение нормативов производительности. Для решения этой задачи используем показатель PV – плановый объем и введем новый термин: $PR_{E(plan)}$ – *Planned Productivity Ratio of Executive Resources* – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов.

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

$$PR_{E(plan)} = \frac{PV - PV_E}{PV_E}, \quad (35)$$

где $PR_{E(plan)}$ – *Planned Productivity Ratio of Executive Resources* – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов операции, который может быть рассчитан исходя из значений показателя PV для каждой отдельной операции календарно-сетевого графика, содержащей исполнительные ресурсы.

Нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов $PR_{E(plan)}$ равен коэффициенту плановой производительности исполнительных ресурсов $k_{E(plan)}$, который является нормативным значением коэффициента производительности исполнительных ресурсов k_E :

$$PR_{E(plan)} = k_{E(plan)}, \quad (36)$$

В свою очередь $k_{E(plan)}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов рассчитывается по формуле:

$$k_{E(plan)} = \frac{V_{(plan)} - V_{E(plan)}}{V_{E(plan)}}, \quad (37)$$

где $k_{E(plan)}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов операции;

$V_{(plan)}$ – плановый объем (количество) всех ресурсов операции;

$V_{E(plan)}$ – плановый объем (количество) исполнительных ресурсов операции.

Формулы расчета нормативного показателя производительности исполнительных ресурсов $PR_{E(plan)}$ предназначены для использования в календарно-сетевых графиках строительных проектов, созданных с использованием логической модели управления производительностью, но также могут быть использованы и в календарно-сетевых графиках строительных проектов, созданных без использования логической модели управления производительностью, однако это потребует дополнительных расчетов.

На основании формулы (35) определён нормативной производительности исполнительных ресурсов с использованием значения показателя объема материальных ресурсов – планового физического объема:

$$PR_{E(plan)} = \frac{PV_M}{PV_E}, \quad (38)$$

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

PV_E – *Executive Resources Planned Value* – плановый объем исполнительных ресурсов операции;

PV_M – *Physical Planned Value* – плановый объем материальных ресурсов операции, или плановый физический объем операции, который рассчитывается по формуле:

$$PV_M = PV - PV_L + PV_{NL}, \quad (39)$$

Аналогичным образом получена формула коэффициента нормативной производительности исполнительных ресурсов $k_{E(plan)}$:

$$k_{E(plan)} = \frac{V_{M(plan)}}{V_{E(plan)}}, \quad (40)$$

где $k_{E(plan)}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов операции;

$V_{M(plan)}$ – плановый физический объем операции;

$V_{E(plan)}$ – плановый объем исполнительных ресурсов операции.

Для определения фактической производительности исполнительных ресурсов для отдельных работ, проанализированы данные формулы (31). Сделано предположение, что условие равновесного состояния проекта, при котором фактические и плановые объемы ресурсов не равны друг другу, нарушено, но при этом предполагается, что значение физического объема строительной продукции соответствует данным проектной документации, тогда:

$$PR_E = \frac{PV - PV_E}{PV_E} \neq \frac{EV - EV_E}{EV_E} = \frac{AC - AC_E}{AC_E}. \quad (41)$$

После исключения из неравенства (41) нормативных значений плановых объемов получено уравнение, при котором значения показателей EV и AC равны:

$$\text{если } EV = AC, \text{ то } PR_E = \frac{EV - EV_E}{EV_E} = \frac{AC - AC_E}{AC_E}. \quad (42)$$

Известно, что показатели PV и EV могут рассчитываться в процентном отношении к одному и тому же показателю – BAC , *Budget at Completion* – бюджету по завершении:

$$PV = BAC \times n\%_{(plan)}, \quad (43)$$

где $n\%_{(plan)}$ – значение процента выполнения по плану и

$$EV = BAC \times n\%, \quad (44)$$

где $n\%_{(act)}$ – значение процента выполнения по факту.

Так как показатели PV и EV являются относительными величинами, следовательно, не представляется возможным использовать в расчетах производительности значение показателя EV_E – *Executive Resources Earned Value* – *освоенный объем исполнительных ресурсов*, так как в этом случае будет получено неравенство:

$$EV_E \neq AC_E, \quad (45)$$

где EV_E – *Executive Resources Earned Value* – *освоенный объем исполнительных ресурсов* операции;

AC_E – *Executive Resources Actual Cost* – *фактический объем исполнительных ресурсов* операции.

Следовательно, если $EV_E \neq AC_E$, то

$$PR_E = \frac{EV - EV_E}{EV_E} \neq \frac{AC - AC_E}{AC_E}. \quad (46)$$

Таким образом, получен показатель фактической производительности исполнительных ресурсов:

$$PR_{E(act)} = \frac{AC - AC_E}{AC_E}, \quad (47)$$

где $PR_{E(act)}$ – *Actual Productivity Ratio of Executive Resources* – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов операции;

AC_E – *Executive Resources Actual Cost* – фактический объем исполнительных ресурсов операции;

AC – *Actual Cost* – фактическая стоимость операции.

Формулы расчета показателя фактической производительности исполнительных ресурсов $PR_{E(act)}$ предназначены для использования в календарно-сетевых графиках строительных проектов, созданных с использованием логической модели управления производительностью, но также могут быть использованы и в календарно-сетевых графиках строительных проектов, созданных без использования логической модели управления производительностью, однако это потребует дополнительных расчетов.

На основе формулы (47) выделен показатель объема материальных ресурсов – фактического физического объема:

$$PR_{E(act)} = \frac{AC_M}{AC_E}, \quad (48)$$

где $PR_{E(act)}$ – *Actual Productivity Ratio of Executive Resources* – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов операции;

AC_M – *Actual Cost* – фактическая стоимость материальных ресурсов – фактический физический объем операции;

AC_E – *Executive Resources Actual Cost* – фактическая стоимость исполнительных ресурсов – фактический объем исполнительных ресурсов операции.

Показатель $PR_{E(act)}$ – *Actual Productivity Ratio of Executive Resources* – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов может быть использован том случае, если значения показателей EV_M и AC_M равны друг другу или превышение/изменения физических объемов строительной продукции утверждены в новом базовом плане:

$$EV_M = AC_M \quad (49)$$

Таким образом получена формула коэффициента фактической производительности исполнительных ресурсов $k_{E(act)}$:

$$k_{E(act)} = \frac{V_{M(act)}}{V_{E(act)}}, \quad (50)$$

где $k_{E(act)}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов операции;

$V_{M(act)}$ – фактический физический объем операции;

$V_{E(act)}$ – фактический объем исполнительных ресурсов 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:

$$EV_M \neq AC_M, \quad (51)$$

то существует необходимость использовать другой подход к определению производительности исполнительных ресурсов. Согласно формуле методики (18), возможно использовать вариант расчета показателя производительности, аналогичный формуле расчета показателя CPI . Тогда будет получено следующее уравнение:

$$PR_{E(earned)} = \frac{EV_M}{AC_E}, \quad (52)$$

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

EV_M – *Earned Value* – освоенный объем материальных ресурсов – освоенный физический объем операции.

AC_E – *Executive Resources Actual Cost* – фактическая стоимость исполнительных ресурсов – фактический объем исполнительных ресурсов операции.

Таким образом получена формула коэффициента освоенной производительности исполнительных ресурсов $k_{E(earned)}$:

$$k_{E(earned)} = \frac{V_{M(earned)}}{V_{E(act)}}, \quad (53)$$

где $k_{E(earned)}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов;

$V_{M(earned)}$ – фактический физический объем операции;

$V_{E(act)}$ – фактический объем исполнительных ресурсов операции.

Определение требуемой производительности исполнительных ресурсов для отдельных работ обусловлено необходимостью прогнозирования параметров производительности, что становится возможным с использованием логики расчета показателя $TCPI$, который рассчитывается по формуле (23). Формула расчета показателя $TCPI$ основывается на отношении оставшегося объема всех ресурсов, которое запланировано к использованию, по отношению к оставшемуся количеству денежных средств. С учетом логики настоящего исследования, показатель $TCPI$ может быть трансформирован в прогнозный показатель производительности:

$$TCPI_E = \frac{BAC_M - EV_M}{BAC_E - AC_E}, \quad (54)$$

где $TCPI_E$ – *To Complete Executive Resources Performance Index* – индекс требуемой производительности исполнительных ресурсов;

BAC_E – *Executive Resources Budget at Completion* – бюджет по завершении для исполнительных ресурсов;

BAC_M – *Physical Budget at Completion* – бюджет по завершении для физического объема;

EV_E – *Physical Earned Value* – освоенный объем материальных ресурсов операции или освоенный физический объем;

AC_E – *Executive Resource Actual Cost* – фактическая стоимость исполнительных ресурсов.

Далее рассмотрены формулы определения производительности для рекомендуемой структуры WBS:

а) формула определения нормативной производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов и/или видов работ, представляющих собой самый нижний уровень декомпозиции, рассчитывается по формуле с учетом суммирования показателей всех операций, принадлежащих узлу WBS:

$$PR_{E(plan)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n PV_{Mi}}{\sum_{i=m}^n PV_{Ei}}, \quad (55)$$

где $PR_{E(plan)wbs}$ – *Planned Productivity Ratio of Executive Resources* – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$$\sum_{i=m}^n PV_{Ei} – \textit{Executive Resources Planned Value} – \textit{плановый объем группы исполнителных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ};$$

полнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ};

$$\sum_{i=m}^n PV_{Mi} – \textit{Physical Planned Value} – \textit{плановый объем материальных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ, или плановый физический объем}.$$

для узла WBS, пакета и/или вида работ, или *плановый физический объем*.

Аналогичным образом получена формула коэффициента нормативной производительности исполнительных ресурсов $k_{E(plan)}$:

$$k_{E(plan)} = \frac{\sum_{i=m}^n V_{M(plan)i}}{\sum_{i=m}^n V_{E(plan)i}}, \quad (56)$$

где $k_{E(plan)wbs}$ – *коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ};*

$$\sum_{i=m}^n V_{M(plan)i} – \textit{плановый физический объем для узла WBS, пакета и/или вида работ};$$

работ;

$\sum_{i=m}^n V_{E(plan)i}$ – плановый объем группы исполнительных ресурсов для узла

WBS, пакета и/или вида работ.

б) формула определения фактической производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов и/или видов работ, представляющих собой самый нижний уровень декомпозиции, рассчитывается по формуле с учетом суммирования показателей всех операций, принадлежащих узлу WBS:

$$PR_{E(act)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n AC_{Mi}}{\sum_{i=m}^n AC_{Ei}}, \quad (57)$$

где $PR_{E(act)wbs}$ – *Actual Productivity Ratio of Executive Resources* – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$\sum_{i=m}^n AC_{Ei}$ – *Executive Resources Actual Cost* – фактический объем группы ис-

полнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$\sum_{i=m}^n AC_{Mi}$ – *Physical Actual Cost* – фактический объем материальных ресур-

сов для узла WBS, пакета и/или вида работ, или фактический физический объем.

Аналогичным образом получена формула коэффициента фактической производительности исполнительных ресурсов $k_{E(plan)wbs}$:

$$k_{E(act)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n V_{M(act)i}}{\sum_{i=m}^n V_{E(act)i}}, \quad (58)$$

где $k_{E(act)wbs}$ – коэффициент фактической производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$$\sum_{i=m}^n V_{M(act)i} - \text{фактический физический объем для узла WBS, пакета и/или}$$

вида работ;

$$\sum_{i=m}^n V_{E(act)i} - \text{фактический объем группы исполнительных ресурсов для узла}$$

WBS, пакета и/или вида работ.

в) Формула определения освоенной производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов и/или видов работ, представляющих собой самый нижний уровень декомпозиции и рассчитывается по формуле, с учетом суммирования показателей всех операций, принадлежащих узлу WBS:

$$PR_{E(earned)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n EV_{Mi}}{\sum_{i=m}^n AC_{Ei}}, \quad (59)$$

где $PR_{E(earned)wbs}$ – *Earned Productivity Ratio of Executive Resources* – показатель освоенной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$$\sum_{i=m}^n AC_{Ei} - \text{Executive Resources Actual Cost} - \text{фактический объем группы ис-}$$

полнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$$\sum_{i=m}^n EV_{Mi} - \text{Physical Earned Value} - \text{освоенный объем материальных ресурсов}$$

или освоенный физический объем, для узла WBS, пакета и/или вида работ.

Аналогичным образом выводим формулу коэффициента освоенной производительности исполнительных ресурсов $k_{E(earned)wbs}$:

$$k_{E(earned)wbs} = \frac{\sum_{i=m}^n V_{M(earned)i}}{\sum_{i=m}^n V_{E(act)i}}, \quad (60)$$

где $k_{E(earned)wbs}$ – коэффициент освоенной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$\sum_{i=m}^n V_{M(earned)i}$ – освоенный физический объем для узла WBS, пакета и/или

вида работ;

$\sum_{i=m}^n V_{E(act)i}$ – фактический объем группы исполнительных ресурсов для узла

WBS, пакета и/или вида работ.

г) Определение требуемой производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов и/или видов работ, представляющих собой самый нижний уровень декомпозиции, рассчитывается аналогично по формуле (54), но с учетом суммирования показателей всех операций, принадлежащих узлу WBS:

$$TCPI_{Ewbs} = \frac{BAC_{Mwbs} - \sum_{i=m}^n EV_{Mi}}{BAC_{Ewbs} - \sum_{i=m}^n AC_{Ei}} \quad (61)$$

где $TCPI_{Ewbs}$ – *To Complete Executive Resources Performance Index* – индекс требуемой производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

BAC_{Mwbs} – *Physical Budget at Completion* – бюджет по завершении для физического объема для узла WBS, пакета и/или вида работ;

BAC_{Ewbs} – *Executive Resources Budget at Completion* – бюджет по завершении для исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$$\sum_{i=m}^n AC_{Ei} - \text{Executive Resources Actual Cost} - \text{фактический объем группы ис-}$$

полнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$$\sum_{i=m}^n EV_{Mi} - \text{Physical Earned Value} - \text{освоенный объем материальных ресурсов}$$

для узла WBS, пакета и/или вида работ, или *освоенный физический объем*.

Таким образом, были разработаны формулы определения показателей ($PR_{E(plan)}$, $PR_{E(act)}$, $PR_{E(earned)}$) и коэффициентов ($k_{E(plan)}$, $k_{E(act)}$, $k_{E(earned)}$) нормативной, фактической и освоенной производительности исполнительных ресурсов для отдельных операций, формулы определения показателей ($PR_{E(plan)wbs}$, $PR_{E(act)wbs}$, $PR_{E(earned)wbs}$) и коэффициентов ($k_{E(plan)wbs}$, $k_{E(act)wbs}$, $k_{E(earned)wbs}$) нормативной, фактической и освоенной производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов и/или видов работ, которые могут быть определены на текущую дату реализации строительного проекта на любом этапе его жизненного цикла.

Для определения сравнительного отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов на текущую дату предложен новый показатель: $\Delta k_{E(plan)}$ – коэффициент отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов в процентном выражении, который может быть рассчитан для отдельных операций строительного проекта следующим образом:

$$\Delta k_E = \left(\frac{k_{E(act)}}{k_{E(plan)}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (62)$$

или, в случае если *освоенный физический объем и фактический физический объем не равны*, то, для расчета коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов необходимо использовать $k_{E(earned)}$:

$$\Delta k_E = \left(\frac{k_{E(earned)}}{k_{E(plan)}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (63)$$

где Δk_E – коэффициент отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов в процентном выражении для отдельных операций строительного проекта;

$k_{E(plan)}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов для отдельных операций строительного проекта;

$k_{E(act)}$ – коэффициент фактической производительности исполнительных ресурсов для отдельных операций строительного проекта;

$k_{E(earned)}$ – коэффициент освоенной производительности исполнительных ресурсов для отдельных операций строительного проекта.

Для определения сравнительного отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов на текущую дату предложен новый показатель: $\Delta k_{E(plan)wbs}$ – коэффициент отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов в процентном выражении, который может быть рассчитан для узлов WBS, пакетов и/или видов работ строительного проекта следующим образом:

$$\Delta k_{E(wbs)} = \left(\frac{k_{E(act)wbs}}{k_{E(plan)wbs}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (64)$$

или, в случае если *освоенный физический объем и фактический физический объем не равны*, то, для расчета коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов необходимо использовать $k_{E(earned)wbs}$:

$$\Delta k_{E(wbs)} = \left(\frac{k_{E(earned)wbs}}{k_{E(plan)wbs}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (65)$$

где $\Delta k_{E(wbs)}$ – коэффициент отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов в процентном выражении для узлов WBS, пакетов и/или видов работ;

$k_{E(plan)wbs}$ – коэффициент нормативной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$k_{E(act)wbs}$ – коэффициент фактической производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ;

$k_{E(earned)wbs}$ – коэффициент освоенной производительности исполнительных ресурсов для узла WBS, пакета и/или вида работ.

Значение коэффициентов отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов в процентном выражении Δk_E и $\Delta k_{E(wbs)}$ необходимо трактовать следующим образом:

- отрицательное значение показателя отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов указывает на снижение уровня фактической производительности исполнительных ресурсов,

- положительное значение показателя отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов указывает на увеличение уровня фактической производительности исполнительных ресурсов.

На основании вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

1. Формализованы подходы к декомпозиции содержания проекта исключая выявленные в Разделе 1 методологические противоречия и разработана типовая рекомендуемая структура WBS с «Ресурсно-контрактным» принципом декомпозиции.

2. Разработана логическая модель управления производительностью для операций календарно-сетевого графика.

3. В результате исследования для использования нового подхода измерения и прогнозирования производительности исполнительных ресурсов в методике освоенного объема были разработаны двенадцать дополнительных показателей:

1. PR_E – *Productivity Ratio of Executive Resources* – базовый показатель производительности исполнительных ресурсов;

2. PV_E – *Executive Resources Planned Value* – плановый объем исполнительных ресурсов;

3. PV_M – *Physical Planned Value* – плановый объем материальных ресурсов операции или плановый физический объем;

4. AC_E – *Executive Resources Actual Cost* – фактический объем исполнительных ресурсов;
5. EV_M – *Earned Value of Material Resources* – освоенный объем материальных ресурсов – освоенный физический объем;
6. $PR_{E(plan)}$ – *Planned Productivity Ratio of Executive Resources* – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов;
7. $PR_{E(act)}$ – *Actual Productivity Ratio of Executive Resources* – показатель фактической производительности исполнительных ресурсов;
8. $PR_{E(earned)}$ – *Earned Productivity Ratio of Executive Resources* – показатель освоенной производительности исполнительных ресурсов;
9. $TCPI_E$ – *To Complete Executive Resources Performance Index* – индекс требуемой производительности исполнительных ресурсов;
10. BAC_E – *Executive Resources Budget at Completion* – бюджет по завершении для исполнительных ресурсов;
11. BAC_M – *Physical Budget at Completion* – бюджет по завершении для физического объема;
12. Δk_E и $\Delta k_{E(wbs)}$ – коэффициент отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов в процентном выражении для отдельных операций и для узлов WBS, пакета и/или вида работ строительного проекта.

На базе внесенных изменений в методику освоенного объема была разработана «Декомпозированная методики освоенного объема BEVM – Breakdown Earned Value Method».

2.3. Формулировка механизма управленческого воздействия на параметры производительности исполнительных ресурсов

Полученные формулы расчета эффекта увеличения производительности исполнительных ресурсов применены для Scrum-команд при планировании нормативного показателя производительности исполнительных ресурсов будущих проектов.

Процесс, который Scrum-команда использует для увеличения своей производительности в каждом последующем спринте можно выразить с помощью формул *эффекта удвоения производительности* [117] или *L-кривой обучения*, известными как Закон Райта [120, 123], в виде математической зависимости количества произведенной продукции и объема усилий, направленных на ее производство – выраженной экспонентой (рис. 35).

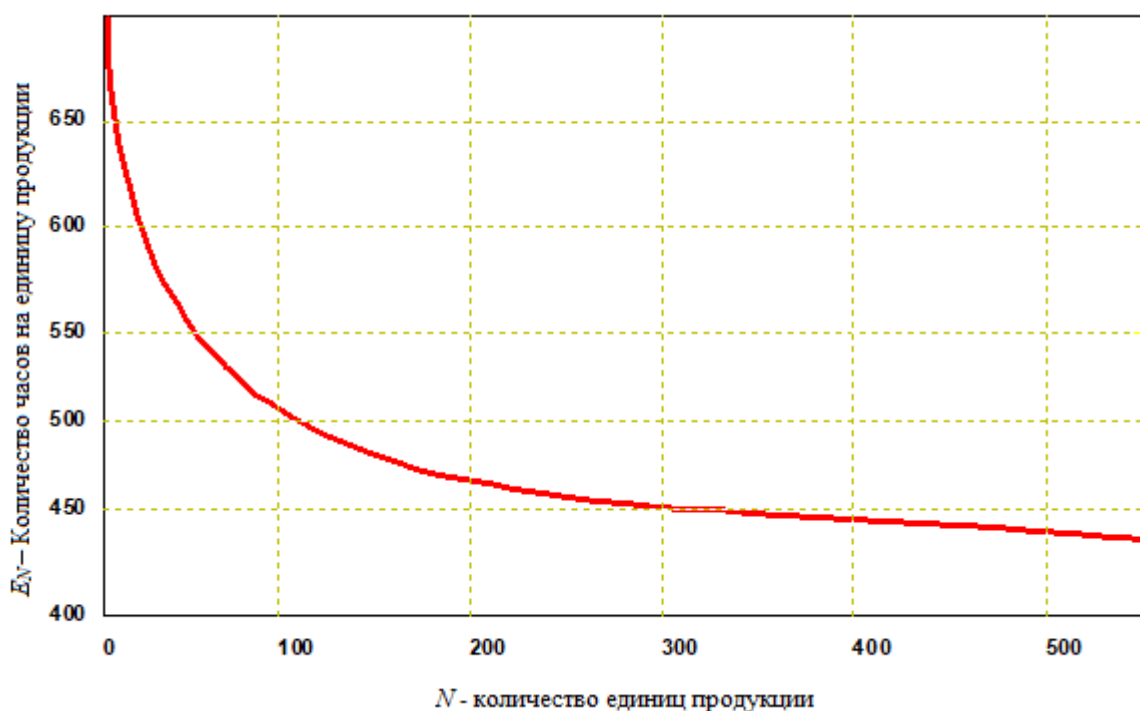


Рисунок 35. Пример L-кривой обучения

Уравнение *эффекта удвоения производительности* или *L-кривой обучения* описывается следующей формулой:

$$E_N = K \times N^s, \quad (66)$$

где E_N – количество часов, затрачиваемых на единицу продукции при производстве N – количества единиц продукции;

K – математическая константа общего уравнения кривой для каждого шага, измеряющего объем усилий исполнительных ресурсов;

N^s – значение на экспоненциальной кривой, указывающее на объем усилий (затрат ресурсов), необходимых для производства N -го количества единиц продукции, уменьшающееся по мере увеличения количества произведенной продукции.

Когда производство строительной продукции (физического объема) удваивается, то отношение объема усилий исполнительных ресурсов на единицу продукции с учетом эффекта удвоения становится равным 2 в степени « s », что выражается формулой:

$$\frac{E_N}{E_{2N}} = 2^s, \quad (67)$$

В свою очередь, значение 2^s может быть выражено математической переменной L_d и использоваться для выражения объема усилий исполнительных ресурсов на единицу продукции, направленных на удвоение производства:

$$L_d = 2^s, \quad (68)$$

где переменная L_d – десятичный коэффициент обучения (*Decimal Learning Ratio*) [73].

L_d – десятичный коэффициент обучения может быть выражен в процентном выражении как *процентный коэффициент обучения (Percentage learning ratio)*, который рассчитывается по формуле:

$$L_p = 100 \times L_d, \quad (69)$$

Эффект удвоения производительности может быть использован для систематизации процессов прогнозирования уровня производительности исполнительных ресурсов для повторяющихся процессов производства физических объемов строительной продукции или для определения необходимого числа шагов, требуемых для достижения директивного уровня производительности исполнительных ресурсов.

Если в формуле (62) для расчета показателя E_N – количество часов, затрачиваемых на единицу продукции при производстве N количества единиц продукции использовать статистические данные значений показателя AC_E – Executive Resources Actual Cost – фактический объем исполнительных ресурсов за несколько реализованных проектов с неизменным составом ресурсов, то полученное в результате расчетов значение показателя L_d – десятичный коэффициент обучения, можно использовать для планирования значений показателя $PR_{E(plan)}$ – *Planned Productivity Ratio of Executive Resources* – нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов путем умножения $PR_{E(plan)}$ на значение показателя десятичного коэффициента обучения L_d :

$$newPR_{E(plan)} = PR_{E(plan)} \times L_d, \quad (70)$$

где $newPR_{E(plan)}$ – *New Planned Productivity Ratio of Executive Resources* – новый нормативный показатель производительности исполнительных ресурсов для будущего проекта.

Используя значение десятичного коэффициента обучения L_d : возможно рассчитать требуемое нормативное количество исполнительных ресурсов - $newPV_E$ – *New Executive Resources Planned Value* – новый плановый объем исполнительных ресурсов:

$$newPR_{E(plan)} = \frac{PV_M \times L_d}{PV_E}, \quad (71)$$

$$newPV_E = PV_E \times L_d, \quad (72)$$

где $newPV_E$ – *New Executive Resources Planned Value* – новый плановый объем исполнительных ресурсов.

В результате применения формул расчета эффекта увеличения производительности исполнительных ресурсов Scrum-команд для планирования нормативного показателя производительности исполнительных ресурсов будущих проектов

сформулирован механизм управленческого воздействия на параметры производительности исполнительных ресурсов посредством использования практики увеличения производительности проектных команд, применяющих методологию Scrum.

Выводы по главе 2

По результатам исследований, произведенных во второй главе диссертации, была выполнена основная исследовательская задача – создание теоретической интеграционной исследовательской модели в которой были решены три основные задачи, на основании которых, в свою очередь сформулированы основные выводы:

1. Разработана оптимальная структура WBS с «Ресурсно-контрактным» принципом декомпозиции содержания инвестиционно-строительного проекта для решения задач управления уровнем производительности труда и исключающая методологические противоречия в процессах управления жизненным циклом объектов строительства, и тем самым решена четвертая основная задача диссертационного исследования.

2. В результате исследования для использования нового подхода измерения и прогнозирования производительности исполнительных ресурсов в методе освоенного объема были разработаны одиннадцать дополнительных показателей, которые возможно использовать как с учетом, так и без учета новых подходов к декомпозиции содержания инвестиционно-строительного проекта, что послужило решением седьмой основной задачи исследования.

3. В результате рассмотрения возможности применения формул расчета эффекта увеличения производительности исполнительных ресурсов Scrum-команд для планирования нормативного показателя производительности исполнительных ресурсов будущих проектов сформулирован механизм управленческого воздействия на параметры производительности исполнительных ресурсов применимый в процессах управления жизненным циклом объектов строительства, что решает пятую основную задачу исследования.

В процессе исследований, описанных во второй главе, были получены дополнительные результаты, повлиявшие на основные выводы и их формулировки:

4. Введено понятие «Исполнительные ресурсы» применимое в процессах управления жизненным циклом объектов строительства;

5. Введен в использование новый термин – коэффициент производительности исполнительных ресурсов и уточнены формулы расчета коэффициента производительности исполнительных ресурсов для его использования в интеграции с «Ресурсно-контрактный принцип декомпозиции WBS» содержания инвестиционно-строительного проекта.

6. Разработана логическая модель управления производительностью исполнительных ресурсов для операций календарно-сетевых графиков позволяющая производить оценку производительности исполнительных ресурсов без использования декомпозиции содержания инвестиционно-строительного проекта.

Итоговый вывод второй главы. На базе внесенных изменений и дополнений в существующий метод освоенного объема был разработан «Декомпозированный метод освоенного объема», послуживший основой для подтверждения выдвинутой научной гипотезы о том, что: отдельные показатели метода освоенного объема имеют нераскрытый потенциал измерения и прогнозирования параметров производительности труда; иерархическая структура работ может быть трансформирована под решение задач управления производительностью труда; инструменты гибкой методологии управления проектами Scrum могут быть использованы для планирования и управления производительностью труда при выполнении работ на протяжении жизненного цикла объекта строительства. Разработанный «Декомпозированный метод освоенного объема» явился решением шестой основной исследовательской задачи – определение взаимосвязи и моделирование процессов использования метода освоенного объема, оптимальной иерархической структуры содержания проекта с учетом контрактной стратегии и инструментов методики управления проектами Scrum для решения эмпирических проблем, связанных с управлением производительностью труда строительных ресурсов на протяжении жизненного цикла объектов строительства.

ГЛАВА 3. ПРОВЕРКА И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ МОДЕЛИ

3.1 Описание интеграционной исследовательской модели

В качестве основы интеграционной исследовательской модели для подтверждения научных положений и проверки возможности практического использования разработанных: «Ресурсно-контрактного» принципа декомпозиции WBS, новых показателей производительности «Декомпозированной методики освоенного объема» и десятичного коэффициента обучения, была использована многоуровневая модель планирования, реализованная в ИСУП Oracle Primavera P6 Professional (рис. 36).

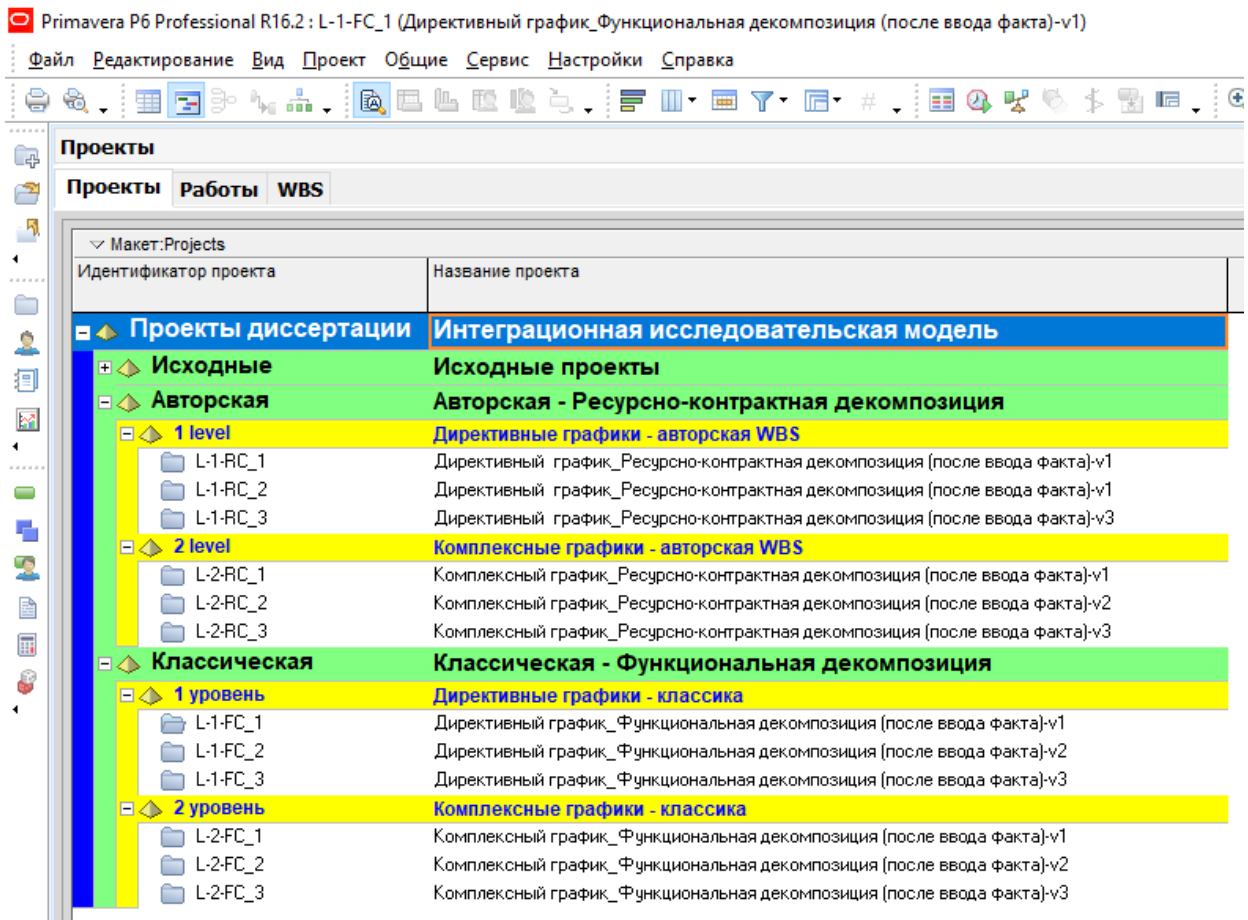


Рисунок 36. Структура проектов интеграционной исследовательской модели

Многоуровневая модель планирования состоит из трех уровней: календарно-сетевых графиков, связанных между собой межпроектными зависимостями. Графики созданы в ИСУП Oracle Primavera P6 Professional: уровень 1 – Директивный график, уровень 2– Комплексный (интегрированный) календарно-сетевой график, уровень 3 – Детальный календарно-сетевой график.

Первый уровень модели – Директивный график содержит в себе:

- точки принятия ключевых решений в виде вех проекта,
- простую декомпозицию содержания проекта в двух вышеописанных типах декомпозиции (рис. 37-38).



Рисунок 37. Структура WBS Директивного графика 1-го уровня с Функциональной декомпозицией

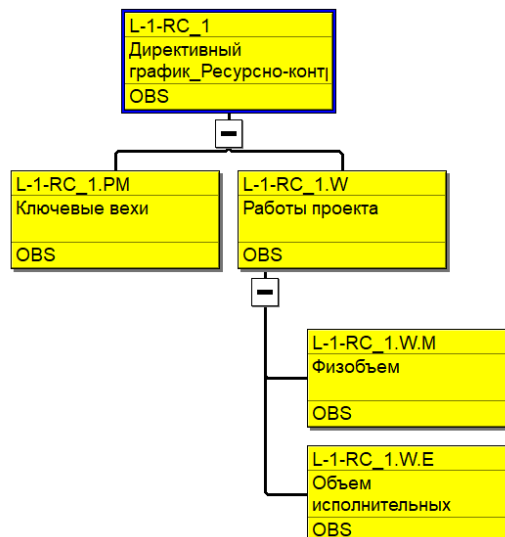


Рисунок 38. Структура WBS Директивного графика 1-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией

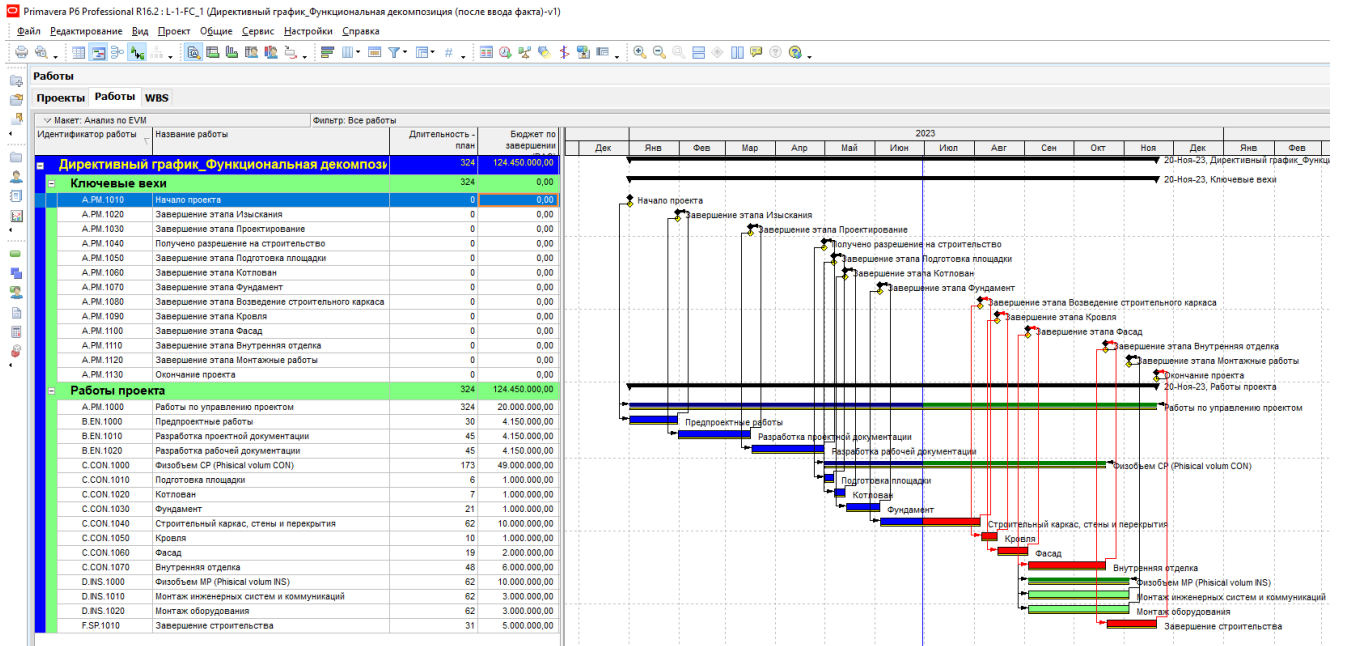


Рисунок 39. Таблица работ и диаграмма Гантта Директивного графика 1-го уровня с Функциональной декомпозицией в Логике управления производительностью исполнительных ресурсов

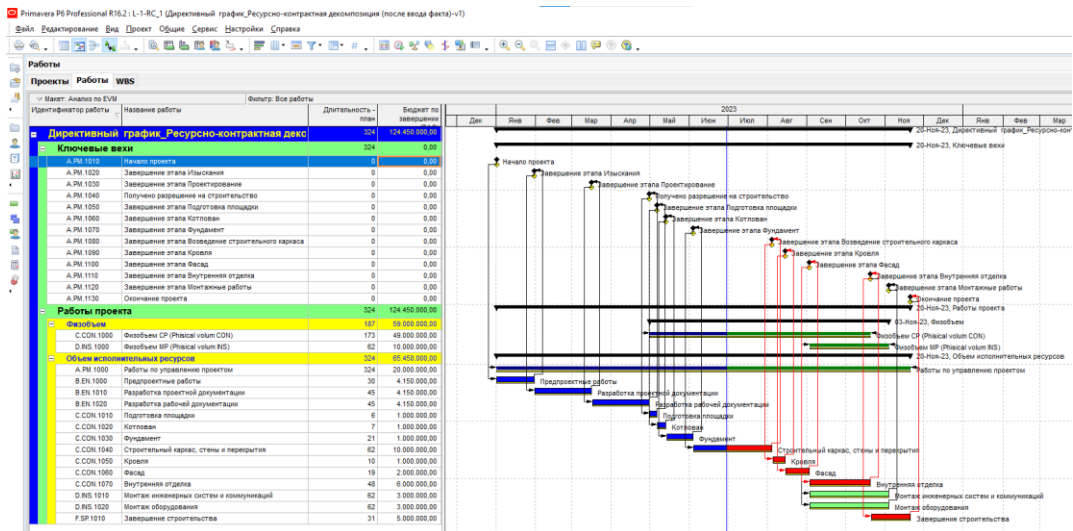


Рисунок 40. Таблица работ и диаграмма Гантта Директивного графика 1-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией в Логике управления производительностью исполнительных ресурсов

- таблицу работ проекта, выполненную в формате календарно-сетевой диаграммы, построенной для чистоты эксперимента в логике управления производительностью исполнительных ресурсов и содержащих все необходимые плановые данные (рис. 39-40).

Точки принятия ключевых решений Директивного графика соответствуют структуре жизненного цикла строительного проекта и являются интерфейсами для установки межпроектных зависимостей, что позволяет обеспечить консолидацию данных о сроках реализации проекта.

Директивный график содержит всю необходимую информацию о всех этапах жизненного цикла управления проектом строительства и служит источником для планирования графиков нижних уровней.

Второй уровень модели – Комплексный интегрированный график, содержит в себе:

- детализированные в соответствии с содержанием проекта Точки принятия ключевых решений,
- более сложную двухуровневую декомпозицию содержания проекта по функциональным областям в соответствии со структурой контракта ЕРСМ выполненной по классической и авторской схемам (рис. 41-42).

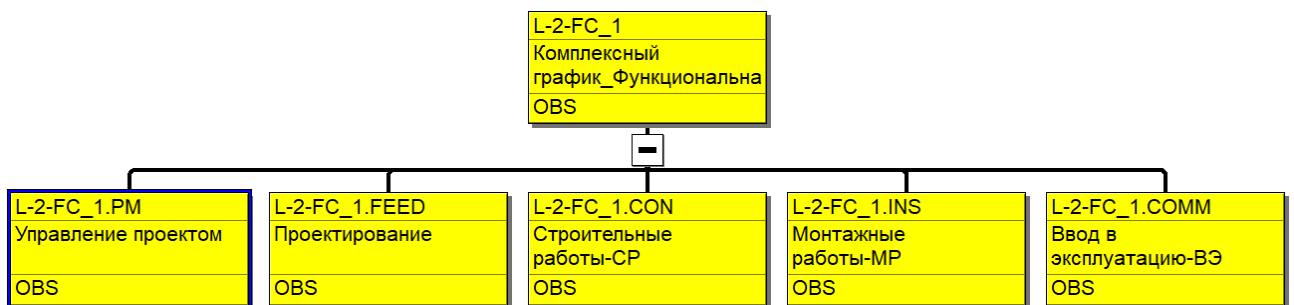


Рисунок 41. Структура WBS Комплексного графика 2-го уровня
с Функциональной декомпозицией

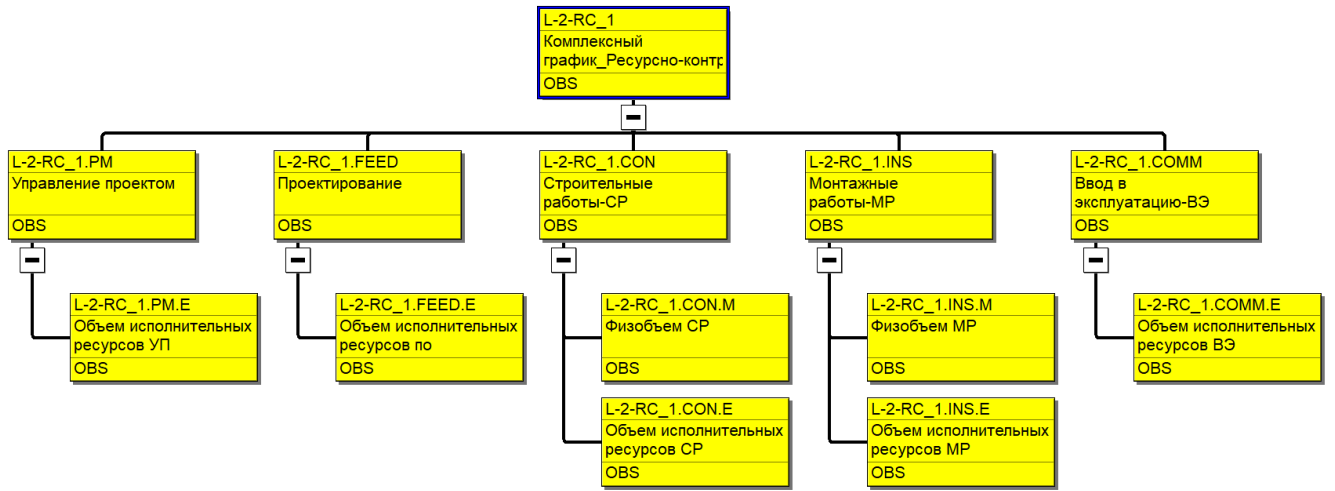


Рисунок 42. Структура WBS Комплексного графика 2-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией

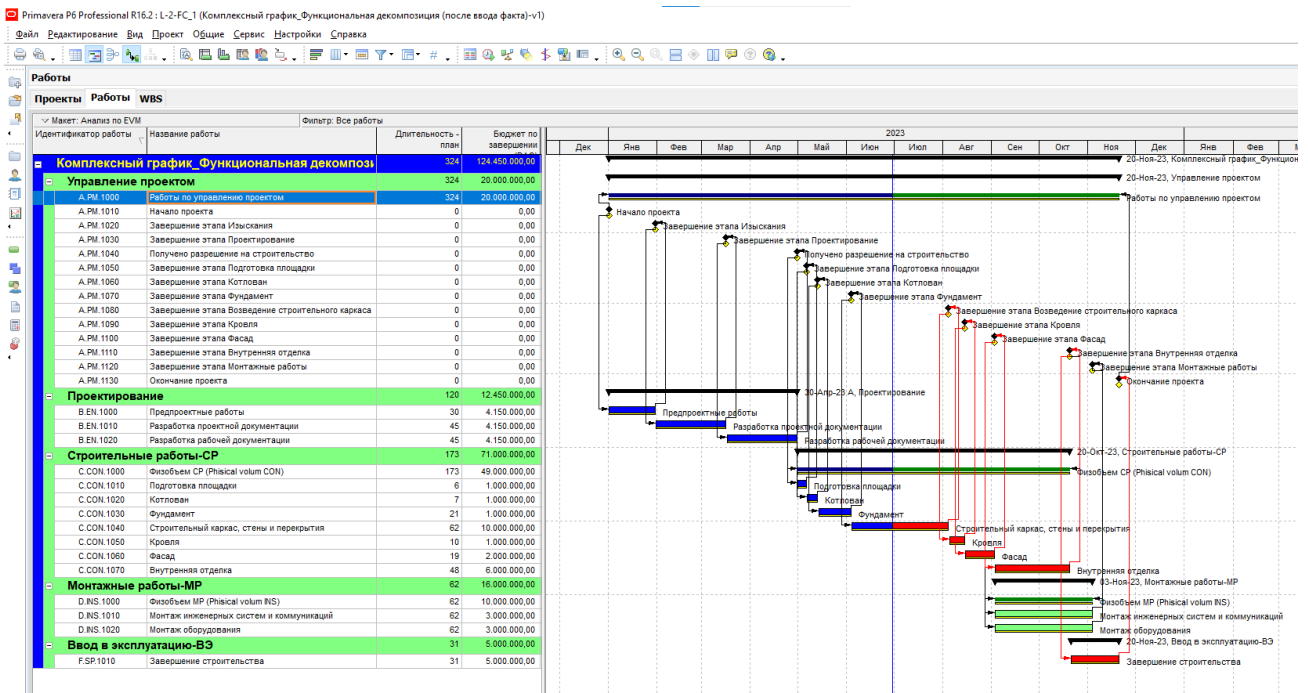


Рисунок 43. Таблица работ и диаграмма Гантта Комплексного графика 2-го уровня с Функциональной декомпозицией в Логике управления производительностью исполнительных ресурсов

- таблицу работ проекта, выполненную в формате календарно-сетевой диаграммы, построенной для чистоты эксперимента в Логике управления производительностью исполнительных ресурсов в том же составе, что работы Директивного графика, которые содержащих полностью идентичные плановые данные (рис. 43-44).

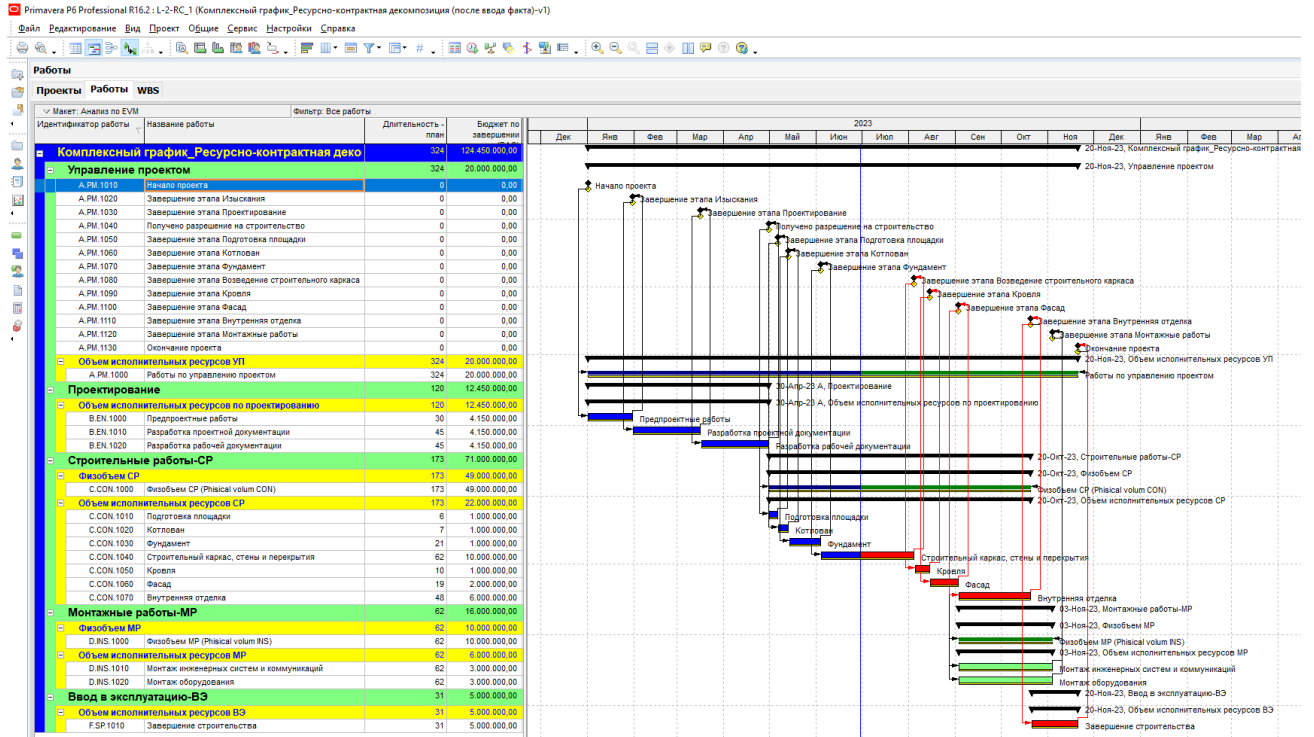


Рисунок 44. Таблица работ и диаграмма Гантта Комплексного графика 2-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией в Логике управления производительностью исполнительных ресурсов

В интеграционной исследовательской модели рассматриваются два типа декомпозиции: авторская Ресурсно-контрактная и классическая Функциональная. Каждый тип декомпозиции выполнен в двух уровнях и в двух сценариях реализации условного строительного проекта с использованием метода исследования – Case Study:

Первый сценарий реализации условного строительного проекта предназначен для калибровки исходных данных в ситуации ПЛАН = ФАКТ.

Второй сценарий реализации условного строительного проекта моделирует ситуацию возникновения отрицательных, негативных отклонений фактических данных от плановых:

- увеличение фактической длительности завершенных и выполняемых работ приблизительно на 20% от плановой;
- увеличение фактического количества исполнительных ресурсов приблизительно на 20% от планового количества;
- уменьшение фактического физического объема выполненных строительных работ приблизительно на 20%.

3.2 Моделирование и калибровка данных календарно-сетевых графиков 1-го варианта условного проекта

3.2.1 Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с Функциональной декомпозицией WBS

Сценарий 1. Ситуация – фактические данные равны плановым.

Идентификатор проекта/наименование проекта: L-1-FC_1 / *Директивный график_Функциональная декомпозиция -v1*

WBS проекта состоит из трех узлов и двух уровней – верхний уровень – Проект, второй уровень – узел Ключевые вехи (с учетом специфики типа работ, длительность и стоимость равны нулю) и узел Работы проекта в котором учитывается информация по всем работам проекта (рис. 45).

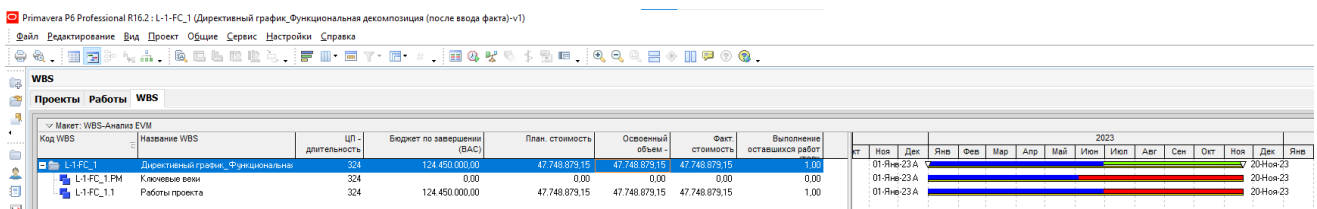


Рисунок 45. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-1-FC_1

Значения показателей методики освоенного объема на 1 уровне представлены в таблице 7.

Таблица 7

Анализ Директивного графика проекта 1-го уровня
с Функциональной декомпозицией v.1 с помощью показателей
методики освоенного объема в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
L-1-FC_1	Директивный график_ Функциональная декомпозиция v1	324	124,450,000.00	47,748,879.15	47,748,879.15	47,748,879.15	1.00	1.00	1.00
L-1-FC_1.PM	Ключевые вехи	324	-	-	-	-	-	-	-
L-1-FC_1.1	Работы проекта	324	124,450,000.00	47,748,879.15	47,748,879.15	47,748,879.15	1.00	1.00	1.00

Аналитические выводы:

Проект находится в процессе реализации.

Согласно данным Таблицы 7 показатели: $SPI = 1$ и $CPI = 1$, в целом по проекту отставание от графика и превышение бюджета не наблюдается.

Согласно значению показателя $TCPI = 1$, для достижения заданных результатов проекта никаких действий по повышению текущего уровня производительности производить – не требуется.

Определить значение производительности исполнительных ресурсов невозможно.

3.2.2 Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с Функциональной декомпозицией WBS

Сценарий 1. Ситуация – фактические данные равны плановым.

Идентификатор проекта/наименование проекта: L-2-FC_1 / *Комплексный график_Функциональная декомпозиция -v1*.

Структура WBS проекта состоит из двух уровней и шести узлов: Уровень проект и уровень – функциональные области (Управление проектом, Проектирование, Строительные работы, Монтажные работы и Ввод в эксплуатацию) (рис.46).

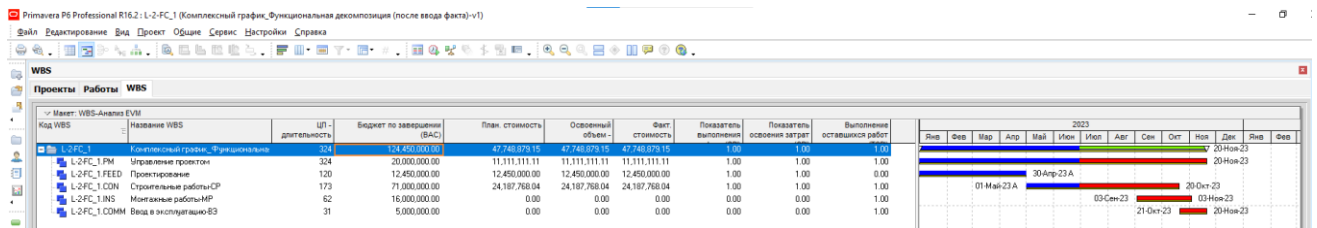


Рисунок 46. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-2-FC_1

Значения показателей методики освоенного объема на уровне в таблице WBS представлены в таблице 8.

Таблица 8

Анализ Комплексного графика проекта 2-го уровня с Функциональной декомпозицией v.1 с помощью показателей методики освоенного объема в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
L-2-FC_1	Комплексный график_Функциональная декомпозиция-v1	324	124,450,000.00	47,748,879.15	47,748,879.15	47,748,879.15	1.00	1.00	1.00
L-2-FC_1.PM	Управление проектом	324	20,000,000.00	11,111,111.11	11,111,111.11	11,111,111.11	1.00	1.00	1.00

L-2-FC_1.FEED	Проектирование	120	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	1.00	1.00	-
L-2-FC_1.CON	Строительные работы-СР	173	71,000,000.00	24,187,768.04	24,187,768.04	24,187,768.04	1.00	1.00	1.00
L-2-FC_1.INS	Монтажные работы-МР	62	16,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-FC_1.COMM	Ввод в эксплуатацию-ВЭ	31	5,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00

Аналитические выводы:

Проект находится в процессе реализации, пакеты работ Монтажные работы-МР и Ввод в эксплуатацию-ВЭ еще не начались.

Согласно данным Таблицы 8 показатели: SPI = 1 и CPI = 1, в целом по проекту отставание от графика и превышение бюджета не наблюдается.

Согласно значению показателя TCPI = 1, для достижения заданных результатов проекта никаких действий по повышению текущего уровня производительности производить – не требуется.

Определить значение производительности исполнительных ресурсов невозможно.

3.2.3 Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией WBS

Сценарий 1. Ситуация – фактические данные равны плановым.

Идентификатор проекта/наименование проекта: L-1-RC_1 / *Директивный график_Ресурсно-контрактная декомпозиция-v1*.

WBS проекта состоит из пяти узлов и трех уровней – верхний уровень – Проект, второй уровень – узел Ключевые вехи (с учетом специфики типа работ, длительность и стоимость равны нулю) и узел Работы проекта в котором учитывается информация по всем работам проекта, третий уровень – узлы Физобъем и Объем исполнительных ресурсов (рис. 47).

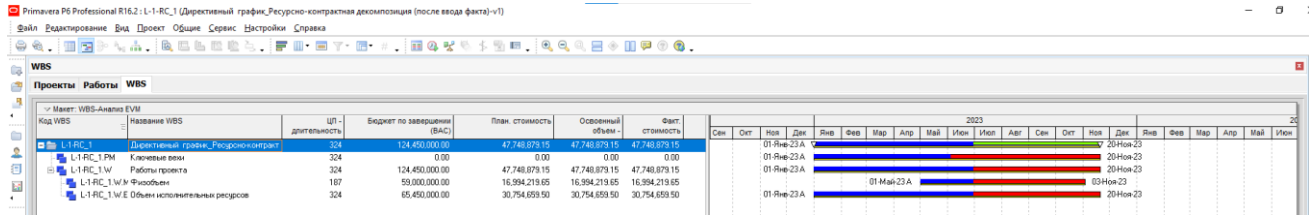


Рисунок 47. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта *L-1-RC_1*

Значения показателей методики освоенного объема на уровне 1 приведены в таблице 9.

Таблица 9

Анализ Директивного графика проекта 1-го уровня
с Ресурсно-контрактной декомпозицией v.1 с помощью показателей методики
освоенного объема в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
L-1-RC_1	Директивный график Ресурсно-контрактная декомпозиция-v1	324	124,450,000.00	47,748,879.15	47,748,879.15	47,748,879.15	1.00	1.00	1.00
L-1-RC_1.PM	Ключевые вехи	324	-	-	-	-	-	-	-
L-1-RC_1.W	Работы проекта	324	124,450,000.00	47,748,879.15	47,748,879.15	47,748,879.15	1.00	1.00	1.00
L-1-RC_1.W.M	Физобъем	187	59,000,000.00	16,994,219.65	16,994,219.65	16,994,219.65	1.00	1.00	1.00
L-1-RC_1.W.E	Объем исполнительных ресурсов	324	65,450,000.00	30,754,659.50	30,754,659.50	30,754,659.50	1.00	1.00	1.00

Аналитические выводы:

Проект находится в процессе реализации.

Согласно данным Таблицы 9 показатели: $SPI = 1$ и $CPI = 1$, в целом по проекту отставание от графика и превышение бюджета не наблюдается.

Согласно значению показателя $TCPI = 1$, для достижения заданных результатов проекта никаких действий по повышению текущего уровня производительности производить – не требуется.

Возможно определение значений производительности исполнительных ресурсов с помощью формул расчета показателей декомпозированной методики освоенного объема и данных таблицы 9.

3.2.4 Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией WBS

Сценарий 1. Ситуация – фактические данные равны плановым.

Идентификатор проекта/наименование проекта: L-2-RC_1 / *Комплексный график_Ресурсно-контрактная декомпозиция -v1*.

Структура WBS проекта состоит из двух уровней и тринадцати узлов: Уровень проект и уровень – функциональные области (Управление проектом, Проектирование, Строительные работы, Монтажные работы и Ввод в эксплуатацию), третий уровень – узлы Физобъем и Объем исполнительных ресурсов для каждого вышестоящего уровня WBS, с учетом использования правил формирования WBS Ресурсно-контрактного типа (рис. 48).

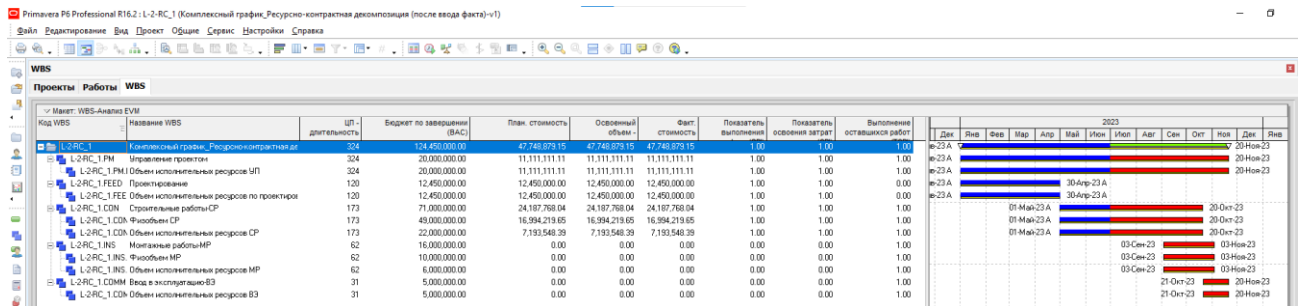


Рисунок 48. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-2-RC_1

Значения показателей методики освоенного объема на уровне 1 представлены в таблице 10.

Анализ Комплексного графика проекта 2-го уровня
с Ресурсно-контрактной декомпозицией v.1 с помощью показателей методики
освоенного объема в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L-2-RC_1	Комплексный график Ресурсно-контрактная декомпозиция -v1	324	124,450,000.00	47,748,879.15	47,748,879.15	47,748,879.15	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.PM	Управление проектом	324	20,000,000.00	11,111,111.11	11,111,111.11	11,111,111.11	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.PM.E	Объем исполнительных ресурсов УП	324	20,000,000.00	11,111,111.11	11,111,111.11	11,111,111.11	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.FEED	Проектирование	120	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	1.00	1.00	-
L-2-RC_1.FEED.E	Объем исполнительных ресурсов по проектированию	120	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	1.00	1.00	-
L-2-RC_1.CON	Строительные работы-СР	173	71,000,000.00	24,187,768.04	24,187,768.04	24,187,768.04	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.CON.M	Физобъем СР	173	49,000,000.00	16,994,219.65	16,994,219.65	16,994,219.65	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.CON.E	Объем исполнительных ресурсов СР	173	22,000,000.00	7,193,548.39	7,193,548.39	7,193,548.39	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.INS	Монтажные работы-МР	62	16,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.INS.M	Физобъем МР	62	10,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.INS.E	Объем исполнительных ресурсов МР	62	6,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.COMM	Ввод в эксплуатацию-ВЭ	31	5,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.COMM.E	Объем исполнительных ресурсов ВЭ	31	5,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00

Аналитические выводы:

Проект находится в процессе реализации, пакеты работ Монтажные работы-МР и Ввод в эксплуатацию-ВЭ еще не начались.

Согласно данным Таблицы 8, показатели: $SPI = 1$ и $CPI = 1$, в целом по проекту отставание от графика и превышение бюджета не наблюдается.

Согласно значению показателя $TCPI = 1$, для достижения заданных результатов проекта никаких действий по повышению текущего уровня производительности производить – не требуется.

Возможно определение значений производительности исполнительных ресурсов с помощью формул расчета показателей декомпозированной методики освоенного объема и данных таблицы 10.

Таким образом, в результате моделирования и анализа данных календарно-сетевых графиков 1-го варианта условного проекта в интеграционной исследовательской в двух типах декомпозиции WBS подтвердились выводы о недостатках существующих способов декомпозиции содержания проекта и преимущества использования Ресурсно-контрактного способа декомпозиции WBS.

3.3 Моделирование и анализ данных календарно-сетевых графиков 2-го варианта условного проекта

3.3.1 Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с Функциональной декомпозицией WBS

Сценарий 2. Ситуация – фактические данные не равны плановым, работы выполняются с отставанием по срокам и превышением объемов исполнительных ресурсов и стоимости (рис. 49).

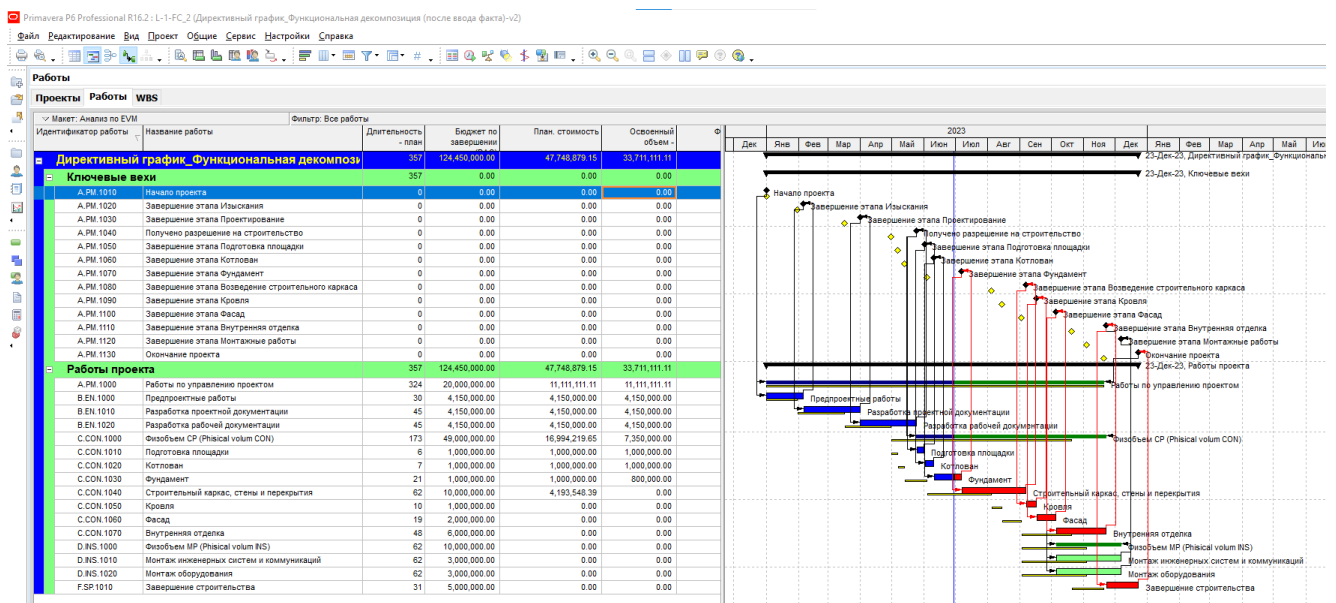


Рисунок 49. Таблица работ и диаграмма Гантта
Директивного графика_Функциональная декомпозиция –v2

Идентификатор проекта/наименование проекта: L-1-FC_2 / *Директивный график_Функциональная декомпозиция -v2*

WBS проекта состоит из трех узлов и двух уровней – верхний уровень – Проект, второй уровень – узел Ключевые вехи (с учетом специфики типа работ, длительность и стоимость равны нулю) и узел Работы проекта в котором учитывается информация по всем работам проекта (рис. 50).

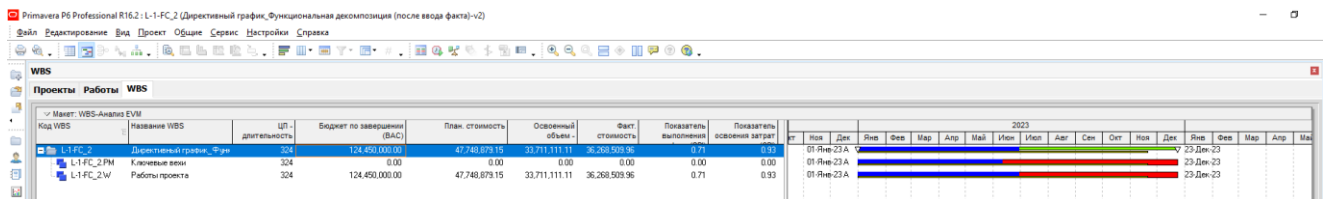


Рисунок 50. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-1-FC_2

Значения показателей методики освоенного объема на уровне WBS представлены в таблице 11.

Таблица 11

Анализ Директивного графика проекта 1-го уровня с Функциональной декомпозицией v.2 с помощью показателей методики освоенного объема в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
L-1-FC_2	Директивный график_Функциональная декомпозиция -v2	324	124,450,000.00	47,748,879.15	33,711,111.1	36,268,509.96	0.71	0.93	1.03
L-1-FC_2.PM	Ключевые вехи	324	-	-	-	-	-	-	-
L-1-FC_2.W	Работы проекта	324	124,450,000.00	47,748,879.15	33,711,111.1	36,268,509.96	0.71	0.93	1.03

Аналитические выводы:

Проект находится в процессе реализации.

Согласно данным Таблицы 11, значения показателей: $SPI = 0.71 < 1$ и $CPI = 0.98 < 1$, в целом по проекту наблюдается отставание от графика и превышение бюджета.

Согласно значению показателя $TCPI = 1.03$, для достижения заданных результатов проекта необходимо увеличить общую производительность ресурсов на 3%, при этом невозможно идентифицировать за счет каких ресурсов наблюдается проблема снижения производительности, следовательно, невозможно определить на какие ресурсы нужно повлиять, чтобы улучшить ситуацию.

Определить значение производительности исполнительных ресурсов расчетным путем используя показатели WBS невозможно, однако в случае использования данных календарно-сетевых графиков, построенных в «Логике управления производительностью» подобный анализ возможен, но поскольку в интеграционной исследовательской модели используется только один вариант КСГ, целесообразно руководствоваться данными показателей WBS.

3.3.2 Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с Функциональной декомпозицией WBS

Сценарий 2. Ситуация – фактические данные не равны плановым, работы выполняются с отставанием по срокам и превышением объемов исполнительных ресурсов и стоимости.

Идентификатор проекта/наименование проекта: *L-2-FC_2 / Комплексный график_Функциональная декомпозиция – v2.*

Структура WBS проекта состоит из двух уровней и шести узлов: Уровень проект и уровень – функциональные области (Управление проектом, Проектирование, Строительные работы, Монтажные работы и Ввод в эксплуатацию), рис. 51.

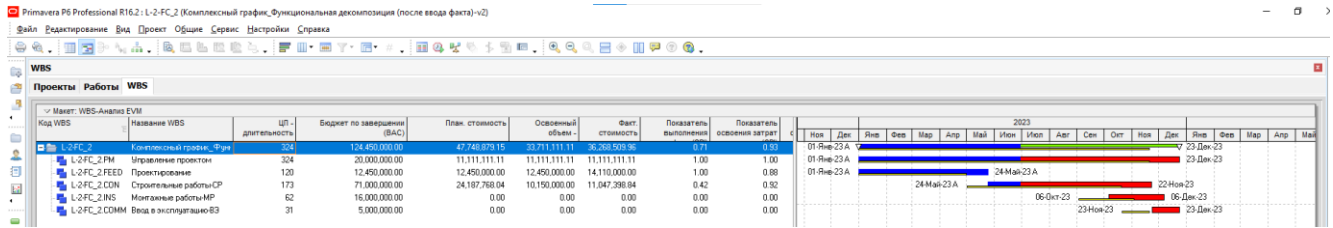


Рисунок 51. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-2-FC_2

Значения показателей методики освоенного объема на уровне 1 представлены в таблице 12.

Таблица 12

Анализ Комплексного графика проекта 2-го уровня с Функциональной декомпозицией v.2 с помощью показателей методики освоенного объема в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L-2-FC_2	Комплексный график_Функциональная декомпозиция-v2	324	124,450,000.00	47,748,879.15	33,711,111.11	36,268,509.96	0.71	0.93	1.03
L-2-FC_2.PM	Управление проектом	324	20,000,000.00	11,111,111.11	11,111,111.11	11,111,111.11	1.00	1.00	1.00
L-2-FC_2.FEED	Проектирование	120	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	14,110,000.00	1.00	0.88	-
L-2-FC_2.CON	Строительные работы-СР	173	71,000,000.00	24,187,768.04	10,150,000.00	11,047,398.84	0.42	0.92	1.01
L-2-FC_2.INS	Монтажные работы-МР	62	16,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-FC_2.COMM	Ввод в эксплуатацию-ВЭ	31	5,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00

Аналитические выводы:

Проект находится в процессе реализации, пакеты работ Монтажные работы-МР и Ввод в эксплуатацию-ВЭ еще не начались.

Согласно данным Таблицы 12, при анализе значения показателей: $SPI = 0.71 < 1$ и $CPI = 0.93 < 1$, в целом по проекту наблюдается отставание от графика и превышение бюджета.

При дальнейшем анализе выявляется существенное отставание и превышение бюджета в узле Проектирование и отрицательные тенденции узла Строительные работы, при $CPI = 0.92 < 1$.

Согласно значению показателя $TCPI = 1.03$, для достижения заданных результатов проекта необходимо увеличить общую производительность ресурсов проекта на 3%, увеличить общую производительность ресурсов узла Строительные работы на 1% из-за значений показателя $TCPI = 1.01$, но при этом, в расчете $TCPI$ используются данные значения физического объема, поэтому утверждать о необходимости увеличения общей производительности Строительных работ будет некорректно.

Определить значение производительности исполнительных ресурсов расчетным путем используя показатели WBS, не представляется возможным.

3.3.3 Исходные данные и анализ Директивного графика 1-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией WBS

Сценарий 2. Ситуация – фактические данные не равны плановым работы выполняются с отставанием по срокам и превышением объемов исполнительных ресурсов и стоимости.

Идентификатор проекта/наименование проекта: *L-1-RC_2 / Директивный график_Ресурсно-контрактная декомпозиция-v2.*

WBS проекта состоит из пяти узлов и трех уровней: верхний уровень – Проект, второй уровень – узел Ключевые вехи (с учетом специфики типа работ, длительность и стоимость равны нулю) и узел Работы проекта в котором учитывается информация по всем работам проекта, третий уровень – узлы Физобъем и Объем исполнительных ресурсов (рис. 52).

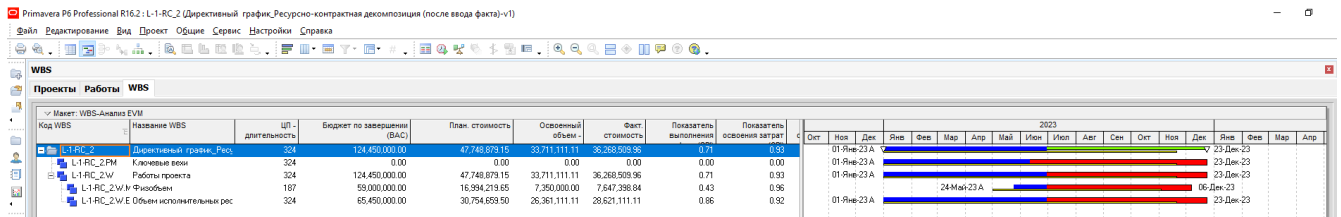


Рисунок 52. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-1-RC_2

Значения показателей методики освоенного объема на уровне 1 представлены в таблице 13.

Таблица 13

Анализ Директивного графика проекта 1-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией v.2 с помощью показателей методики освоенного объема в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
L-1-RC_2	Директивный график Ресурсно-контрактная декомпозиция -v1	324	124,450,000.00	47,748,879.15	33,711,111.11	36,268,509.96	0.71	0.93	1.03
L-1-RC_2.PM	Ключевые вехи	324	-	-	-	-	-	-	-
L-1-RC_2.W	Работы проекта	324	124,450,000.00	47,748,879.15	33,711,111.11	36,268,509.96	0.71	0.93	1.03
L-1-RC_2.W.M	Физобъем	187	59,000,000.00	16,994,219.65	7,350,000.00	7,647,398.84	0.43	0.96	1.01
L-1-RC_2.W.E	Объем исполнительных ресурсов	324	65,450,000.00	30,754,659.50	26,361,111.11	28,621,111.11	0.86	0.92	1.06

Аналитические выводы:

Проект находится в процессе реализации.

Данные Таблицы 13 подтверждают значение показателей: SPI = 0.71 и CPI = 0.93, TCPI = 1.03, а также аналитические выводы, сделанные в подразделе 3.3.1 на основании данных таблицы 11.

Детализируя значение показателя TCPI = 1.06 для узла Объем исполнительных ресурсов, который не содержит данных о физическом объеме в данной Ресурсно-контрактной декомпозиции v.2

сурсно-контрактной декомпозиции, можно сделать вывод, что потребность увеличения производительности исполнительных ресурсов, что мы получили более точное значение показателя TCPI. В сравнительном выражении это в 2 раза точнее, так как по данным таблицы 13 уровень производительности должен быть увеличен на 6% вместо 3% по данным таблицы 11.

Возможно определение значений производительности исполнительных ресурсов с помощью формул расчета показателей декомпозированной методики освоенного объема и данных таблицы 9.

Далее проведён анализ полученных данных с использованием разработанных показателей декомпозированной методики освоенного объема для узла Объем исполнительных ресурсов, таблица 14.

Таблица 14

Аналитическая таблица расчета значения показателей BEVM

для исполнительных ресурсов *Проекта L-1-RC_2*

Наименование показателя производительности исполнительных ресурсов	Обозначение показателя	Значение показателя производительности исполнительных ресурсов	Значение $\Delta k_{E(wbs)}$ коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов %	Комментарий
Базовый показатель производительности	PR_E	0.90	нет	Сравнение возможно по окончании проекта
Нормативный показатель производительности	$PR_{E(plan)}$	0.55	нет	
Фактический показатель производительности	$PR_{E(act)}$	0.27	-52%	Не совпадает с EVM
Освоенный показатель производительности	$PR_{E(earned)}$	0.26	-54%	Не совпадает с EVM
Индекс требуемой производительности	$TCPI_E$	2.46	нет	Не совпадает с EVM

Полученные данные позволяют сделать вывод, что расчеты с помощью показателей методики BEVM более приближены к действительности, но следует понимать, что в данной ситуации расчеты носят укрупненный характер.

3.3.4 Исходные данные и анализ Комплексного графика 2-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией WBS

Сценарий 2. Ситуация – фактические данные не равны плановым работы выполняются с отставанием по срокам и превышением объемов исполнительных ресурсов и стоимости.

Идентификатор проекта/наименование проекта: *L-2-RC_2 / Комплексный график_Ресурсно-контрактная декомпозиция –v2.*

Структура WBS проекта состоит из двух уровней и тринадцати узлов: Уровень проект и уровень – функциональные области (Управление проектом, Проектирование, Строительные работы, Монтажные работы и Ввод в эксплуатацию), третий уровень – узлы Физобъем и Объем исполнительных ресурсов для каждого вышестоящего уровня WBS, с учетом использования правил формирования WBS Ресурсно-контрактного типа, рисунок 53:

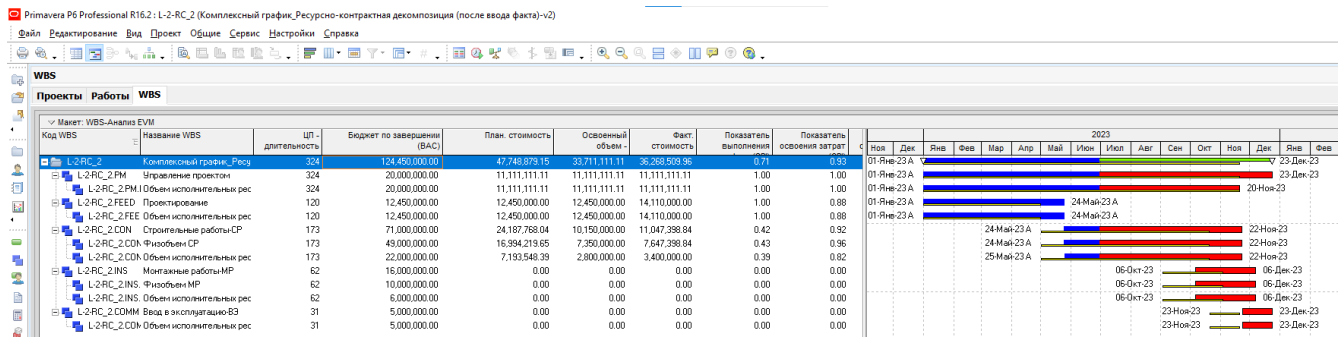


Рисунок 53. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-2-RC_2

Рассмотрим значения показателей методики освоенного объема на уровне объемов исполнительных ресурсов в таблице WBS, таблица 15.

*Анализ Комплексного графика проекта 2-го уровня
с Ресурсно-контрактной декомпозицией v.2 с помощью показателей методики
освоенного объема в таблице WBS*

Код WBS	Название WBS	Длительность (дни)	BAC	PV	EV	AC	SPI	CPI	TCPI
L-2-RC_1	Комплексный график_Ресурсно-контрактная декомпозиция v1	324	124,450,000.00	47,748,879.15	33,711,111.11	36,268,509.96	0.71	0.93	1.03
L-2-RC_1.PM	Управление проектом	324	20,000,000.00	11,111,111.11	11,111,111.11	11,111,111.11	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.PM.E	Объем исполнительных ресурсов УП	324	20,000,000.00	11,111,111.11	11,111,111.11	11,111,111.11	1.00	1.00	1.00
L-2-RC_1.FEED	Проектирование	120	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	14,110,000.00	1.00	0.88	-
L-2-RC_1.FEED.E	Объем исполнительных ресурсов по проектированию	120	12,450,000.00	12,450,000.00	12,450,000.00	14,110,000.00	1.00	0.88	-
L-2-RC_1.CON	Строительные работы-СР	173	71,000,000.00	24,187,768.04	10,150,000.00	11,047,398.84	0.42	0.92	1.01
L-2-RC_1.CON.M	Физобъем СР	173	49,000,000.00	16,994,219.65	7,350,000.00	7,647,398.84	0.43	0.96	1.01
L-2-RC_1.CON.E	Объем исполнительных ресурсов СР	173	22,000,000.00	7,193,548.39	2,800,000.00	3,400,000.00	0.39	0.82	1.03
L-2-RC_1.INS	Монтажные работы-МР	62	16,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.INS.M	Физобъем МР	62	10,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.INS.E	Объем исполнительных ресурсов МР	62	6,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.COMM	Ввод в эксплуатацию-ВЭ	31	5,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00
L-2-RC_1.COMM.E	Объем исполнительных ресурсов ВЭ	31	5,000,000.00	-	-	-	-	-	1.00

Аналитические выводы:

По данным таблицы 15, показатели SPI и CPI подтверждают текущее состояние выполнения работ на узлах WBS.

Значения показателя TCPI = 1.3 для узла Объем исполнительных ресурсов строительных работ, по-прежнему говорят о необходимости увеличения производительности исполнительных ресурсов.

Далее проведён анализ полученных данных с использованием разработанных показателей декомпозированной методики освоенного объема для узла Объем исполнительных ресурсов (таблица 16) для узла Объем исполнительных ресурсов строительных работ:

Таблица 16

Расчет значения показателей BEVM для узла Объем исполнительных ресурсов строительных работ *Проекта L-2-RC_2*

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

Уточненный расчет подтверждает вывод о возможности использования показателей методики BEVM для оперативного расчета показателей производительности исполнительных ресурсов.

3.3.5 Исходные данные и анализ Детального графика 3-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией WBS

Сценарий 2. Ситуация – фактические данные не равны плановым работы выполняются с отставанием по срокам и превышением объемов исполнительных ресурсов и стоимости.

Идентификатор проекта/наименование проекта: *L-3-RC_2 / Детальный график_Ресурсно-контрактная декомпозиция – v2.*

Структура WBS проекта состоит из трех уровней и 27 узлов: Уровень проект и уровень – функциональные области (Управление проектом, Проектирование, Строительные работы, Монтажные работы и Ввод в эксплуатацию), третий уровень – узлы Физобъем и Объем исполнительных ресурсов для каждого вышестоящего уровня WBS, с учетом использования правил формирования WBS Ресурсно-контрактного типа. Детализированы на пакеты работ узлы уровня WBS «Строительные работы», остальные узлы WBS остались неизменными и соответствуют структуре WBS Комплексного графика, рис. 54.

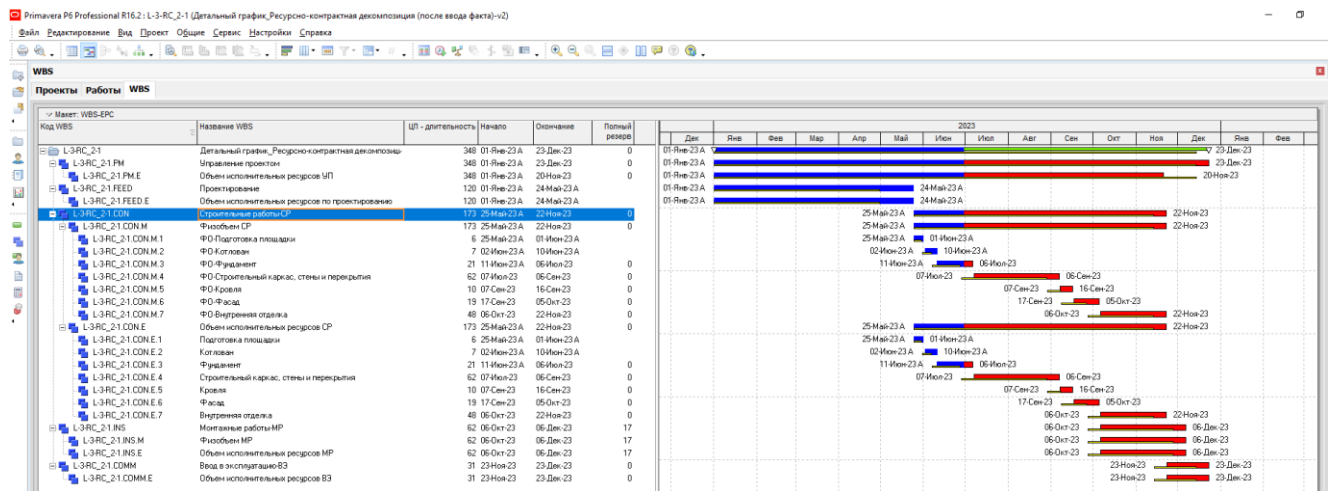


Рисунок 54. Таблица WBS и диаграмма Гантта Проекта L-3-RC_2

Операции проекта: *L-3-RC_2 / Детальный график_Ресурсно-контрактная декомпозиция –v2* были детализированы путем разукрупнения операций узла WBS *L-2-RC_1.CON.M Физобъем CP* таким образом, чтобы каждой операции узла WBS *L-2-RC_1.CON.E Объем исполнительных ресурсов CP* соответствовала работа содержащая данные о физическом объеме строительной продукции.

В исследуемом календарно-сетевом графике предполагается (т. е. запланировано), что все работы узла WBS *L-2-RC_1.CON.E Объем исполнительных ресурсов CP* выполняет неизменный состав исполнительных ресурсов, который производит однородный физический объем строительной продукции и таким образом достигается сопоставимость исходных данных графиков разных уровней.

Значения показателей методики освоенного объема и показателей декомпозированной методики освоенного объема для исполнительных ресурсов узла WBS *Строительные работы* в таблице WBS приведены в таблице 17.

Таблица 17

Анализ Детального графика проекта 3-го уровня с Ресурсно-контрактной декомпозицией v.2 с помощью показателей методики освоенного объема и BEVM в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	BAC	PV	EV	AC	Базовый показатель производительности PRE	Нормативный показатель производительности $PRE(p_{lan})$	Фактический показатель производительности $PRE(a_{ct})$	Освоенный показатель производительности $PRE(e_{amed})$	Индекс требуемой производительности $TCPI E$	Значение $\Delta KE(wbs)$ коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов % EV	Значение $\Delta KE(wbs)$ коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов % AC
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L-3-RC_2.CON	Строительные работы-СР	71,000,000	13,522,484	10,149,732	12,793,289							
L-3-RC_2.CON.M	Физобъем СР	49,000,000	16,997,942	7,349,732	9,393,289							
L-3-RC_2.CON.M.1	ФО-Подготовка площадки	1,700,300	1,700,300	1,700,300	1,700,000							
L-3-RC_2.CON.M.2	ФО-Котлован	1,984,500	1,984,500	1,984,500	1,985,000							
L-3-RC_2.CON.M.3	ФО-Фундамент	5,948,600	5,948,600	3,664,932	5,708,289							
L-3-RC_2.CON.M.4	ФО-Строительный каркас, стены и перекрытия	17,561,600	7,364,542	-	-							
L-3-RC_2.CON.M.5	ФО-Кровля	2,832,200	-	-	-							
L-3-RC_2.CON.M.6	ФО-Фасад	5,380,200	-	-	-							
L-3-RC_2.CON.M.7	ФО-Внутренняя отделка	13,592,600	-	-	-							

L-3-RC_2.CON.E	Объем исполненных ресурсов СР	22,000,000	7,193,548	2,800,000	3,400,000	2.23	2.36	2.76	2.16	2.24	-9%	17%
L-3-RC_2.CON.E.1	Подготовка площадки	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,200,000	1.70	1.70	1.42	1.42	-	-17%	-17%
L-3-RC_2.CON.E.2	Котлован	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,200,000	1.98	1.98	1.65	1.65	-	-17%	-17%
L-3-RC_2.CON.E.3	Фундамент	1,000,000	1,000,000	800,000	1,000,000	5.95	5.95	5.71	3.66	-	-38%	-4%
L-3-RC_2.CON.E.4	Строительный каркас, стены и перекрытия	10,000,000	4,193,548	-	-	1.76	1.76	-	-	-	-100%	-100%
L-3-RC_2.CON.E.5	Кровля	1,000,000	-	-	-	2.83	-	-	-	-	-	-
L-3-RC_2.CON.E.6	Фасад	2,000,000	-	-	-	2.69	-	-	-	-	-	-
L-3-RC_2.CON.E.7	Внутренняя отделка	6,000,000	-	-	-	2.27	-	-	-	-	-	-
L-3-RC_2.I NS	Монтажные работы-МР	16,000,000	-	-	-	1.38	-	-	-	-	-	-
L-3-RC_2.I NS.M	Физобъем МР	10,000,000	-	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-
L-3-RC_2.I NS.E	Объем исполненных ресурсов МР	6,000,000	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-
L-3-RC_2.COM M	Ввод в эксплуатацию-ВЭ	5,000,000	-	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-
L-3-RC_2.COM M.E	Объем исполненных ресурсов ВЭ	5,000,000	-	-	-	2.00	-	-	-	-	-	-

Было определено, что:

а) В результате расчетов значений показателя *Индекс требуемой производительности* $TCPI_E$ (столбец 11, таблица 17) выяснилось, что его использование возможно только для выполняющихся пакетов работ, так как для завершенных пакетов работ прогнозирование не имеет смысла, а для не начатых пакетов работ расчет показателя невозможен математически, в случае, если показатель *Фактическая*

стоимость – AC равен плановому $Плановая\ стоимость – PV$, что на практике происходит при превышении объемов использованных исполнительных ресурсов.

б) С целью уточнения выбора исходных данных для расчета показателя $\Delta k_{E(wbs)}$ – коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов были использованы два варианта расчета (столбцы 12 и 13, таблица 17): с данными показателя $EV – Освоенного\ объема$:

$$\Delta k_{E(wbs)} = \left(\frac{k_{E(earned)wbs}}{k_{E(plan)wbs}} - 1 \right) \times 100\% , \quad (65)$$

и показателя $AC – Фактическая\ стоимость$:

$$\Delta k_{E(wbs)} = \left(\frac{k_{E(act)wbs}}{k_{E(plan)wbs}} - 1 \right) \times 100\% , \quad (64)$$

при этом, значение $\Delta k_{E(wbs)}$ для узла $WBS\ L-3-RC_2.CON.E\ Объем\ исполнительных\ ресурсов\ CP$ оказалось выше 1 (столбец 13, таблица 17), потребовало дополнительного изучения исходных данных, в результате чего был произведен анализ данных уровня работ в календарно-сетевом графике, рис. 55.

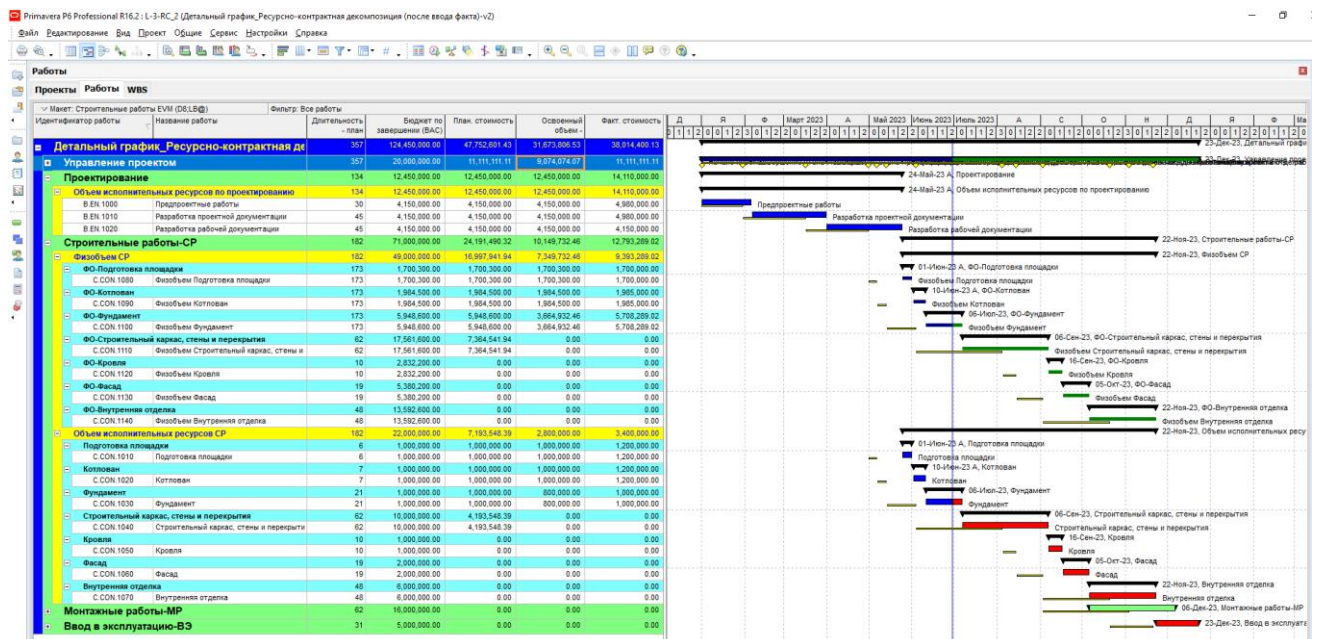


Рисунок 55. КСГ Проекта L-3-RC_2

в) После анализа календарно-сетевого графика было сделано предположение, что причиной некорректных результатов является тот факт, что рассматриваемые данные узла WBS *Строительные работы* в КСГ отстают по срокам их выполнения с самого начала в связи с отставанием выполнения работ узла WBS *Проектирование* на 24 дня, рис. 56.

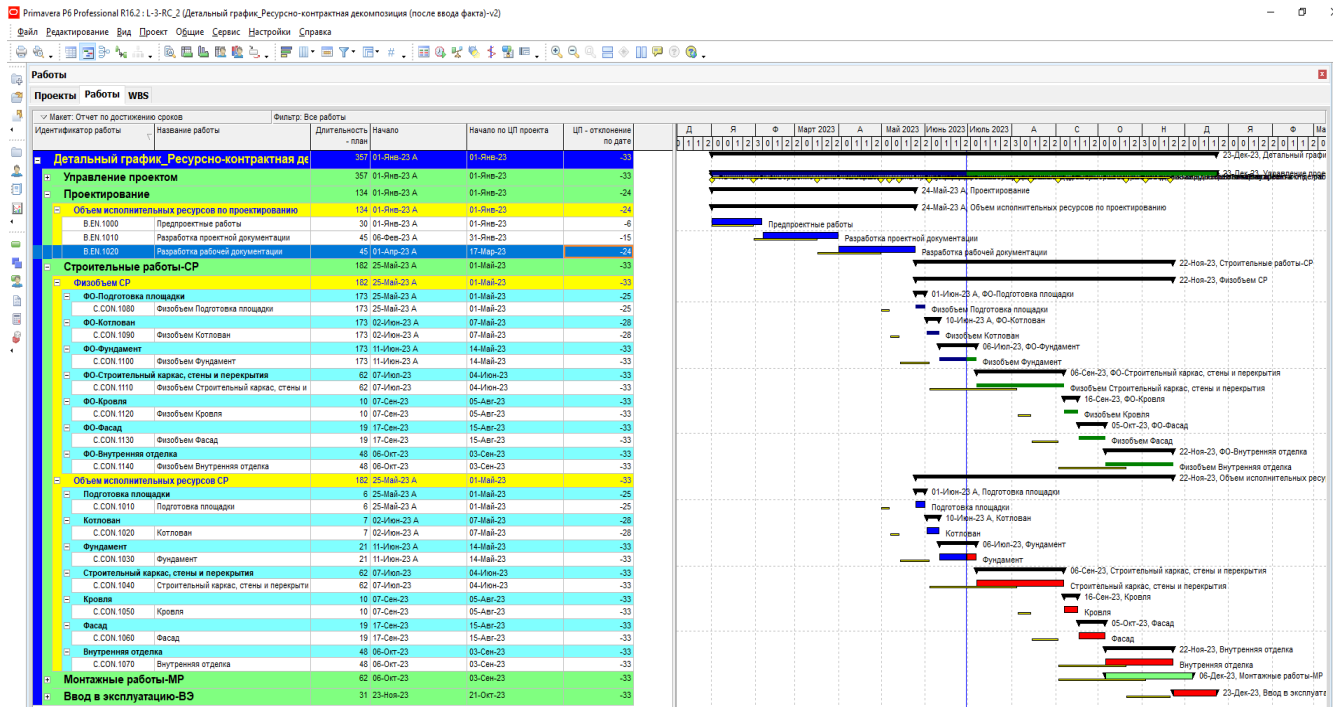


Рисунок 56. Отчет и диаграмма Гантта по достижению сроков реализации
Проекта L-3-RC_2

г) Для уточнения данных было принято решение о корректировке базового плана в отношении начала выполнения *Строительных работ* на величину отставания выполнения работ узла WBS *Проектирование*, рис. 57.

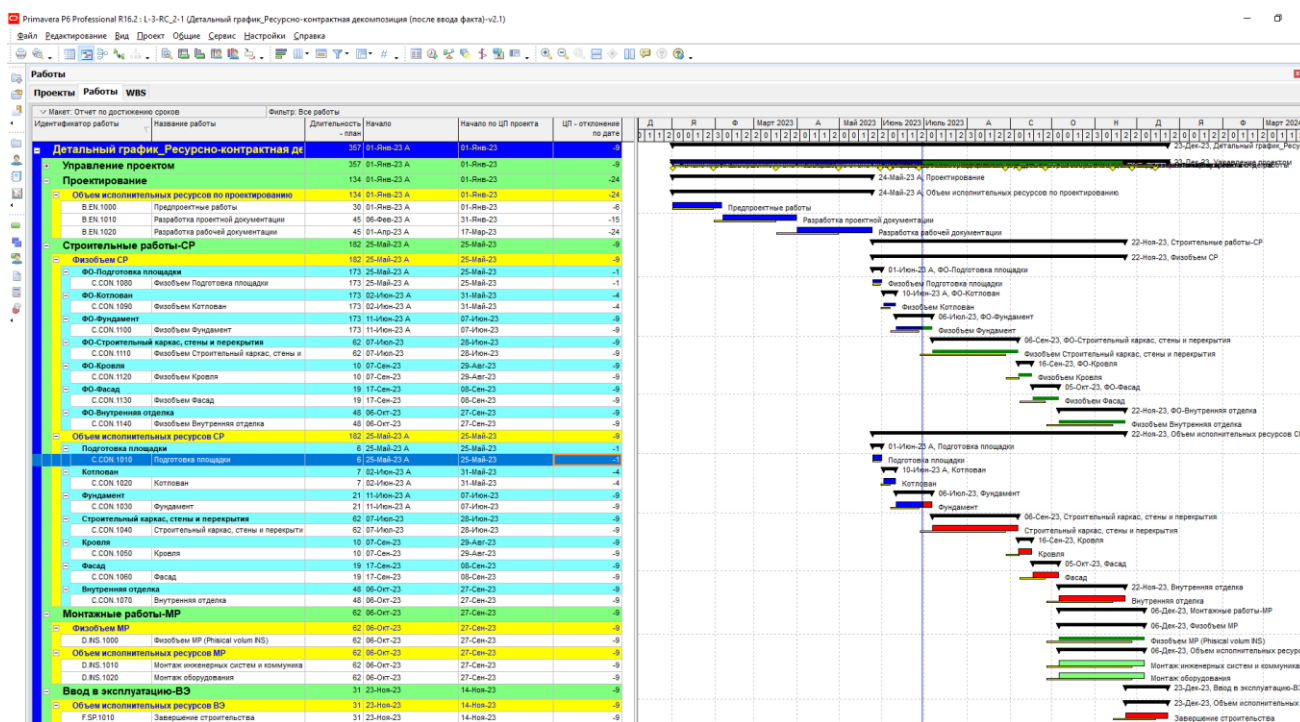


Рисунок 57. Отчет и диаграмма Гантта по достижению сроков реализации
 Проекта L-3-RC_2 после корректировки базового плана

д) Значения нормализованных показателей методики освоенного объема и показателей декомпозированной методики освоенного объема для исполнительных ресурсов узла WBS *Строительные работы* представлены в таблице 18.

Таблица 18

Анализ Детального графика проекта 3-го уровня
 с Ресурсно-контрактной декомпозицией с помощью показателей методики
 освоенного объема и BEVM в таблице WBS

Код WBS	Название WBS	BAC	PV	EV	AC	Ба- зо- вы й по- ка- за- тель про- изв о- ди- тель но- сти <i>PR E</i>	Нор- ма- тив- ный по- ка- за- тель про- изв о- ди- тель но- сти <i>PR E plan</i>)	Фак- тиче- ский пока- затель про- из- води- тель- ности <i>PR E(act)</i>	Осв оен- ный по- ка- за- тель про- из- во- ди- тель но- сти <i>PR E(earned)</i>	Ин- декс требу- емой про- изво- ди- тель- ности <i>TCPI E</i>	Значение $\Delta kE(wbs)$ коэф- фици- ента от- клонения текущей произ- водитель- ности испол- нитель- ных ре- сурсов % EV	Значение $\Delta kE(wbs)$ коэффи- циента отклоне- ния теку- щей произ- водитель- ности исполни- тельных ресурсов % AC
---------	--------------	-----	----	----	----	---	---	---	--	--	---	--

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L-3-RC_2-1.CON	Строительные работы-СР	71,000,000	13,522,484	10,149,732	12,793,289							
L-3-RC_2-1.CON.M	Физобъем СР	49,000,000	10,199,903	7,349,732	9,393,289							
L-3-RC_2-1.CON.M.1	ФО-Подготовка площадки	1,700,300	1,700,300	1,700,300	1,700,000							
L-3-RC_2-1.CON.M.2	ФО-Котлован	1,984,500	1,984,500	1,984,500	1,985,000							
L-3-RC_2-1.CON.M.3	ФО-Фундамент	5,948,600	5,948,600	3,664,932	5,708,289							
L-3-RC_2-1.CON.M.4	ФО-Строительный каркас, стены и перекрытия	17,561,600	566,503	-	-							
L-3-RC_2-1.CON.M.5	ФО-Кровля	2,832,200	-	-	-							
L-3-RC_2-1.CON.M.6	ФО-Фасад	5,380,200	-	-	-							
L-3-RC_2-1.CON.M.7	ФО-Внутренняя отделка	13,592,600	-	-	-							
L-3-RC_2-1.CON.E	Объем исполненных ресурсов СР	22,000,000	3,322,581	2,800,000	3,400,000	2.23	3.07	2.76	2.16	2.24	-30%	-10%
L-3-RC_2-1.CON.E.1	Подготовка площадки	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,200,000	1.70	1.70	1.42	1.42	-	-17%	-17%
L-3-RC_2-1.CON.E.2	Котлован	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,200,000	1.98	1.98	1.65	1.65	-	-17%	-17%
L-3-RC_2-1.CON.E.3	Фундамент	1,000,000	1,000,000	800,000	1,000,000	5.95	5.95	5.71	3.66	#ДЕЛ/0!	-38%	-4%

L-3-RC_2-1.CON.E.4	Строительный каркас, стены и перекрытия	10,000,000	322,581	-	-	1.76	1.76	-	-		-100%	-100%
L-3-RC_2-1.CON.E.5	Кровля	1,000,000	-	-	-	2.83	-	-	-			
L-3-RC_2-1.CON.E.6	Фасад	2,000,000	-	-	-	2.69	-	-	-			
L-3-RC_2-1.CON.E.7	Внутренняя отделка	6,000,000	-	-	-	2.27	-	-	-			
L-3-RC_2-1.INS	Монтажные работы-МР	16,000,000	-	-	-	1.38	-	-	-			
L-3-RC_2-1.INS.M	Физобъем МР	10,000,000	-	-	-	0.10	-	-	-			
L-3-RC_2-1.INS.E	Объем исполненных ресурсов МР	6,000,000	-	-	-	0.17	-	-	-			
L-3-RC_2-1.COM.M	Ввод в эксплуатацию-ВЭ	5,000,000	-	-	-	0.20	-	-	-			
L-3-RC_2-1.COM.M.E	Объем исполненных ресурсов ВЭ	5,000,000	-	-	-	2.00	-	-	-			

е) После нормализации исходных данных расчеты показателей BEVM значение $\Delta k_{E(wbs)}$ для узла *L-3-RC_2.CON.E* Объем исполнительных ресурсов CP (столбец 13, Таб.18) также нормализировалось, из чего следует вывод, что для контроля производительности исполнительных ресурсов с помощью показателей декомпозированной методики освоенного объема необходимо использовать исходные данные каждого пакета работ с момента фактического начала выполнения данных работ без учета данных об отставании или опережении сроков выполнения предшествующих работ.

Кроме того, вопрос уточнения выбора исходных данных для расчета показателя $\Delta k_{E(wbs)}$ – *коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов* был решен в пользу варианта использования показателя *АС – Фактическая стоимость*:

$$\Delta k_{E(wbs)} = \left(\frac{k_{E(act)wbs}}{k_{E(plan)wbs}} - 1 \right) \times 100\% , \quad (64)$$

поскольку для расчета данного показателя используются фактические данные об объемах как материальных, так и исполнительных ресурсов, при этом отклонение в стоимости показателя *Фактическая стоимость – АС* относительно показателя *Освоенный объем – EV* позволяет сделать утверждение либо о низком качестве планирования, либо о неточности измерения физического объема строительной продукции, либо о фактическом превышении физического объема строительной продукции, что в свою очередь, может быть связано с ошибками проектирования или выполнения внеплановых работ.

Таким образом, использование показателя *АС – Фактическая стоимость* для расчета показателя $\Delta k_{E(wbs)}$ – *коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов* является наиболее предпочтительным, так как позволяет более точно определить физический объема строительной продукции, выполненный с использованием определенного количества исполнительных ресурсов.

3.3.6 Моделирование управленческого воздействия на значение плановой производительности исполнительных ресурсов строительного проекта

Для моделирования управленческого воздействия рассмотрен вариант замены назначенных исполнительных ресурсов для не начатых операций узла WBS *L-3-RC_2.CON.E Объем исполнительных ресурсов СР* проекта: *L-3-RC_2 / Детальный график Ресурсно-контрактная декомпозиция* на более производительные, рис. 58.

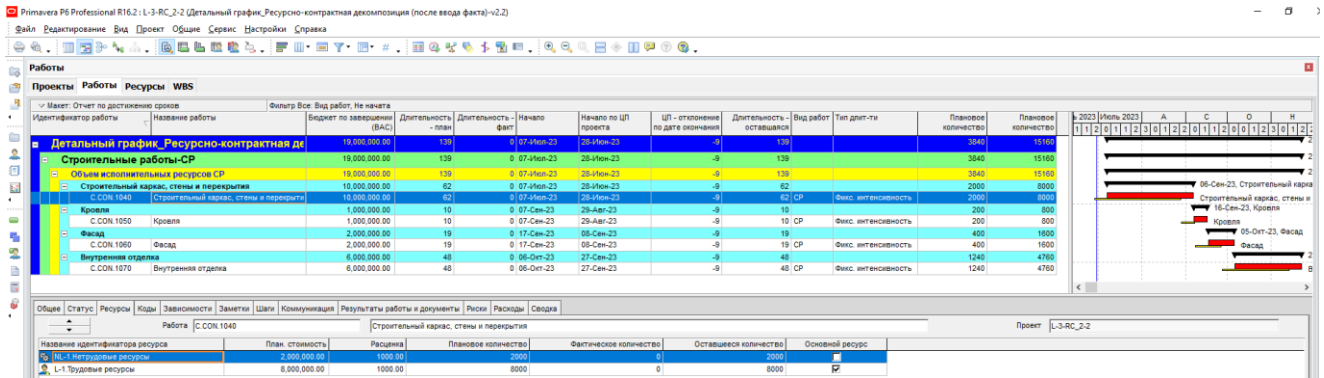


Рисунок 58. Таблица работ и диаграмма Гантта узла WBS L-3-RC_2-1.CON.E
Объем исполнительных ресурсов СР Проекта L-3-RC_2 до замены
назначенных исполнительных ресурсов

Для повышения производительности исполнительных ресурсов необходимо уменьшить значение планового объема (количества) исполнительных ресурсов при сохранении планового объема (количества) материальных ресурсов и объема (количества) часов потребления всех ресурсов за восьмичасовой рабочий день. Для этого использовано значение $\Delta k_{E(wbs)}$ – коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов (столбец 13, таблица 18) для операций узла WBS L-3-RC_2-1.CON.E Объем исполнительных ресурсов СР, где $\Delta k_{E(wbs)} = 10\%$ или 0,1 в абсолютном выражении.

Сделано предположение, что показатель $\Delta k_{E(wbs)}$ равен $newPV_E$ и используем формулу 68 для расчета нового планового объема исполнительных ресурсов:

$$newPV_E = PV_E \times L_d = PV_E \times \Delta k_{E(wbs)} = PV_E \times 0,1, \quad (68)$$

где $newPV_E$ – New Executive Resources Planned Value – *новый плановый объем исполнительных ресурсов*;

L_d – десятичный коэффициент обучения.

Таблица работ узла WBS L-3-RC_2.CON.E Объем исполнительных ресурсов СР
 Проекта L-3-RC_2 до замены назначенных исполнительных ресурсов

Идентификатор WBS / операции	Название операции	Бюджет по завершении (ВАС) (руб)	Длительность – план (дней)	Длительность – факт (дней)	Начало	Начало по ЦП проекта	ЦП - отклонение по дате окончания (дней)	Длительность – оставшаяся (дней)	Плановое количество трудовых ресурсов (час)	Плановое количество трудовых ресурсов (час)
WBS. Объем исполнительных ресурсов СР		19,000,000	139	0	07.июл.23	28.июн.23	-9	139	3840	15160
WBS. Строительный каркас, стены и перекрытия		10,000,000	62	0	07.июл.23	28.июн.23	-9	62	2000	8000
C.CON.1040	Строительный каркас, стены и перекрытия	10,000,000	62	0	07.июл.23	28.июн.23	-9	62	2000	8000
WBS. Кровля		1,000,000	10	0	07.сен.23	29.авг.23	-9	10	200	800
C.CON.1050	Кровля	1,000,000	10	0	07.сен.23	29.авг.23	-9	10	200	800
WBS. Фасад		2,000,000	19	0	17.сен.23	08.сен.23	-9	19	400	1600
C.CON.1060	Фасад	2,000,000	19	0	17.сен.23	08.сен.23	-9	19	400	1600
WBS. Внутренняя отделка		6,000,000	48	0	06.окт.23	27.сен.23	-9	48	1240	4760
C.CON.1070	Внутренняя отделка	6,000,000	48	0	06.окт.23	27.сен.23	-9	48	1240	4760

Далее вделано предположение, что новые, более производительные исполнительные ресурсы используют единичную расценку, увеличенную на 10% по отношению к предшествующим исполнительным ресурсам.

Таблица работ узла WBS L-3-RC_2.CON.E Объем исполнительных ресурсов СР
 Проекта L-3-RC_2 после замены и корректировки
 объема назначенных исполнительных ресурсов

Идентификатор WBS / операции	Название операции	Бюджет по завершении (ВАС) (руб)	Длительность – план (дней)	Длительность – факт (дней)	Начало	Начало по ЦП проекта	ЦП - отклонение по дате окончания (дней)	Длительность – оставшаяся (дней)	Плановое количество трудовых ресурсов (час)	Плановое количество трудовых ресурсов (час)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
WBS. Объем исполнительных ресурсов СР		19,000,000	125	0	07.июл.23	28.июн.23	5	125	3456	13644
WBS. Строительный каркас, стены и перекрытия		10,000,000	56	0	07.июл.23	28.июн.23	-3	56	1800	7200

C.CON.1040	Строительный каркас, стены и перекрытия	10,000,000	56	0	07.июл.23	28.июн.23	-3	56	1800	7200
WBS. Кровля		1,000,000	9	0	31.авг.23	29.авг.23	-2	9	180	720
C.CON.1050	Кровля	1,000,000	9	0	31.авг.23	29.авг.23	-2	9	180	720
WBS. Фасад		2,000,000	17	0	09.сен.23	08.сен.23	0	17	360	1440
C.CON.1060	Фасад	2,000,000	17	0	09.сен.23	08.сен.23	0	17	360	1440
WBS. Внутренняя отделка		6,000,000	43	0	26.сен.23	27.сен.23	5	43	1116	4284
C.CON.1070	Внутренняя отделка	6,000,000	43	0	26.сен.23	27.сен.23	5	43	1116	4284

Как видно из расчетов, представленных в таблице 20, после корректировки объемов исполнительных ресурсов (столбцы 10 и 11) произошло сокращение плановой длительности на уровне работ, узлов WBS и пакетов работ (столбец 4), что повлияло на показатель ЦП – отклонение по дате окончания (столбец 8) означаящий сокращение текущего отставания от графика. Управленческое воздействие подобного типа, приводящие к сокращению сроков реализации проекта в практике календарно-сетевое планирования носит название «сжатие расписания путем увеличения производительности», наблюдаемый эффект которого наглядно виден на Диаграмме Гантта (рис. 59).

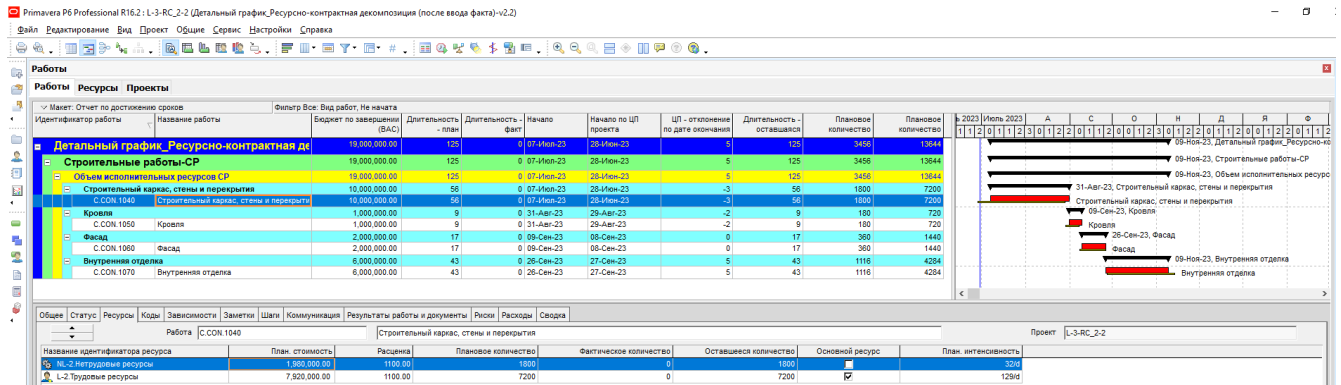


Рисунок 59. Таблица работ и Диаграмма Гантта узла WBS L-3-RC_2-1.CON.E
Объем исполнительных ресурсов СР Проекта L-3-RC_2
после замены исполнительных ресурсов

Далее проанализированы изменения данных всего проекта после замены исполнительных ресурсов и рассмотрено их влияние на значение показателей производительности (рис. 60).

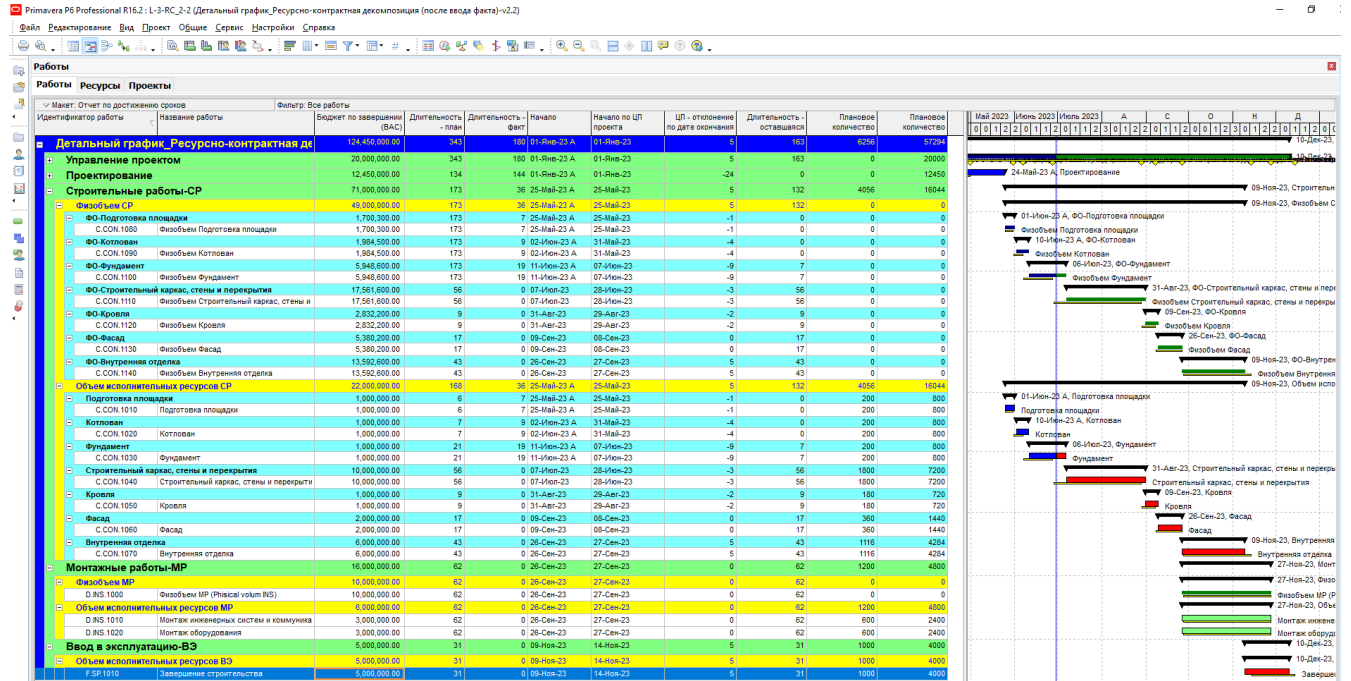


Рисунок 60. Таблица работ и Диаграмма Гантта Проекта L-3-RC_2 после замены исполнительных ресурсов

Значение показателя ЦП – отклонение по дате окончания равно 5 дням для последней работы графика F.SP.1010 Завершение строительства и другие подобные отклонения от Базового плана могут повлиять на искажение данных производительности исполнительных ресурсов, поэтому необходимо произвести корректировку Базового плана проекта (рис. 61).

L-3-RC_2-1.CON	Строительные работы-СР	70,810,000	12,633,400	10,149,732	12,793,289								
L-3-RC_2-1.CON.M	Физобъем СР	49,000,000	9,633,400	7,349,732	9,393,289								
L-3-RC_2-1.CON.M.1	ФО-Подготовка площадки	1,700,300	1,700,300	1,700,300	1,700,000								
L-3-RC_2-1.CON.M.2	ФО-Котлован	1,984,500	1,984,500	1,984,500	1,985,000								
L-3-RC_2-1.CON.M.3	ФО-Фундамент	5,948,600	5,948,600	3,664,932	5,708,289								
L-3-RC_2-1.CON.M.4	ФО-Строительный каркас, стены и перекрытия	17,561,600	-	-	-								
L-3-RC_2-1.CON.M.5	ФО-Кровля	2,832,200	-	-	-								
L-3-RC_2-1.CON.M.6	ФО-Фасад	5,380,200	-	-	-								
L-3-RC_2-1.CON.M.7	ФО-Внутренняя отделка	13,592,600	-	-	-								
L-3-RC_2-1.CON.E	Объем исполнительных ресурсов СР	21,810,000	3,000,000	2,800,000	3,400,000	2.25	3.21	2.76	2.16	2.26	-33%	-14%	
L-3-RC_2-1.CON.E.1	Подготовка площадки	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,200,000	1.70	1.70	1.42	1.42	-	-17%	-17%	
L-3-RC_2-1.CON.E.2	Котлован	1,000,000	1,000,000	1,000,000	1,200,000	1.98	1.98	1.65	1.65	-	-17%	-17%	
L-3-RC_2-1.CON.E.3	Фундамент	1,000,000	1,000,000	800,000	1,000,000	5.95	5.95	5.71	3.66	-	-38%	-4%	
L-3-RC_2-1.CON.E.4	Строительный каркас, стены и перекрытия	9,900,000	-	-	-	1.77	-	-	-	-	-	-	
L-3-RC_2-1.CON.E.5	Кровля	990,000	-	-	-	2.86	-	-	-	-	-	-	
L-3-RC_2-1.CON.E.6	Фасад	1,980,000	-	-	-	2.72	-	-	-	-	-	-	
L-3-RC_2-1.CON.E.7	Внутренняя отделка	5,940,000	-	-	-	2.29	-	-	-	-	-	-	
L-3-RC_2-1.INS	Монтажные работы-МР	16,000,000	-	-	-	1.36	-	-	-	-	-	-	
L-3-RC_2-1.INS.M	Физобъем МР	10,000,000	-	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	

L-3-RC_2-1.INS.E	Объем исполнительных ресурсов МР	6,000,000	-	-	-	0.17	-	-	-			
L-3-RC_2-1.COMM	Ввод в эксплуатацию ВЭ	5,000,000	-	-	-	0.20	-	-	-			
L-3-RC_2-1.COMM.E	Объем исполнительных ресурсов ВЭ	5,000,000	-	-	-	1.98	-	-	-			

В результате обновленных расчётов произошли изменения значений PR_E – базового показателя производительности исполнительных ресурсов и $PR_{E(plan)}$ нормативного показателя производительности исполнительных ресурсов, что в свою очередь, вызвало увеличение отклонения обоих вариантов $\Delta k_{E(wbs)}$ – коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов на уровне узла WBS L-3-RC_2-1.CON.E Объем исполнительных ресурсов CP, что является не проблемой, а предметом дальнейшего управления проектом.

Выводы по главе 3

1. Разработанная интеграционная исследовательская модель была успешно использована для апробации новых подходов и инструментов управления производительностью труда строительных ресурсов в процессах управления жизненным циклом объектов строительства, что является решением восьмой задачи диссертационного исследования.

2. Применение показателей декомпозированного метода освоенного объема позволяет рассчитывать базовый, нормативный, фактический, освоенный и требуемый показатели производительности.

3. Расчет показателей декомпозированного метода освоенного объема возможен только с использованием Ресурсно-контрактного принципа декомпозиции.

4. Расчет показателей декомпозированного метода освоенного объема возможен только с использованием календарно-сетевых графиков, построенных в Логике управления производительностью исполнительных ресурсов.

5. Применение показателей декомпозированного метода освоенного объема на верхних уровнях планирования, например, в Детальном графике 1-го уровня многоуровневой модели, вызывает возникновение погрешности вычислений, в связи с чем требуется уточнение данных на нижних уровнях планирования, например, в Комплексном графике 2-го уровня многоуровневой модели планирования, поскольку с увеличением уровня детализации календарно-сетевых графиков уровень точности вычислений возрастает.

6. Расчет показателей декомпозированного метода освоенного объема не противоречит показателям существующего метода, следовательно, можно утверждать, что эти показатели могут служить дополнением к EVM.

7. Использование показателей декомпозированного метода освоенного объема позволяет оперативно рассчитывать показатели производительности исполнительных ресурсов, а систематическое использование Δk_E – *коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов* дает возможность для оперативного контроля уровня производительности исполнительных ресурсов с применением принципа Деминга-Шухарта и временным интервалом от одного дня и до завершения жизненного цикла проекта.

8. Использование сочетаний Δk_E – коэффициента отклонения текущей производительности исполнительных ресурсов и L_d – десятичного коэффициента обучения позволяет применить управленческое воздействие путем корректировки значения $newPV_E$ *нового планового объема исполнительных ресурсов* и плановой производительности исполнительных ресурсов Детального графика 3-го уровня с «Ресурсно-контрактной» декомпозицией WBS с целью достижения целевых показателей проекта.

Выводы третьей главы подтверждают научную обоснованность использования новых подходов и инструментов управления производительностью труда строительных ресурсов в процессах управления жизненным циклом объектов строительства и тем самым решают девятую основную задачу исследования.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

4.1. Основные условия, последовательность и порядок применения показателей декомпозированной методики освоенного объема

В процессе проверки и подтверждения научных положений диссертационного исследования с использованием исследовательской модели были выявлены особенности и определен алгоритм практического использования показателей производительности «Декомпозированной методики освоенного объема» и в результате систематизации была разработана пошаговая последовательность действий применительно к трехуровневой модели планирования и управления строительным проектом (рис. 62).

Количество выбранных уровней планирования и управления соответствует логике диссертационного исследования и может быть изменено в сторону уменьшения или увеличения в случае необходимости, однако вне зависимости от количества уровней планирования и управления, для использования показателей производительности «Декомпозированной методики освоенного объема» необходимо соблюдать следующие общие условия:

1. Использование *Ресурсно-контрактной структуры декомпозиции WBS* для каждого уровня управления вне зависимости от степени детализации;
2. Наличие завершенных календарно-сетевых графиков и оценки стоимости проекта для каждого верхнеуровневого и оцениваемого календарно- сетевого графика;
3. Использование инструментов и методов ресурсного планирования для каждого уровня планирования и управления проектом.

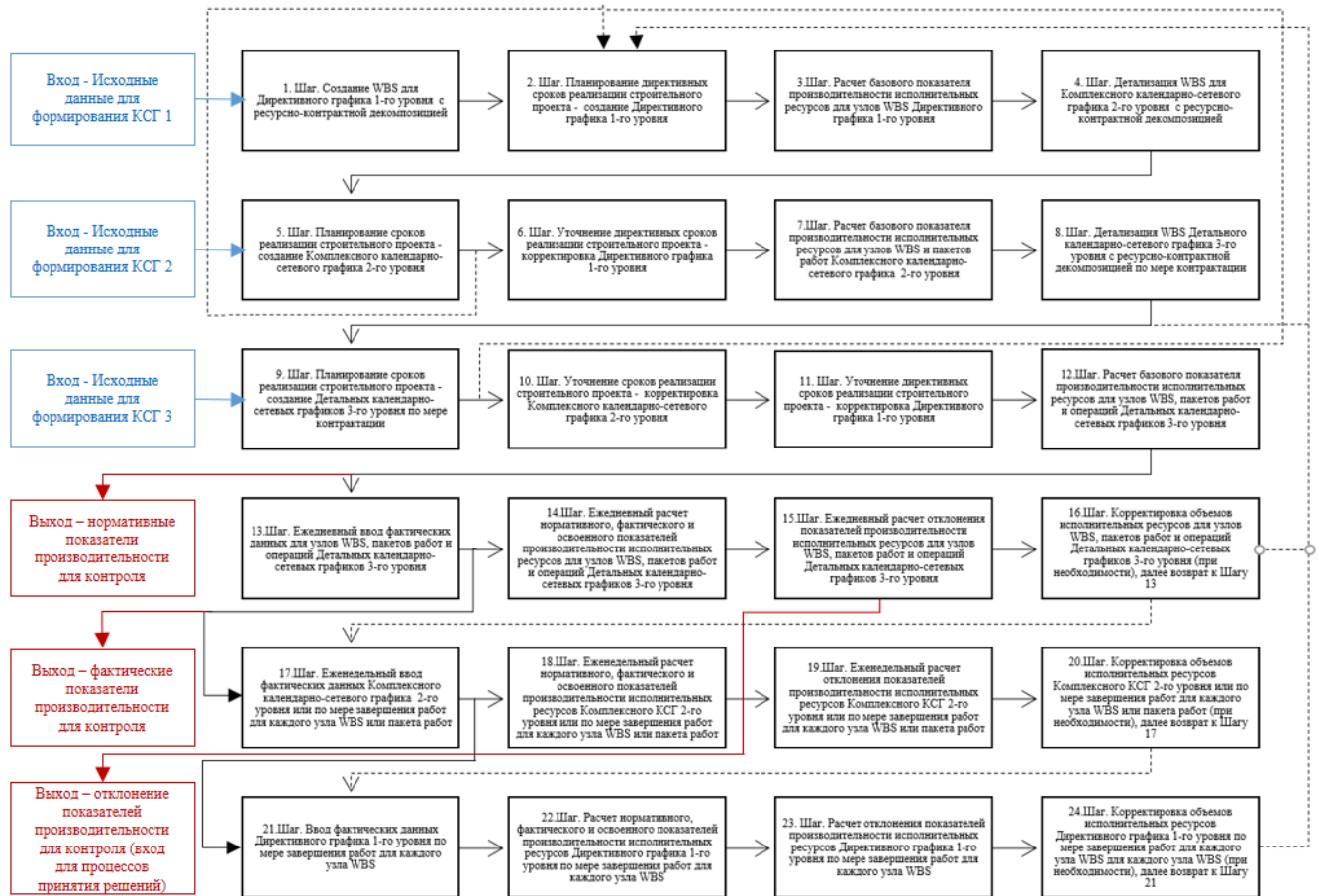


Рисунок 62. Пошаговая последовательность практического использования показателей производительности «Декомпозированной методики освоенного объема»

Последовательность действий, представленная на рисунке 61 может быть использована при разработке новых или обновлении существующих корпоративных методик календарно-сетевого планирования или методик управления строительными проектами.

Рекомендации по практическому использованию показателей производительности «Декомпозированной методики освоенного объема» для каждого уровня многоуровневой модели управления проектом, представлены в таблице 22.

Рекомендации по практическому использованию показателей производительности
«Декомпозированной методики освоенного объема»

№	Наименование уровня многоуровневой модели управления / шаг последовательности практического использования показателей производительности «Декомпозированной методики освоенного объема»	Рекомендации
1	Директивный график 1-го уровня	
1.1	1. Шаг. Создание WBS для Директивного графика 1-го уровня с ресурсно-контрактной декомпозицией	<ul style="list-style-type: none"> • На данном шаге задаются исходные требования к содержанию будущего строительного проекта. • На узлах WBS планируются и агрегируются укрупненные данные о производительности исполнительных ресурсов на уровне «Контрактор» • Точность данных не позволяет принимать оперативные управленческие решения, но позволяет анализировать исторические данные и для принятия стратегических и инвестиционных решений.
1.2	2. Шаг. Планирование директивных сроков реализации строительного проекта - создание Директивного графика 1-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Источником исходной информации для планирования сроков реализации проекта на данном уровне в основном являются проекты-аналоги или укрупненные расчеты, в связи с чем точность планирования может иметь высокую степень погрешности аналогичную классу точности оценки стоимости в стоимостном инжиниринге. • Плановые данные данного уровня требуют обязательного уточнения на всех последующих уровнях планирования (Шаг 6 и Шаг 11).
1.3	3. Шаг. Расчет базового показателя производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS Директивного графика 1-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Расчет данного показателя на этом шаге планирования необходим для сравнительного анализа производительности потенциальных контракторов. • Процесс расчета показателя может быть автоматизирован. • Несмотря на название графика, по факту показатель не является директивным. • Процедура позволяет произвести верификацию и валидацию данных на данном уровне планирования.
1.4	6. Шаг. Уточнение директивных сроков реализации строительного проекта - корректировка Директивного графика 1-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • На данном шаге, уточнение директивных сроков необходимо в связи получением более точных данных (например, данных ПД) после завершения формирования Комплексного КСГ 2-го уровня.
1.5	11. Шаг. Уточнение директивных сроков реализации строительного проекта - корректировка Директивного графика 1-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • На данном шаге, уточнение директивных сроков необходимо в связи получением более точных данных (например, данных РД и/или условий контракта) после завершения формирования Детальных КСГ 3-го уровня.

1.6	21. Шаг. ввод фактических данных Директивного графика 1-го уровня по мере завершения работ для каждого узла WBS	<ul style="list-style-type: none"> • На данном шаге необходимо производить актуализацию фактических данных полученных после ввода факта в Комплексном КСГ 2-го уровня. • Ввод факта необходимо производить в узлах WBS с полностью завершёнными работами. • Для организации определенной, заданной периодичности для работ узла WBS данный параметр (фиксированная длительность) может быть заложен в качестве требований на Шаге 1 и Шаге 2. • Полученные данные представляют ценность для их использования в качестве исходных данных планирования проектов-аналогов в будущем. • Процесс ввода фактических данных может быть автоматизирован.
1.7	22. Шаг. Расчет нормативного, фактического и освоенного показателей производительности исполнительных ресурсов Директивного графика 1-го уровня по мере завершения работ для каждого узла WBS	<ul style="list-style-type: none"> • Расчет показателей производительности на этом шаге необходим для сравнительного анализа и последующего контроля. • Процесс расчета показателей может быть автоматизирован. • Полученные данные представляют ценность для их использования в качестве исходных данных планирования проектов-аналогов в будущем.
1.8	23. Шаг. Расчет отклонения показателей производительности исполнительных ресурсов Директивного графика 1-го уровня по мере завершения работ для каждого узла WBS	<ul style="list-style-type: none"> • На данном уровне необходимо учитывать возможность возникновения аномальных результатов вычислений в случае, если в узле WBS ввод факта был произведен в незавершенных работах. • Процесс расчета показателя может быть автоматизирован. • Причины отклонений необходимо анализировать совместно с данными КСГ 2-го и 3-го уровней. • Управленческие решения, принятые на основе результатов данного шага, могут быть несвоевременными и основанными на предположениях.
1.9	24. Шаг. Корректировка объемов исполнительных ресурсов Директивного графика 1-го уровня по мере завершения работ для каждого узла WBS для каждого узла WBS (при необходимости), далее возврат к Шагу 21	<ul style="list-style-type: none"> • Корректировка объемов исполнительных ресурсов на данном шаге связана с выявлением отклонений, которые не были обнаружены на предыдущих уровнях. • Фактически, процесс корректировки объемов повторяет процессы Шага 6 и Шага 11, т.е. производится «снизу - вверх».

2	Комплексный календарно-сетевой график 2-го уровня	
2.1	4. Шаг. Детализация WBS для Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня с ресурсно-контрактной декомпозицией	<ul style="list-style-type: none"> • На данном шаге необходимо производить декомпозицию содержания проекта до уровня каждого контракта и результатов контрактов – пакетов работ. • Декомпозицию WBS предпочтительнее выполнять параллельно с Шагом 5, так как сроки являются существенным условием контракта. • WBS Комплексного КСГ должна включать в себя все функциональные области, все объекты и все контакты (которые планируются к заключению в перспективе). • Важным условием декомпозиции WBS данного уровня является определение результатов (предмета) функции управления, которая связана с результатами перспективных контрактов.
2.2	5. Шаг. Планирование сроков реализации строительного проекта - создание Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • При использовании директивных сроков необходимо понимать, что они являются неточными (т.е. спланированы с высокой степенью неопределённости) и требуют уточнения (например, после получения данных ПД). • Так же важно понимать, что данный график требует уточнения после завершения формирования Детальных КСГ 3-го уровня. • В связи с необходимостью корректировки Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня необходимо создавать интерфейсы, позволяющие упростить процессы корректировки длительности.
2.3	6. Шаг. Уточнение директивных сроков реализации строительного проекта - корректировка Директивного графика 1-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Уточнение директивных сроков является естественным процессом после завершения формирования Комплексного КСГ 2-го уровня.
2.4	7. Шаг. Расчет базового показателя производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS и пакетов работ Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Расчет данного показателя на этом шаге планирования необходим для сравнительного анализа производительности потенциальных контакторов и пакетов работ. • Процедура позволяет произвести верификацию и валидацию данных. • Процесс расчета показателя может быть автоматизирован.
2.5	10. Шаг. Уточнение сроков реализации строительного проекта - корректировка Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Уточнение сроков на данном шаге является следствием завершения формирования Детального КСГ 3-го уровня. • Уточнение производится последовательно, по мере контрактации или выдачи комплектов РД с последующей детализацией КСГ, в случае если Контрактор один.

2.6	17. Шаг. Еженедельный ввод фактических данных Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня или по мере завершения работ для каждого узла WBS или пакета работ	<ul style="list-style-type: none"> • Действие шага необходимо производить на основании полученных укрупненных, суммарных фактических данных с уровней узлов WBS и пакетов работ Детального графика 3-го уровня. • Данное действие необходимо для контроля уровня производительности исполнительных ресурсов на следующем уровне управления. • Производится после завершения Шага 13. • Периодичность действия зависит от сроков выполнения пакетов работ и может влиять на длительность выполнения пакетов работ. • В случае необходимости, длительность пакетов работ, влияющая на периодичность, может быть задана в качестве требования на Шаге 4 и Шаге 5. • Процесс может быть автоматизирован.
2.7	18. Шаг. Еженедельный расчет нормативного, фактического и освоенного показателей производительности исполнительных ресурсов Комплексного КСГ 2-го уровня или по мере завершения работ для каждого узла WBS или пакета работ	<ul style="list-style-type: none"> • Расчет показателей производительности на этом шаге необходим для сравнительного анализа и последующего контроля. • Процесс расчета показателей может быть автоматизирован.
2.8	19. Шаг. Еженедельный расчет показателей отклонения производительности исполнительных ресурсов Комплексного КСГ 2-го уровня или по мере завершения работ для каждого узла WBS или пакета работ	<ul style="list-style-type: none"> • На данном уровне возникновение аномальных результатов вычислений не наблюдался. • Процесс расчета показателя отклонения производительности исполнительных ресурсов является ключевым. • Процесс расчета может быть автоматизирован. • Причины отклонений необходимо анализировать совместно с данными КСГ 3-го уровней. • Управленческие решения, принятые на основе результатов данного шага, могут быть несвоевременными, но необходимыми с точки зрения контроля.
2.9	20. Шаг. Корректировка объемов исполнительных ресурсов Комплексного КСГ 2-го уровня или по мере завершения работ для каждого узла WBS или пакета работ (при необходимости), далее возврат к Шагу 17	<ul style="list-style-type: none"> • Корректировка объемов исполнительных ресурсов на данном шаге связана с выявлением отклонений, которые не были обнаружены на предыдущем уровне, т.е. КСГ 3-го уровня. • Фактически, процесс корректировки объемов производится «снизу-вверх».

2.10	21. Шаг. Ввод фактических данных Директивного графика 1-го уровня по мере завершения работ для каждого узла WBS	<ul style="list-style-type: none"> • Происходит передача укрупненных, суммарных фактических данных с уровней узлов WBS и пакетов работ Комплексного КСГ 2-го уровня для ввода фактических данных для работ Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня. • Данное действие необходимо для контроля уровня производительности исполнительных ресурсов на следующем уровне управления. • Производится после завершения Шага 17. • Процесс ввода фактических данных может быть автоматизирован.
3	Детальный календарно-сетевой график 3-го уровня	
3.1	8. Шаг. Детализация WBS Детального календарно-сетевого графика 3-го уровня с ресурсно-контрактной декомпозицией по мере контрактации	<ul style="list-style-type: none"> • Процедура детализации WBS повторяет процесс Шага 4, но существуют отличия. • Структура WBS Детального КСГ 3-го уровня должна состоять из отдельных проектов для каждого контракта, что связано с необходимостью исключения дублирования данных используемых для расчета производительности исполнительных ресурсов, и исключения влияния данных из других контрактов. • Детализация необходимо производить до уровня пакета работ отдельных бригад или команд, что связано с использованием функции самоорганизации Scrum-команд.
3.2	9. Шаг. Планирование сроков реализации строительного проекта - создание Детальных календарно-сетевых графиков 3-го уровня по мере контрактации	<ul style="list-style-type: none"> • Планирование необходимо производить методами «снизу-вверх», т.е. с высокой степенью детализации и использовании ресурсного планирования, что делает процесс достаточно трудоемким, однако игнорирование ресурсного планирования исключает любую возможность контроля производительности ресурсов. • При планировании ресурсов необходимо использовать реальные расценки всех ресурсов. • Планирование может происходить по мере контрактации. • Необходимо предусмотреть интерфейсы для связи работ с КСГ 2-го уровня.
3.3	10. Шаг. Уточнение сроков реализации строительного проекта - корректировка Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Уточнение сроков на данном шаге является следствием завершения формирования Детального КСГ 3-го уровня. • Уточнение производится последовательно, по мере контрактации или выдачи комплектов РД с последующей детализацией КСГ, в случае если Контрактор один.
3.4	11. Шаг. Уточнение директивных сроков реализации строительного проекта - корректировка Директивного графика 1-го уровня	

3.5	12. Шаг. Расчет базового показателя производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов работ и операций Детальных календарно-сетевых графиков 3-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Расчет данного показателя на этом шаге планирования необходим управления производительностью исполнительных ресурсов и является обязательным. • Процедура позволяет произвести верификацию и валидацию данных. • Процесс расчета показателя может быть автоматизирован.
3.6	13. Шаг. Ежедневный ввод фактических данных для узлов WBS, пакетов работ и операций Детальных календарно-сетевых графиков 3-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Ввод фактических данных по работам выполненным исполнительными ресурсами необходимо осуществлять на основании количества фактически потраченных часов каждым ресурсом индивидуально, что является обычной практикой при сборе данных. • В случае, если используются усредненные расценки и укрупненные ресурсы (например, бригада или команда), то возможен укрупненный сбор и ввод факта, так как показатели производительности рассчитываются суммарно. • Внесение данных предпочтительно производить в день выполнения работ. • Ввод фактических данных по физическим объемам произведенной строительной продукции можно производить несколькими способами. • Для определения фактической стоимости необходимо использовать данные о фактически использованном объеме материальных ресурсов. • Для определения освоенного объема возможно использование как данных о фактически использованном объеме материальных ресурсов, так и данные в виде процента выполнения, что снижает точность данных. • Процесс ввода фактических данных может быть автоматизирован.
3.7	14. Шаг. Ежедневный расчет нормативного, фактического и освоенного показателей производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов работ и операций Детальных календарно-сетевых графиков 3-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • К данной процедуре необходимо привлекать непосредственных исполнителей и руководителей. • Расчет и анализ отклонений показателей производительности необходимо обсуждать перед началом выполнения плановых работ на основании фактических данных предыдущего дня. • Обсуждение результатов и планирование мероприятий по достижению показателей производительности возможно с использованием инструмента Daily-Meeting (Standup) методологии Scrum, когда члены команды на коротких 15-ти минутных совещаниях решают проблемы, возникающие в процессе работы.
3.8	15. Шаг. Ежедневный расчет отклонения показателей производительности исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов работ и операций Детальных календарно-сетевых графиков 3-го уровня	<ul style="list-style-type: none"> • Процесс расчета показателей может быть автоматизирован.

3.9	16. Шаг. Корректировка объемов исполнительных ресурсов для узлов WBS, пакетов работ и операций Детальных календарно-сетевых графиков 3-го уровня (при необходимости), далее возврат к Шагу 13	<ul style="list-style-type: none"> • Корректировка объемов исполнительных ресурсов на данном шаге связана с выявлением отклонений, которые были обнаружены на уровне КСГ 3-го уровня и не могут быть исправлены непосредственными исполнителями или ситуация требует вмешательства руководителей более высокого уровня чем уровень исполнителей. • Причиной, например, может являться недостаточная производительность используемой строительной техники, которую следует заменить на более производительную или иная причина, требующая внесения изменений в КСГ 3-го уровня.
3.10	17. Шаг. Еженедельный ввод фактических данных Комплексного календарно- сетевого графика 2-го уровня или по мере завершения работ для каждого узла WBS или пакета работ	<ul style="list-style-type: none"> • На данном шаге происходит передача укрупненных, суммарных фактических данных с уровней узлов WBS и пакетов работ Детального графика 3-го уровня для ввода фактических данных для работ Комплексного календарно-сетевого графика 2-го уровня. • Данное действие необходимо для контроля уровня производительности исполнительных ресурсов на следующем уровне управления. • Производится после завершения Шага 13. • Процесс ввода фактических данных может быть автоматизирован.

Последовательность действий и рекомендации, представленные в таблице 22. могут быть использованы при внедрении декомпозированной методики освоенного объема в практику управления строительством.

4.2. Потенциальный экономический эффект от применения показателей декомпозированной методики освоенного объема

Потенциальный экономический эффект от использования показателей декомпозированной методики освоенного объема может быть выражен несколькими прогнозами.

Первый прогноз: может быть представлен в абстрактной форме в виде влияния прогнозируемого роста производительности труда специалистов, занятых в

строительной области на увеличение объемов производства строительной продукции на микроэкономическом уровне и как следствие – рост показателей ВВП строительной отрасли на макроэкономическом уровне.

Второй прогноз: может быть представлен в абстрактном виде сокращения сроков реализации строительных проектов, т. е. ускорение производства объемов производства строительной продукции без привлечения дополнительного количества специалистов, занятых в строительной области и как следствие – увеличение скорости оборачиваемости запасов и финансовых ресурсов, что в свою очередь, приводит к увеличению маржинальности строительного бизнеса и увеличения объемов налоговых отчислений.

Третий прогноз: может быть представлен явным образом в виде сокращения издержек от инвестиционной деятельности и от снижения количества часов специалистов, потраченных на внесение и согласование изменений в рабочей (РД) и исполнительной документации (ИД) в связи с изменением объемов материальных, трудовых и нетрудовых ресурсов в процессе принятия результатов выполненных работ подрядных строительных организаций.

Таблица 23

Калькуляция примерной стоимости одного изменения в комплекте рабочей и исполнительной документации для одного вида выполненных строительных работ по одному объекту строительства

№	Наименование должности специалиста или руководителя службы заказчика	Количество часов на изменение	Расценка за час (рублей)	Сумма (рублей)
1	Инженер-сметчик службы заказчика	4-8	1000	4000-8000
2	Инженер технадзора службы заказчика	4-8	1000	4000-8000
3	Инженер службы капитального строительства службы заказчика	4-8	1000	4000-8000
4	Руководитель производственного направления (вид работ, вид производственного оборудования и т.п.)	1-2	1500	1500-3000
5	Руководитель службы заказчика	1-2	2000	2000-4000

6	Бухгалтер службы капитального строительства службы заказчика	4-8	1000	4000-8000
7	Главный бухгалтер	1	2000	2000
8	Руководитель организации	1	3000	3000
9	Итого стоимость одного изменения			24500-44000

Окончание таблицы 23

№	Наименование должности специалиста или руководителя подрядной организации	Количество часов на изменение	Расценка за час (рублей)	Сумма (рублей)
10	Инженер-сметчик	4-8	1000	4000-8000
11	Инженер производственно-технической службы	4-8	1500	4000-8000
12	Руководитель направления	1-2	1500	1500-3000
13	Бухгалтер	4-8	1000	4000-8000
14	Главный бухгалтер	1	2000	2000
15	Руководитель организации	1	3000	3000
16	Итого стоимость одного изменения			22500-32000
17	ВСЕГО стоимость одного изменения			47000-76000

В таблице 23 приведена калькуляция примерной стоимости одного процесса планирования, согласования или изменения плановых/фактических объемов строительных работ объектов строительства средних масштабов (до 100 млн рублей). Необходимость внесения изменений в ИД и РД возникает в случае несоответствия объемов выполненных строительных работ их плановым значениям в процессе приемки выполненных работ по договору подряда, т. е. в случае превышения параметров производительности труда – постоянно.

Периодичность приемки выполненных работ по договору подряда является одним из условий договора подряда, но если предположить, что инвестиционный процесс является непрерывным (в отличие от конечности процессов строительства), то количество процедур приемки выполненных работ может составлять около 12 раз в год, т. е. с периодичностью 1 раз в месяц.

Если предположить, что длительность одного договора строительного подряда составляет 12 месяцев, что соответствует практике инвестиционной деятель-

ности, то количество процессов планирования и согласования по одному виду работ составляет один раз, а количество процессов приемки выполненных работ, как было описано выше, составляет 12 раз, то таким образом стоимость затрат планирования/согласования по одному виду работ одного среднего строительного объекта может составлять от 611 тыс. – 912 тыс. рублей, что в процентом выражении составит от 6 до 9% от стоимости среднего строительного объекта.

Таким образом, если на каждом шаге приемки выполненных работ будет необходимо вносить хотя бы одно изменение, вызванное снижением производительности труда, что фактически и происходит в строительной отрасли, то стоимость дополнительных издержек на внесение одного изменения на одном шаге составит от 6 до 9%, стоимость двух изменений составит от 12 до 18% и так далее. В конечном итоге данные издержки приводят к увеличению стоимости строительства и увеличению себестоимости конечной продукции.

Стоит отметить еще один важный момент: процесс анализа показателей производительности труда, на практике осуществляется после приемки выполненных строительных работ, т. е. с периодичностью не чаще 12 раз в год с отставанием от текущей даты минимум в один месяц плюс один день от фактического выполнения. Подобная периодичность связана с процессом ведения бухгалтерского и управленческого учета. В результате подобного отклонения в датах возникновения и анализа информации оперативное управление производительностью невозможно в принципе, так как данные носят статистический характер из-за низкой скорости управленческой реакции на факт отклонения.

Использование декомпозированной методики освоенного объема подразумевает оперативный, ежедневный анализ показателей производительности не требующий дополнительных затрат, а большинство процессов может быть автоматизировано. Если сравнивать скорость управленческой реакции на факт отклонения уровня производительности, то эффективность составляет минимум 30 раз (т. е. на месяц раньше).

Целью управления производительностью труда (исполнительных ресурсов) является постоянное сохранение уровня ее плановых параметров, что означает полное сокращение издержек на внесение изменений в объемы выполненных работ.

Таким образом экономический эффект от использования декомпозированной методики освоенного объема может составлять минимум 6-9% от стоимости реализации средних строительных проектов за счет увеличения скорости управленческой реакции на факт отклонения уровня производительности в 30 раз.

Выводы по главе 4

1. 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 труда в технологических процессах, происходящих при реализации инвестиционно-строительных проектов в процессах управления жизненным циклом объектов строительства и являются решением десятой, заключительной из основных задач диссертационного исследования.

2. Использование декомпозированного метода освоенного объема позволяет использовать его не только в качестве инструмента управления производительностью исполнительных ресурсов, но и увеличивает эффективность процессов управления проектами, следовательно, способно к повышению эффективности и процессов управления жизненным циклом объектов строительства.

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 подходов к формированию иерархической структуры содержания проекта было выявлены 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 методике 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ) Часть вторая (ст. 454–1109) Раздел IV. Отдельные виды обязательств (ст. 454–1109) Глава 37. Подряд (ст. 702–768). М. : Эксмо, 2023.
2. Система проектной документации для строительства основные требования к проектной и рабочей документации // Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 21.101—2020. М. : Стандартиформ, 2020.
3. Управление крупными строительными проектами с использованием интегрированных контрактов // Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 71177—2023. М. : Стандартиформ, 2023.
4. Руководство по проектному менеджменту // Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО/ISO 21500—2014. М. : Стандартиформ, 2015.
5. Стоимостной инжиниринг. Термины и определения // Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО/ISO 58535—2019. М. : Стандартиформ, 2019.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года № 87 (ред. от 15.09.2023) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
7. Приказ Минстроя России от 16 мая 2023 г. N 344/пр. «Об утверждении состава и порядка ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства».
8. Единые отраслевые методические указания по проведению оценки стоимости сооружения объектов использования атомной энергии (ОИАЭ). М. : Госкорпорация «Росатом», 2019.
9. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК®). 5-е изд. Пенсильвания : Project Management Institute, 2004.
10. Основы комплексного управления стоимостью. Интегрированный подход к управлению портфелями, программами и проектами / Под общ. ред. А. В. Цветкова ; Пер. с англ. // Международная Ассоциация развития стоимостного инжиниринга. 2-е изд. М. : Изд-во АО «ПМСОФТ», 2017.

11. Система классификации оценок затрат. Основы комплексного управления стоимостью (TCM Framework): 7.3 – Расчет и бюджетирование стоимости. Версия от 29 ноября 2011 : Методические рекомендации AACSE International № 17R-97 / Пер. с англ. М., 2011.

12. Интегрированный анализ рисков графика и затрат и определение объема резервов с использованием ожидаемых значений. Основы комплексного управления стоимостью (TCM Framework): 7.6 – Управление рисками. Версия от 2 мая 2012 : Методические рекомендации AACSE International № 65R-11 / Пер. с англ. М., 2012.

13. Планирование проекта в ходе проектирования и реализации проектов капитального строительства. Основы комплексного управления стоимостью (TCM Framework): 3.1 – Сбор и анализ требований. 3.2 – Планирование проектов. 4.1 – Выполнение проекта. 7.1 – Разработка содержания и стратегия реализации проектов. 7.2 – Планирование и разработка графика. 7.3 – Расчет и бюджетирование стоимости. 7.4 – Планирование ресурсов. 7.5 – Ценностно-ориентированный анализ и инжиниринг. 7.6 – Управление рисками. 7.7 – Планирование закупок. 8.1 – Выполнение плана контроля проекта. Версия от 08 декабря 2011 : Методические рекомендации AACSE International № 39R-06 / Пер. с англ. М., 2011.

14. Система классификации смет для применения в процессах проектирования, закупок и строительства в отраслях перерабатывающей промышленности. Раздел комплексного управления стоимостью (TCM Framework): 7.3 – Расчет и бюджетирование стоимости. Версия от 29 ноября 2011 : Практические рекомендации AACSE International 18R-97 / Пер. с англ. М., 2011.

15. Статистический регистр Росстата от 27.06.2019 : Базы данных // Федеральная служба государственной статистики. [<https://rosstat.gov.ru>].

16. Навигатор цифровой трансформации: Agile-подход в государственном управлении: электронное издание / под ред. Е. Г. Потаповой. М. : РАНХиГС, 2019. С. 162.

17. Швабер, К. Скрам. Гибкое управление продуктом и бизнесом / К. Швабер. М. : Альпина Паблишер, 2019.

18. Андреева, Е. А. Анализ динамики производительности труда в строительной отрасли России / Е. А. Андреева // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 4 (63).
19. Балашов, С. В. Возможности применения гибкой методологии разработки при проектировании сложных инженерных объектов / С. В. Балашов // Интернаука. 2022. № 19-1 (242). С. 12-18.
20. Баронин, С. А. Организационно-экономическая надежность строительства объектов атомной энергетики на глобальных рынках АЭС на прединвестиционных этапах / С. А. Баронин, В. В. Березка // Научное обозрение: теория и практика. 2021. Т. 11. № 6 (86). С. 1740-1752.
21. Баронин, С. А. Развитие национальных проектов на основе контрактов на жизненные циклы по объектам капитального строительства / С. А. Баронин, А. И. Еремкин, И. К. Пономарева // Региональная архитектура и строительство. 2020. № 2 (43). С. 100-108.
22. Баронин, С. А. Договора подряда в строительстве и особенности их применения / С. А. Баронин, Т. А. Саботирова // Современные проблемы в строительстве: постановка задач и пути их решения : Сборник научных статей Международной научно-практической конференции. Курск : Юго-Западный государственный университет. 2019. С. 112-114.
23. Воропаев, В. И. Управление проектами в России: Основные понятия. История. Достижения. Перспективы / В. И. Воропаев. М. : Аланс, 1995. С. 225.
24. Воропаев, В. И. Модели принятия решений для обобщенных альтернативных стохастических сетей / В. И. Воропаев, С. М. Любкин, Д. Голенко-Гинзбург // Автоматика и телемеханика. 1999. № 10. С. 144–152.
25. Воропаев, В. И. Методические указания по декомпозиции объектов строительства на проектно-технологические модули / В. И. Воропаев. М. : ВНИИГМ, 1988.
26. Воропаев, В. И. Обобщенные сетевые модели / В. И. Воропаев, М. В. Шейнберг. М. : ЦНИПИАС, 1971.

27. Воропаев, В. И. Модели и методы календарного планирования в автоматизированных системах управления строительством / В. И. Воропаев. М. : Стройиздат, 1974. 232 с.
28. Галеня, И. Н. ЕРС контракты в строительстве / И. Н. Галеня, А. Н. Коркишко, М. С. Кожухова, В. С. Вишневский, Е. А. Басуматорова // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 10. С. 86–90.
29. Гришин, М. О. Методология Advanced Work Packaging (AWP) – интегрированная система реализации строительных проектов : Доклад / М. О. Гришин // XX Международная конференция по управлению проектами. 2021.
30. Гришин, М. О. Методология «Пакетно-узловой метод 4.0» (ПУМ 4.0) при управлении строительными проектами: основные положения / М. О. Гришин, А. В. Шабунин // Управление проектами и программами. №4 (68) ноябрь. М. : Изд-во Гребенникова, 2022.
31. Гришин, М. О. Применение пакетно-узлового метода (ПУМ) управления строительством сложных объектов и крупных промышленных комплексов с целью повышения эффективности реализации проектов / М. О. Гришин // Управление проектами. №3 (66). 2023.
32. Гришин, М. О. Пакетно-узловой метод (ПУМ 4.0) — основа эффективного использования технологий информационного моделирования при управлении строительством / М. О. Гришин, А. В. Шабунин, С. С. Балашов // 3D Технологии в решении научно-практических задач : Сб. статей всероссийской науч.-практ. конф., 29 сентября 2022 г. Красноярск : Изд-во ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. ак. М. Ф. Решетнёва», 2022. С. 130.
33. Гришин, М. О. Перспективы применения лучшей практики управления строительными проектами Advanced Work Packaging (AWP) в Российской Федерации / М. О. Гришин, В. Ю. Кузнецов // Современные технологии управления проектами в строительстве : Сб. науч. трудов II Всероссийской науч.-практ. конф., 29-30 мая 2020 г. СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020.

34. Гришин, М. О. Управление ограничениями в строительных проектах с использованием технологии контрольных списков / М. О. Гришин // Стратегическое управление организациями: современные технологии: сб. науч. трудов науч. и учеб.-практ. конф., 20-21 апреля 2017 г. СПб. : Изд-во Политехнического университета, 2017.

35. Гришин, М. О. Основные принципы тотального управления ограничениями для увеличения эффективности строительных проектов / М. О. Гришин // Сб. науч. трудов XII Международная науч.-практ. конф. «Наука и образование транспорту», 6-7 ноября 2019 г. Самара : Самарский государственный университет путей сообщения, 2019.

36. Евтушенко, С. И. Методика расчёта трудоёмкости и стоимости создания 3D-тел при лазерном сканировании при реализации проекта DT-BIM / С. И. Евтушенко, М. Г. Феттер // Строительство и архитектура. Т. 11. № 1 (38). 2023.

37. Евтушенко, С. И. Инструменты контроля реализации инвестиционных инфраструктурных проектов с применением информационного моделирования / С. И. Евтушенко, П. Д. Турбанов // Строительство и архитектура. Т. 11. № 3 (40). 2023.

38. Жаззан, Я. М. Контрактная стратегия при реализации крупных строительных проектов / Я. М. Жаззан // Мировые тенденции и перспективы развития инновационной экономики : Материалы X научно-практической конференции. М. : Российский университет дружбы народов, 2021. С. 81-87.

39. Забродин, Ю. М. Управление инвестиционными программами и портфелями проектов / Ю. М. Забродин, А. Михайличенко, Н. Г. Ольдерогге, А. Саруханов, В. Д. Шапиро. М. : Изд. дом «Дело» РАНХиГС, 2010. 576 с.

40. Калюжнюк, М. М. О нормировании затрат труда и календарном планировании проектных работ в современном строительстве / М. М. Калюжнюк, Д. В. Кудрявцев // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 2 (15). С. 62-67.

41. Карпова, Н. П. Российский путь бережливого производства / Н. П. Карпова, С. А. Горбачева // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. 2015. № 2 (46). С. 1–6.

42. Киевский, Л. В. Организационные резервы повышения эффективности производства в процессе проектирования и строительства жилых зданий / Л. В. Киевский, А. С. Сергеев // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 62-66.
43. Клюев, В. Д. Производительность труда в строительной отрасли и методы ее измерения / В. Д. Клюев, С. Б. Щепанский, В. В. Панаева, Д. А. Зайцев // Инноватика и экспертиза. 2022. Выпуск 1 (33). С. 89–94.
44. Колобова, П. А. Трудовые ресурсы в строительной отрасли: проблемы низкой производительности / П. А. Колобова, Р. А. Хромин, А. С. Петухова, М. А. Потапов, Д. Е. Жидков // Финансовая экономика. 2021. № 11. С. 242-244.
45. Колосова, Е. В. Методика освоенного объема: проблемы идентификации: моделей проектов / Е. В. Колосова // Материалы международной конференции SICPRO'2000. М.: ИПУ РАН, 2000.
46. Колосова, Е. В. Показатели освоенного объема в оперативном управлении проектами / Е. В. Колосова // Управление в социально-экономических системах : Сборник трудов молодых учёных ИПУ РАН. М.: Фонд «Проблемы управления», 2000.
47. Колосова, Е. В. Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами / Е. В. Колосова, Д. А. Новиков, А. В. Цветков. М. : ООО «НИЦ «Апостроф», 2000.
48. Кондратьев, В. Б. Проблемы повышения эффективности российской экономики / В. Б. Кондратьев, Ю. В. Куренков // Мировая экономика и международные отношения. 2008. № 12. С. 34–43.
49. Кочкин, Н. С. Стоимостной инжиниринг жизненных циклов зданий как инструмент устойчивости в строительстве / Н. С. Кочкин, С. А. Баронин // Устойчивость развития территорий в инвестиционно-строительной сфере в условиях турбулентной экономики. Материалы I Международной научно-практической конференции : Сборник. Пенза, 2022. С. 190-195.
50. Кулаков, К. Ю. Цепочки создания ценности в строительстве на основе концепции бережливого производства в условиях цифровой трансформации /

К. Ю. Кулаков, А. К. Орлов А. К., В. С. Канхва // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 10. С. 1647-1660.

51. Кривов, В. Д. Аналитическое управление Apparata Совета Федерации : Доклад Европейской парламентской сети оценки технологий «Производительность в Европе и США» / В. Д. Кривов // Аналитический вестник. № 32 (631). 2016.

52. Лapidус, А. А. Совершенствование организационной структуры инжиниринговой компании / А. А. Лapidус, В. И. Пасканый // Строительное производство. №3. 2023. С. 2-8.

53. Ларсон, Э. У. Управление проектами: методы и практика / Э. У. Ларсон, К. Ф. Грэй ; пер. с англ. М. ; Дело и Сервис, 2013.

54. Либерзон, В. И. Основы управления проектами / В. И. Либерзон. М. : Нефтяник, 1997.

55. Лихобабин, В. К. Основные проблемы в строительной отрасли, влияющие на экономическое развитие России и пути их решения / В. К. Лихобабин // Вестник Алтайской академии экономики и права. № 11 (часть 1). 2021. С. 45-51.

56. Лукманова, И. Г. Механизм ресурсного управления конкурентоспособностью предприятий на инновационной платформе / И. Г. Лукманова // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 5. С. 74-78.

57. Мазур, И. И. Управление проектами : Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге, А. В. Полковников ; под общ. редакцией И. И. Мазура и В. Д. Шапиро. М. : Омега-Л, 2010. (Современное бизнес-образование).

58. Монашев, М. А. Методология scrum в управлении проектами : статья / М. А. Монашев. Ижевск : Удмуртский государственный университет, 2017. С. 152–156.

59. Новиков, Д. А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем / Д. А. Новиков. М. : Фонд «Проблемы управления», 1999.

60. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. 2-е изд. М. : Физматлит, 2007.

61. Оно, Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства / Т. Оно. М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2008. С. 121-125.
62. Опарина, Л. А. Оперативное управление производительностью исполнительных ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов / Л. А. Опарина, Е. А. Барзыгин // Строительное производство. 2024. № 1. С. 128-135.
63. Опарина, Л. А. Особенности строительного контроля при применении технологий информационного моделирования / Л. А. Опарина, Д. А. Елин // Организация строительного производства : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. СПб., 2022. С. 3-9.
64. Опарина, Л. А. Требования к использованию BIM при реализации строительных проектов / Л. А. Опарина, И. С. Карасев // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений : Сборник научных трудов. Иваново, 2020. С. 72-83.
65. Опарина, Л. А. Актуальность совершенствования организационно-экономического механизма проведения капитального ремонта многоквартирных домов / Л. А. Опарина, Н. Л. Бобков // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений : Сборник научных трудов. Иваново, 2018. С. 34-38.
66. Письменный, Д. С. Выявление проблем материально-технического снабжения строительных объектов / Д. С. Письменный, Л. А. Опарина // Информационная среда вуза. 2017. № 1 (24). С. 46-49.
67. Полнарёва, Л. А. Международные типовые контракты ФИДИК и их применение в условиях Российской Федерации : семинар / Л. А. Полнарёва. СПб. : МВИПК, 2012.
68. Поляков, А. Н. Американские технократы. Генри Лоуренс Гантт / А. Н. Поляков // Management : журнал. № 1 (57). 2021. С. 58-63.
69. Пятилетний план народно-хозяйственного строительства СССР. 3-е изд. // Госплан СССР. М. : Плановое хозяйство, 1930.

70. Родин, В. А. Управление инвестиционными проектами объектов капитального строительства на основе информационного моделирования жизненного цикла здания / В. А. Родин, С. А. Баронин, О. В. Гринцова // Устойчивость развития территорий в инвестиционно-строительной сфере в условиях турбулентной экономики : Материалы I Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022. С. 349-357.

71. Родин, В. А. Жизненные циклы объектов капитального строительства как объект управления устойчивым развитием инвестиционно-строительной сферы / В. А. Родин, М. Ю. Протопопов, С. А. Баронин // Устойчивость развития территорий в инвестиционно-строительной сфере в условиях турбулентной экономики : Материалы II Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 188-193.

72. Руководство по определению экономической эффективности применения бригадного подряда в строительстве // ВНИПИ труда в строительстве. Госстрой СССР. М. : Стройиздат, 1981. С. 32.

73. Серов, В. М. Об оценке эффективности и интенсивности труда в строительстве / В. М. Серов // Экономика строительства. 2010. № 2 (2). С. 25–30.

74. Стриженок, О. А. Бережливое производство в России / О. А. Стриженок // Актуальные вопросы экономических наук. 2012. № 26. С. 1–4.

75. Ундозеров, В. А. Планирование строительных процессов в условиях высокого насыщения фронта работ трудовыми ресурсами / В. А. Ундозеров, А. А. Шашков, Д. Р. Гаймалов // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 7 (97). С. 35-39.

76. Федорченко, В. А. Инструментарий гибкой методологии управления проектами в строительной отрасли / В. А. Федорченко, Ж. А. Василенко // Теоретическая и прикладная экономика. 2022. № 1. С. 1-10.

77. Федосов, С. В. Особенности организационной структуры на этапах жизненного цикла строительного проекта / С. В. Федосов, А. Б. Петрухин, В. Н. Федосеев, А. Н. Овчинников // Строительное производство. № 3. 2023. С. 63-68.

78. Чуланова, О. Л. Технология управления проектами и проектными командами на основе методологии гибкого управления проектами Agile / О. Л. Чуланова // Вестник евразийской науки. 2018. С. 1–11.
79. Шаехова, А. В. Методика определения норм времени в строительстве / А. В. Шаехова // Научные труды SWorld. 2010. Т. 32. № 4. С. 52–54.
80. Щербанин, Ю. А. Рисковые события и их характеристики / Ю. А. Щербанин, В. О. Шиков // Научные труды ИНП РАН. Т. 2019. М. : ИНП РАН, 2020.
81. Шрейбер, А. К. Современные проблемы управления крупными проектами капитального строительства / А. К. Шрейбер, Л. А. Опарина // Экономика строительства. 2016. № 6 (42). С. 5-9.
82. Деминг, Э. Менеджмент нового времени: Простые механизмы, ведущие к росту, инновациям и доминированию на рынке / Э. Деминг. М. : Альпина Паблишер, 2019.
83. The 2000 McKinsey Global Payments Report. [www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights].
84. A Guide to the Scrum Body of Knowledge (SBOK™ Guide). Third edition. Arizona, 2017.
85. Humphreys, K. K. Jelen's cost and optimization engineering subsequent edition. Third edition / K. K. Humphreys. NY : McGraw-Hill College, 1991.
86. Conditions of Contract for EPC. Second Edition. Geneva : FIDIC, 2017.
87. ISO 21508-1018-04. Earned value management in project and programme management. Geneva : ISO, 2018.
88. ISO/FDIS 21511:2018. Work breakdown structure for project and programme management. Geneva : ISO, 2018.
89. PMI, PMBOK guide. Sixth edition / PMI. Pennsylvania : PMI, 2017.
90. The Standard for Earned Value Management. Approved American National Standard ANSI/PMI 19-006-2019. Pennsylvania : PMI, 2019.
91. Practice Standard for Work Breakdown Structure. Third Edition / PMI. Pennsylvania : PMI, 2019.
92. Practice standard for scheduling / PMI. Pennsylvania : PMI, 2019.

93. NASA Cost Estimating Handbook (CEH). V. 4 / NASA OCFO. Washington DC, 2015.
94. Earned Value Management (EVM) Implementation Handbook / National Aeronautics and Space Administration NASA Headquarters. Washington DC, 2013.
95. NASA Work Breakdown Structure (WBS) Handbook / National Aeronautics and Space Administration NASA Headquarters. Washington DC, 2010.
96. Earned Value Management Reference Guide for Project-Control Account Managers / National Aeronautics and Space Administration NASA Headquarters. Washington DC, 2019.
97. Work breakdown structure handbook / U. S. Department of Energy. Washington DC, 2012.
98. AACE International Recommended Practice № 37R-06. Schedule Levels of Detail — as Applied in Engineering, Procurement and Construction. TCM Framework: 7.2 — Schedule Planning and Development. Morgantown, 2010.
99. AACE International Recommended Practice № 33R-15. Developing the Project Work Breakdown Structure. TCM Framework: 7.1 — Project Scope and Execution Strategy Development, 8.1 — Project Control Plan Implementation. Morgantown, 2016.
100. AACE International Recommended Practice № 49R-06. Identifying the Critical Path. TCM Framework: 7.2 — Schedule Planning and Development. 9.2 — Progress and Performance Measurement. 10.1 — Project Performance Assessment. 10.2 — Forecasting. Morgantown, 2010.
101. AACE Skills & Knowledge of Cost Engineering: A Product of the Education Board of AACE International Kindle Edition. Morgantown, 2012.
102. Practice Standard for Project Estimating. Second edition / PMI. Pennsylvania : PMI, 2019.
103. The Standard for Risk Management in Portfolios, Programs and Projects / PMI. Pennsylvania : PMI, 2019.
104. Al-Hussein, M. R. Advanced Work Packaging: An innovative approach to construction planning and execution / M. R. Al-Hussein, M. T. Odeh // Journal of Construction Engineering and Management Eng. 2017.

105. Fayad, A. An Improved Earned Value Analysis Tool for Mitigating Progress Risks in Long Duration Projects / A. Fayad, B. Hussein, E. Maalouf, A. Haj-Ali // MATEC Web of Conferences 281, INCER 2019.
106. Ali, J. H. A comparative study of network scheduling techniques for construction projects / J. H. Ali, S. A. Al-Suliman // Journal of Construction Engineering and Management, 2021.
107. Briggs, B. An Improved Earned Value Management Method Integrating Quality and Safety : LSU Doctoral Dissertations. 5614 / B. Briggs. Baton Rouge, 2021.
108. Bryde, D. Conditions of Success for Earned Value Analysis in Projects / D. Bryde, C. Unterhitzberger, R. Joby // International Journal of Project Management. 2017. № 36 (3). P. 473-484.
109. Chen, H. L. Earned value project management: improving the predictive power of planned value / H. L. Chen, W. T. Chen, Y. L. Lin // International Journal of Project Management. 2016. № 34 (1). P. 22-29.
110. Devaux, S. A. Managing Projects as Investments: Earned Value to Business Value / S. A. Devaux // CRC Press. 2014. P. 153–156.
111. Kerzner, H. Project Management 2.0 / H. Kerzner. Pennsylvania : PMI, 2015.
112. Kim, S. H. Risk management in construction projects: A systematic review / S. H. Kim, S. H. Lee // International Journal of Project Management Eng. 2018.
113. Morris, P. W. G. The Gantt chart: A century of evolution / P. W. G. Morris, J. H. Pinto // Project Management Journal Eng. 2019.
114. Ryan, G. Even More Schedule for Sale. Advanced Work Packaging for Construction Projects / G. Ryan. Bloomington : AuthorHouse, 2017.
115. Srivastava, R. K. A Multi-Level Approach to Project Planning and Control / R. K. Srivastava, S. K. Jain // International Journal of Project Management. 2020.
116. Clegg, S. R. Project Management: A Value Creation Approach / S. R. Clegg, T. Skyttermoen, A. L. Vaagaasar. NY : SAGE Publications Ltd, 2021.

117. Shewhart, W. A. Statistical method from the viewpoint of quality control / W. A. Shewhart. Washington : The Graduate School, the Department of Agriculture, 1939.
118. Demir, S. T. “Agile PM” — a Unifying Strategic Framework to Manage Construction Projects / S. T. Demir. Liverpool : Liverpool John Moores University, 2013.
119. Wang, Y. Risk management for construction material supply chain: A review / Y. Wang, X. Chen // Journal of Construction Engineering and Management Eng. 2020.
120. Wright, T. P. Factors Affecting the Cost of Airplanes / T. P. Wright // Journal of the Aeronautical Sciences. № 3 (4). 1936. P. 122-128.
121. Zein, M. A. A review of hierarchical structures in project management / M. A. Zein, A. M. Al-Salman // International Journal of Project Management Eng. 2021.
122. Бригадный подряд Зеленограда // Мой район. 18 июля 2023. [<https://mr.moscow/brigadnyj-podryad-zelenograda>].
123. Source Book of World War II Basic Data — Airframe Industry. Volume 1. Direct Man-Hours — Progress Curves // Stanford Digital Repository. 1952. [<https://purl.stanford.edu/dg041ny3484>].

Приложение 1.

Справка о внедрении результатов диссертации в учебный процесс ФГБОУ ВО «ИВГПУ»

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по образовательной
деятельности и воспитательной работе
ФГБОУ ВО «ИВГПУ»
д-р. техн. наук, профессор
Матрохин А.Ю.
«21» марта 2024 г.

Справка

о внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы
Барзыгина Евгения Александровича
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.1.14 – «Управление жизненным
циклом объектов строительства»

Результаты диссертационной работы соискателя кафедры организации производства и городского хозяйства Барзыгина Е.А. на тему «Управление производительностью исполнительных ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов» внедрены в учебный процесс студентов направления 08.03.01 «Строительство» (бакалавров профиля «Экспертиза и управление недвижимостью») и 08.04.01 «Строительство» (магистрантов магистерских программ «Ценообразование и управление проектами в строительстве и ЖКХ», «Энергоресурсоснабжение городов и промышленных предприятий», «Информационное моделирование в строительстве») на основании рекомендации кафедры ОПГХ Ивановского государственного политехнического университета.

К основным результатам диссертационной работы, используемым в учебном процессе, относятся следующие: процессная модель и методика управления производительностью ресурсов строительных проектов, системы управления производительностью ресурсов строительных проектов.

Указанные результаты включены в рабочие учебные программы следующих дисциплин:

- Инвестиционно-строительный инжиниринг;
- Современные модели организации и управления в строительстве и ЖКХ.

Директор института
Архитектуры, строительства
и транспорта, к.т.н., доцент
«21» марта 2024 г.

 Е.Р. Кормашова

Приложение 2.

Справка о внедрении результатов диссертации в учебный процесс ЧОУ ДПО «Газпром корпоративный институт»



Частное образовательное
учреждение дополнительного
профессионального образования
«Газпром корпоративный институт»
(«Газпром корпоративный институт»)

ул. Профессора Павлова, д. 23, лит. Д, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация, 197022
Тел: +7 (812) 702-10-72, факс: +7 (812) 702-10-71
e-mail: info@institute.gazprom.ru, https://institute.gazprom.ru/
ОКПО 48480443, ОГРН 1057739932899, ИНН 7728167223, КПП 7701301001

14.03.2024 № С/01/04-114
на № _____ от _____

О внедрении результатов диссертации в учебный процесс

Справка

О внедрении в учебный процесс результатов диссертационной работы
Барзыгина Евгения Александровича
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности:
2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства

Результаты диссертационной работы соискателя Барзыгина Е.А. на тему
«Управление производительностью исполнительных ресурсов в течение
жизненного цикла строительных проектов» внедрены в учебный процесс
слушателей направления «Управление строительными проектами».

К основным результатам диссертационной работы, используемым в
учебном процессе, относятся следующие методы и принципы:
декомпозированный метод освоенного объема, принципы ресурсно-контрактной
декомпозиции содержания строительного проекта, принципы построения
календарно-сетевых графиков строительных проектов в логике управления
производительностью исполнительных ресурсов, показатели расчета и
сравнительного анализа уровня производительности исполнительных ресурсов.

Указанные результаты включены в учебные программы дополнительного
профессионального образования:

- «04 0601 957 М: Многоуровневая модель управления
инвестиционными проектами»;
- «04 0601 997 С: Современные технологии управления проектами»;
- «Управление и мониторинг инвестиционных проектов».

Директор



А.Е. Печенкин

Приложение 3.

Акт внедрения результатов диссертации от АО «ГАЗСТРОЙПРОМ»

ГАЗСТРОЙПРОМ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ул. Ташкентская, д. 3, корп. 3, лит. Б, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация, 196084 www.gsprom.ru
Телефон: +7 (812) 665-08-08 E-mail: info@gsprom.ru
ИНН 7842155505 КПП 997450001 ОГРН 1187847178705

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

научных и практических результатов диссертации
Барзыгина Евгения Александровича
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности:

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства
на тему «УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ»

Научные и практические результаты диссертационной работы Барзыгина Е.А. были использованы АО «ГАЗСТРОЙПРОМ» при реализации яда инвестиционно-строительных проектов.

Апробация результатов использования «Декомпозированного метода освоенного объема» осуществлялась в 2023-2024 гг. За время апробации объектами внедрения, разработанными Барзыгиным Е.А., стали:

1. Принципы ресурсно-контрактной декомпозиции содержания строительного проекта.
2. Принципы построения календарно-сетевых графиков строительных проектов в логике управления производительностью исполнительных ресурсов, показатели расчета и сравнительного анализа уровня производительности исполнительных ресурсов.
3. Показатели «Декомпозированного метода освоенного объема».

Результаты практического использования основных положений диссертации в процессе управления производительностью исполнительных ресурсов при реализации инвестиционно-строительных проектов применимы на практике и позволяют снизить продолжительность управленческого отклика на факт отклонения показателей производительности, тем самым повышая эффективность принятия управленческих решений.

Начальник центра управления
инвестиционными проектами
АО «Газстройпром»



Ю.Я. Бойко

Приложение 4.

Акт внедрения результатов диссертации от ООО «ИРИСОФТ ИНВЕСТ»



ООО «ИРИСОФТ ИНВЕСТ»
ИНН 7801535258 КПП 781301001
ОГРН 1109847026520
197376, г. Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова д.23, литер И, пом. 5-Н
тел./факс: +7 (812) 933-61-27; 325-43-35
e-mail: info@irisoft.ru www.irisoft.ru

АКТ ВНЕДРЕНИЯ результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования Барзыгина Е.А. на тему: «Управление производительностью исполнительных ресурсов в течение жизненного цикла строительных проектов» были использованы ООО «ИРИСОФТ ИНВЕСТ» в процессе реализации строительного проекта.

Основные положения и результаты диссертации прошли апробацию в период 2023-2024 гг. и в процессе апробации были применены следующие методики, принципы и показатели:

1. Принципы использования понятия «Исполнительные ресурсы».
2. Принципы ресурсно-контрактной декомпозиции содержания проекта.
3. Принципы построения календарно-сетевых графиков в логике управления производительностью исполнительных ресурсов.
4. Показатели «Декомпозированного метода освоенного объема».
5. Показатели производительности исполнительных ресурсов.

Практическое использование результатов исследования позволяет снизить трудоемкость процессов принятия управленческих решений в процессах реагирования на фактические отклонения показателей производительности, что снижает себестоимость и повышает эффективность производственных процессов.

Генеральный директор



Яцейко Р.В.