

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

На правах рукописи

САПОЖНИКОВ АРСЕНИЙ ЮРЬЕВИЧ

**ЭКОСИСТЕМНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛОГИСТИКИ ЦЕПЕЙ
ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Специальность 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика
(транспорт и логистика)

Диссертация

на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:

доктор экономических наук, доцент
Чекмарева Гэлера Ибрагимовна

Ростов-на-Дону – 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ...	12
1.1. Отраслевые и функциональные особенности управления материальными потоками в строительстве	12
1.2. Критерии оптимизации цепей поставок на рынке материальных ресурсов строительного комплекса	25
1.3. Императивы управления движением материальных и информационных потоков.....	43
2. СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	56
2.1. Тенденции развития рынка строительной продукции Южного Федерального округа РФ	56
2.2. Анализ и типологизация управления цепями поставок в строительном комплексе	88
2.3 Стратегические приоритеты организации логистической экосистемы поставок	109
3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ	123
3.1. Обоснование многоуровневой реализации экосистемных решений в строительном комплексе	123
3.2. Информационные регламенты экосистемной трансформации логистики цепей поставок	147
3.3. Методические рекомендации по оценке логистического потенциала цепи поставок в строительстве	167
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	187
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	190
Приложение 1	218
Приложение 2	219

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Функционирование современного строительного комплекса осуществляется в условиях последовательного усложнения структурной организации реализуемых проектов, сопровождаемого, с одной стороны, возрастающей дифференциацией их технологических и организационно-экономических характеристик, находящей выражение в увеличении удельного веса инфраструктурных и специализированных объектов, а с другой, ужесточением требований к соблюдению сроков их реализации, что в совокупности обуславливает повышение интенсивности межорганизационных взаимодействий в процессах материально-технического обеспечения. При этом принципиальная специфика строительного производства заключается в непосредственной интегрированности материальных потоков в календарно-сетевую последовательность строительно-монтажных работ, вследствие чего наличие соответствующего ресурса предполагает его физическую доступность в конкретной точке производственного потребления и строгое соблюдение установленного временного интервала. Данное обстоятельство, в силу объективной взаимозависимости технологических операций, предопределяет ситуацию, при которой даже непродолжительные нарушения ритмичности поставок либо их комплектности способны обуславливать производственные простои, смещение критического пути реализации проекта и, как следствие, увеличение совокупных координационных издержек. Дополнительную сложность в исследовании организационно-экономических взаимосвязей вносят ограниченность строительной площадки, неоднородность размещения поставщиков и зависимость снабжения от транспортной доступности. Усиление воздействия городской и институциональной среды из-за регламентов транспортного движения, ограничений временных интервалов доставки, требования к уровню шумового воздействия, выбросам и обеспечению безопасности определяют допустимые параметры логистических операций, трансформируясь из внешних условий функционирования строительных организаций в экономические и организационные ограничения проектов. В

этой дихотомии образовалась объективная потребность в согласованной системе управленческих воздействий на материальные потоки, комплексном учете межорганизационных взаимодействий строительных площадок с внешними регуляторными требованиями.

В то же время существует явный разрыв между проектно-ориентированной постановкой задач управления материальными потоками и возрастающей потребностью в воспроизводимых моделях управления цепями поставок на уровне строительного комплекса в целом. Это противоречие ставит вопрос о переходе на экосистемное управление через логистическую интеграцию участников и формирования унифицированного информационного контура, внедрение инструментов пространственно-временной координации, и разработку методических подходов к оценке логистического потенциала цепей поставок. Системное рассмотрение отраслевых и функциональных особенностей управления материальными потоками, уточнение критериев оптимизации и оценки эффективности формирования цепей поставок, а также обоснование интеграционных механизмов, реализация которых должна обеспечивать устойчивость календарных параметров строительно-монтажных работ и сокращение потерь также являются фокусом современных исследований.

Степень разработанности исследуемой проблемы. Управлению цепями поставок в строительной отрасли посвящены работы А. М. Брыкова, В. В. Борисовой, Н. Г. Верстиной, Д. К. Волковой, Е. А. Гуковой, О. В. Демиденко, О. М. Дюковой, В. А. Кошелева, С. Г. Лукина, В. В. Лукинского, Н. П. Одинцовой, Н. Г. Плетневой, А. В. Радкевича, А. В. Самбурского, В. Н. Стаханова, Т.Г. Шульженко, И. В. Яхнеевой, А. Dubois, O. Doukari, C. Guerlain, M.R. Hosseini и др.

Проблемы логистики и оптимизации потоковых процессов нашли отражение в научных работах А. У. Альбекова, Б. А. Аникина, И. Д. Афанасенко, В. В. Борисовой, А. А. Бочкарева, А. М. Гаджинского, М. Г. Григоряна, В. В. Дыбской, Г. Г. Левкина, Ю. В. Малевич, Э. А. Мамаева, Л. Б. Миротина, В. А. Носа, Е. С. Палкиной, А. М. Родникова, В. И. Сергеева, Е. А. Смирновой, А. П. Тяпухина, В.

В. Щербакова, В.М. Beamon, M.G. Kim, L.J. Koskela, J. Mentzer , P.C. Nolz, R. Vrijhoef и др.

Вопросами развития экосистем посвящены работы И. М. Бебко, Н. А. Гвилия, А. В. Дмитриева, О. В. Дударевой, А. Г. Изотова, А. Э. Исаевой, М. Н. Кулапова, В. А. Носа, А. В. Парфенова, Г. Ю. Силкиной, Е. В. Соловьевой, Т. Г. Шульженко, В. В. Щербакова, М. В. Яковлевой, G. Koenig, J. F. Moore и др.

Анализ научной и периодической литературы показал, что исследования, посвященные управлению материальными потоками в цепях поставок материальных ресурсов в строительном комплексе в значительной части формируются вокруг общих моделей логистики и управления цепями поставок, но несмотря на наличие работ, рассматривающих вопросы оптимизации снабжения, складирования и транспортного обеспечения, остается недостаточно проработанной проблематика согласования решений между участниками цепи поставок в условиях децентрализации ответственности, множественности подрядных контуров и высокой доли оперативных корректировок, когда факт поставки не гарантирует обеспеченность технологической операции ресурсом в заданном интервале времени. В результате требуют дополнительных исследований методические вопросы формирования воспроизводимых механизмов логистической интеграции и унификации информационного обмена, а также построения системы показателей, позволяющей оценивать эффективность управления материальными потоками по локальным параметрам затрат и сроков и по интегральным критериям устойчивости, ритмичности снабжения и снижения потерь на стыках снабжения и выполнения строительно-монтажных работ. Необходимость решения этих проблем предопределила выбор темы диссертационного исследования, его цель и задачи, объект и предмет.

Цель диссертационной работы – разработка научно-обоснованных положений и методических рекомендаций по организации логистической экосистемы цепей поставок материальных ресурсов в строительном комплексе посредством трансформации действующего системного подхода с созданием механизмов логистической интеграции и унификации информационного обмена,

направленных на повышение эффективности управления потоковыми процессами, устойчивости операционных процессов и снижение совокупных потерь и издержек в цепях поставок.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих **задач**:

- исследовать содержание действующего системно-логистического подхода к управлению материальными потоками в строительном комплексе при организации материально-технического обеспечения строительного производства
- дать экономическую оценку организации и тенденциям развития рынка материальных ресурсов для производства продукции строительного комплекса, локализованного в Южном Федеральном округе Российской Федерации
- разработать научно-методические основы трансформации логистики снабжения в строительном комплексе посредством организации многоуровневой экосистемы поставок материальных ресурсов
- определить основные правила логистической интеграции в экосистеме поставок материальных ресурсов на базе информационной унификации
- сформулировать рекомендации по оценке логистического потенциала цепей поставок в условиях экосистемной организации.

Объектом исследования являются материальные и информационные потоки цепей поставок материальных ресурсов строительного производства.

Предметом исследования являются теоретические и практические аспекты логистической интеграции при организации экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе.

Теоретическую основу исследования сформировали фундаментальные труды отечественных и иностранных экономистов в области управления цепями поставок, управления материальными потоками и формирования логистических экосистем в строительном комплексе и исследования, раскрывающие критерии оптимизации и подходы к оценке эффективности логистических решений в проектно-ориентированных отраслях.

Методологическая основа исследования базируется на положениях теории логистики, теории управления цепями поставок, системного подхода и

теории больших систем, методах экономического и сравнительного анализа, статистической обработки данных, а также инструментарии проектного управления и оценки эффективности управленческих решений.

Информационная база исследования формировалась на базе официальных статистических данных Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации и органов государственной статистики регионов Российской Федерации, документов Правительства Российской Федерации, данных статистических сборников, справочно-правовой системы «Консультант плюс», данных монографий и статей периодических изданий в научной области логистики и управления цепями поставок, а также материалов проведенных автором исследований.

Обоснованность результатов исследования достигается за счет использования репрезентативного массива результатов фундаментальных и прикладных работ, представленных в научной литературе: в работе выполнен целевой отбор российских и зарубежных источников, по итогам их критического анализа сформулированы исследовательские гипотезы и ключевые идеи. Применение методологии системного анализа к актуальным данным, полученным из проверяемых источников, и использование валидных методов их обработки обеспечивают достаточную доказательность и внутреннюю согласованность полученных результатов.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием методов системного, логистического, статистического, экономического и сравнительного анализов, методик графической интерпретации информации, экспертных оценок и экономико-математических методов, подтверждается апробацией результатов через публикации и выступления автора на международных и национальных научно-практических конференциях, ориентированных на обсуждение отраслевых проблем.

Соответствие диссертации Паспорту научной специальности. Работа соответствует Паспорту научной специальности 5.2.3 – Региональная и отраслевая экономика: п. 5.9. «Теория и методология анализа логистических процессов и управления цепями поставок развитие отраслевых и функциональных

сегментов рынка логистических услуг», п. 5.12. «Методология логистической интеграции, планирования и контроллинга бизнес-процессов в цепях поставок».

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке научно-обоснованных теоретико-методических и практико-ориентированных решений по организации управления материальными потоками в цепях поставок материальных ресурсов в строительном комплексе, основанных на экосистемной логике интеграции участников и процессов и направленных на повышение устойчивости и результативности снабжения строительных проектов в привязке к календарно-сетевой модели работ и ограничениям строительной площадки.

Наиболее существенные результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем, выражаются в следующем:

1. Развиты научные представления об организационной специфике материальных потоков в строительном комплексе, соотнесенной с типологией цепей поставок материальных ресурсов для строительного производства, управляемых при использовании системно-логистического подхода. Типология конфигураций цепей составлена с учетом территориальной локализации управленческого центра и структуры субъектного взаимодействия, что позволяет методически корректно разграничивать условия функционирования материальных потоков, задавать релевантные механизмы логистической интеграции и формировать сопоставимый инструментарий оценки результативности управления цепями поставок в строительном комплексе.

2. Установлены тенденции развития рынка материальных ресурсов для строительного производства, выявленные по материалам регионов Южно-Федерального округа (ЮФО) РФ на среднесрочном временном периоде и описанные в категориях циклической динамики выполнения работ на объектах строительства. Тенденциями обоснованы необходимость и целесообразность трансформации системно-логистического подхода к управлению цепями поставок в экосистемный подход, что позволяет реализовать регионально-отраслевую специфику строительного комплекса с вариантами построения экосистем в зависимости от

уровня институциональной и цифровой зрелости логистики снабжения, степени автономии и кооперированности участников.

3. Предложены инвариантные к формам организации экосистем решения по построению логистической экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе в составе подсистем (ключевых узлов), распределенных по уровням (контурам) архитектуры управления: межорганизационный, стратегический, тактический, операционный. Многоуровневая организация экосистемы позволяет развести объекты управления, горизонты решений и критерии результативности и тем самым обеспечить сопряжение механизмов координации и контроля между участниками цепей поставок, портфельными режимами снабжения, проектной синхронизацией календарно-сетевого графика и площадным исполнением материально-технического обеспечения.

4. Обоснованы правила информационной интеграции в экосистеме поставок материальных ресурсов при использовании инструментов институционального обеспечения координации и дисциплины данных, предусматривающие единые требования к формированию и описанию потребности, идентификации ресурсов, фиксации ключевых событий снабжения и контролю качества данных. Распределение правил по узлам и уровням управления экосистемы поставок с обоснованием факторов риска, представленных матрицей уязвимостей, позволяет перевести информационную интеграцию из практики общего обмена данными в воспроизводимый механизм поддержания связности решений и устойчивости материального потока в строительном комплексе.

5. Дана трактовка логистического потенциала цепи поставок материальных ресурсов в строительстве как способности цепи воспроизводимо поддерживать согласованность между графиком работ и графиком снабжения, обеспечивать переход от проектной потребности к фактической доступности ресурса в точке выполнения операции, удерживать устойчивость решений при возникновении отклонений, неизбежных для строительного производства. Выработаны рекомендации по оценке логистического потенциала цепей поставок в условиях экосистемной организации по наличию механизмов восстановления связности

контуров управления при отклонениях и наличии индикаторов контроля за устойчивостью режима снабжения, стоимостью отклонений и скоростью реакции системы. Рекомендации позволяют сформировать методическую базу оценки, отвечающую логике принятия трансформационных решений.

Теоретическая значимость исследования состоит в трансформации системно-логистического подхода к управлению материальными потоками в цепях поставок материальных ресурсов в строительном комплексе на основе экосистемной и многоуровневой логики, позволяющей методически увязать проектно-календарные ограничения строительства с архитектурой управленческих контуров и узлов снабжения. Обоснована совместимость типологизации цепей поставок, каркасного представления экосистемы, распределения ее узлов по уровням управления, правил информационной интеграции и матрицы уязвимостей как единого теоретического инструментария, обеспечивающего воспроизводимую связность решений на стыках «планирование-исполнение» и формирующего основу для дальнейшего развития методов оценки логистического потенциала и устойчивости цепей поставок в строительном комплексе.

Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенная модель логистической экосистемы поставок задает единый отраслевой контур управления материальными потоками в строительстве, обеспечивающий согласованность решений участников и устойчивость снабжения относительно календаря работ за счет методически закреплённой архитектуры узлов, уровней, правил информационной интеграции и контроля уязвимостей.

Представленные в диссертации методические рекомендации и практико-ориентированные решения по повышению эффективности управления материальными потоками могут быть применены в деятельности участников строительного комплекса при формировании и развитии логистической экосистемы поставок материальных ресурсов, а также использованы в образовательном процессе на программах подготовки бакалавров по направлению 38.03.02 – Менеджмент, профиль «Логистика и управление цепями поставок».

Апробация результатов исследования. Основные научные положения, составленные методические и практические рекомендации докладывались автором на конференциях различных уровней: XXIV Международной научно-практической конференции «Логистика: современные тенденции развития» (г. Санкт-Петербург, 10-11 апреля 2025 года), V Национальной научно-образовательной конференции «Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика» (г. Санкт-Петербург, 14-16 октября 2024 года) Всероссийской научно-практической конференции «Структурные изменения и особенности развития экономики России» (г. Энгельс, 21 октября 2024 года) Международной научно-практической конференции «Транспорт: наука, образование, производство» (г. Ростов-на-Дону, 24-26 апреля 2024 года) Международной научно-практической конференции «Транспорт: наука, образование, производство» (г. Ростов-на-Дону, 26-28 апреля 2023 года).

Разработанные автором предложения прошли апробацию в ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», ООО СК «Строй-индустрия», что подтверждается соответствующими справками о внедрении.

Публикация результатов исследования. Основное содержание диссертации представлено в 12 опубликованных научных работах, включая 5 работ в изданиях, рекомендуемых перечнем ВАК Минобрнауки России, общим объемом 6,52 п.л., в том числе авторских – 3,30 п.л.

Структура диссертационной работы обусловлена целью исследования, содержанием и постановкой исследовательских задач. Диссертация состоит из введения, трех глав основного текста, заключения, библиографического списка, приложения.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПОТОКАМИ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

1.1. Отраслевые и функциональные особенности управления материальными потоками в строительстве

Строительная отрасль, занимая одно из определяющих мест в структуре национального хозяйства, выступает в качестве системообразующего направления экономической деятельности, от состояния и динамики развития которого зависят масштабы воспроизводства инфраструктурного и производственного потенциала и качественные характеристики формируемой социальной среды. При этом влияние строительного комплекса не ограничивается непосредственно объемами ввода жилищных и производственных объектов, поскольку, в силу существующих межотраслевых взаимосвязей, его функционирование оказывает существенное воздействие на динамику развития сопряженных видов экономической деятельности, включая машиностроение, металлообработку, химическую промышленность, транспорт и другие отрасли хозяйства. Эти определяющие системообразующую роль строительства в экономике обстоятельства, делают объективной необходимость применения управленческих инструментов, направленных на согласованность производственных операций, непрерывность материально-технического снабжения и последовательного сокращения совокупных издержек. А при сложности реализуемых строительных проектов, расширении состава вовлеченных участников, усилении неопределенности внешней среды, логистическая составляющая управления становится витальной за счет того, что обеспечивает координацию взаимозависимых процессов. Сама же логистическая система строительства является пространственно-временной совокупностью взаимосвязанных и управляемых потоков от проектирования и организации материально-технических поставок до выполнения строительно-монтажных работ и последующего ввода объектов в эксплуатацию. Как свидетельствуют

результаты исследований, проведенных в рамках анализа программ развития строительного комплекса, применение системно-логистического подхода к организации и управлению производственными процессами создает предпосылки для комплексного решения задач ресурсного обеспечения строительных объектов, предполагающего учет межсистемных взаимосвязей, действующих нормативных требований и объективно существующих ресурсных ограничений [98].

Особая значимость логистики в строительстве обусловлена спецификой объектов: большинство из них возводится на обособленных строительных площадках, требует поставки большого объема разнородных ресурсов, а сами работы подвержены влиянию погодных, технологических и проектных факторов, что формирует определяющее значение управлению материальными потоками. Как подчеркивается в исследованиях, посвященных применению инструментов бережливого строительства, эффективность управления снабжением и координацией работ напрямую влияет на производительность труда, ритмичность строительства и конечную стоимость объекта и, в свою очередь, управление строительством на принципах логистики позволяет реализовать интеграцию звеньев поставок, оптимизировать запасы, повысить точность планирования и снизить риски. Отдельное внимание исследователями уделяется формированию логистических систем, способных к адаптации к проектной специфике строительства, использованию цифровых инструментов для контроля и анализа снабженческих и производственных операций, делая управление логистическими процессами в строительной элементом, от которого зависит эффективность всего производственного цикла [83,84,85]. А, изучение логистических механизмов в строительстве помогают принимать более точные решения, адаптированные к особенностям проектной деятельности, а также прочим особенностям многозвенности организационной структуры, пространственной рассредоточенности операций и необходимости точного соблюдения сроков и другим. Предметно-ориентированные методики управления потоками становятся условием успешного функционирования отрасли, влияя на сокращение издержек, ресурсоэффективность, макроэкономические параметры развития регионов строительства и страны.

Потоки являются ключевым объектом управления в логистике, и согласно классической теории выделяются следующие виды потоков: материальные, информационные, сервисные и финансовые. В свою очередь по своей роли потоки подразделяются на две категории: основные и сопутствующие, где основным потоком логистики признается материальный поток, однако по мере укрепления сервисных основ современной экономики, наряду с материальным, к категории основных потоков все чаще относится также сервисный поток, в то время как сопутствующими потоками в такой ситуации остаются информационный и финансовый потоки. Однако, разумеется, это разделение можно считать условным, так как основным потоком логистики может стать любой поток, на оптимизацию параметров которого направлено логистическое воздействие.

Анализируя точки зрения научных школ логистики, получившие распространение в последние десятилетия, следует отметить курс на использование современных информационных технологий и информационных продуктов поддержки принятия решений, определяя, что степень интеграции информационных продуктов в современные логистические решения заметно повышается, что обеспечивает виртуализацию части процессов, ранее носивших материальный характер. Очевидно, что происходящие трансформации требуют того, чтобы уделять должное внимание вопросам взаимодействия материальных, как основных, и информационных, как сопутствующих, потоков в логистике, соблюдая при этом каноническое понятие материального потока, отработанное в научных исследованиях и закреплённое в практике образовательной подготовки специалистов по логистике: «материальный поток – это продукция, сырьё, материалы и полуфабрикаты, находящиеся в процессе физического перемещения, хранения, производственного и иного преобразования, а также сопровождаемые соответствующими информационными и финансовыми потоками» [98, с.60]. Классификационные признаки материального потока достаточно широки и разнообразны, что иллюстрируют рис. 1.1 и рис. 1.2, отражающие позиции двух ведущих научно-образовательных школ логистики России, Московской и Санкт-Петербургской.



Рисунок 1.1 – Классификация материального потока [80]



Рисунок 1.2 – Классификация материального потока [122]

Приведенные для сравнения, рисунки показывают, что ученые московской школы при классифицировании в большей степени обращают внимание на

состав материального потока: номенклатуру, ассортимент, качественно-количественные характеристики, физико-химические свойства потокоформирующих объектов и другие, которые должны учитываться при решении прикладных задач отраслевой логистики, к примеру, торговой, транспортной, т.е. применяют прагматический подход, в то время как исследователи Петербургской школы логистики строят классификацию иначе, с позиции универсального, системного подхода, и это свидетельствует о том, что их классифицирование ориентировано больше на решение научных задач развития методологии логистики с опорой на экономико-математическое моделирование, прогностику и т.д. Однако авторитетное мнение Щербакова В.В. о том, что «...любая логистическая система формируется и развивается на основе управляемого материального потока, преобразуемого в соответствии с задачами цепи поставок» [98, с. 61], дает возможность признать комплементарность, взаимодополняемость двух подходов, оставляя приоритет за системным подходом, представляя наиболее полное описание материального потока по набору свойств (номенклатура, ассортимент, объем, вес, масса, скорость перемещения, плотность, стабильность и др.) и характеристик, раскрывающих его природу:

- целевая направленность, то есть движение потока соотносится с решением задач снабжения, производства или распределения
- измеримость, которая выражается через объем, массу, стоимость и временные параметры, включая длительность хранения, скорость перемещения и интервал поставки
- структурная упорядоченность, где логистические операции (транспортировка, складирование, упаковка и т. д.) выстраиваются в определенной логике согласно требованиям производственного или сбытового процесса
- наличие сопровождения, в том числе документального и информационного, обеспечивающего прослеживаемость и управляемость потока на всех этапах движения

– временная и пространственная координатность, где материальный поток существует во времени и в физическом пространстве логистической сети (поставщик - транзит - получатель) [97].

Таким результатом подчеркивается, что материальный поток не должен рассматриваться как изолированная сущность, его свойства проявляются в рамках логистической архитектуры, включающей средства, каналы, ресурсы и управленческие решения.

Особенности строительной отрасли формируют уникальные требования к логистике и в отличие от промышленного производства, в строительстве логистическая система строится вокруг объекта, с учетом временных, территориальных и производственных ограничений. Строительная площадка, как правило, не имеет развитой инфраструктуры хранения, а сама продукция (здание или сооружение) не перемещается в пространстве, что требует иного подхода к проектированию логистики, гибкого, локализованного, приспособленного к текущим условиям, в связи с чем логистика строительства реализуется скорее через мобильные схемы, основанные на точном временном позиционировании материальных ресурсов, нежели через стабильные каналы поставок.

По данным О.В. Демиденко и Н.Е. Алексеева, организация материально-технического обеспечения строительства требует согласования поставок с технологией и календарным графиком строительно-монтажных работ, а в свою очередь, планирование транспортно-технологического процесса предполагает увязку времени погрузки у поставщика, движения транспортных средств и разгрузки на строительной площадке с потребностью объекта в материальных ресурсах. При этом задача состоит в определении их рационального объема и распределении поставок во времени. Недостаток ресурсов приводит к простоям и нарушению ритмичности работ, избыточные запасы увеличивают затраты на хранение и замедляют оборачиваемость оборотных средств, тем самым управление материальными потоками в строительстве непосредственно связано с планированием производственного процесса и требует согласования производства

материалов, их транспортировки и потребления на строительной площадке [55,56,57,58].

Наглядное отличие замечает Кошелева В. А. подчеркивая, что «в промышленном производстве продукция движется между стационарными рабочими участками, а в строительстве рабочие участки перемещаются к стационарной продукции». А это уже кардинально меняет логику построения логистических процессов в строительстве, где доминирует проектный принцип управления [83]. Структура логистических процессов в строительстве должна учитывать многозвенность поставок, наличие субподрядчиков и логистических посредников, сложность координации и риски, так как нарушение одного элемента логистической цепи влечет каскадные последствия по всему проекту, качественно отличая строительную логистику от соотносимой с промышленностью, где система чаще централизована и менее чувствительна к сбоям отдельных узлов [56].

В монографии под редакцией Стаханова В. Н. рассматриваются основные противоречия между классической логистикой и логистикой в строительстве:

- в промышленности логистическая система стабильна и подлежит долгосрочному оптимизационному планированию, тогда как в строительстве логистика вынуждена действовать в условиях проектной нестабильности и многовариантности поставок
- в строительстве особое значение приобретают логистические окна (временные промежутки поставок), погодные ограничения, сезонные риски и мобильность склада
- важным становится вопрос локализации приемки и хранения, поскольку складская логистика на строительной площадке ограничена в объемах и времени [181].

Сравнительный анализ, проведенный Радкевичем А. В. и Арутюнян И.А., показывает, что в отличие от классических цепей поставок, где поставки строятся по модели push (толкающей), строительная логистика требует применения модели pull (тянущей), при которой ресурсы поступают точно в нужный момент

и объеме, в противном случае возникает либо дефицит, либо излишек, что приводит к потере ритмичности строительного процесса [135], что формирует императив обеспечения физического перемещения ресурсов с полной его синхронизацией с графиком производства работ, системами контроля качества, архитектурным надзором и другими специфическими функциями, что, в свою очередь, требует от логистической системы высокой степени интеграции с проектно-сметной и календарной документацией.

Компаративный анализ логистических систем в промышленности и строительстве позволяет выделить ключевые различия: когда в промышленной логистике доминируют стандартизованные процессы, устойчивые каналы снабжения, наличие стационарной инфраструктуры и прогнозируемая потребность, в строительстве преобладают временные логистические сети, зависимость от внешних факторов (погода, сезонность, доступ к объекту), уникальность продукции и подвижность ресурсов.

Развивая мысль отличительных функциональных особенностей строительной логистики, выделим ряд таковых:

- зависимость от календарного графика и логистических окон
- отсутствие долгосрочных складских мощностей
- необходимость интеграции с проектно-сметной документацией
- высокую значимость планово-диспетчерского управления
- критичность своевременной поставки в узкие интервалы времени
- влияние транспортной доступности и территориальной организации логистики
- необходимость в адаптивных схемах поставок
- важность временного планирования и логистических окон
- интеграцию логистики с управлением проектом (включая BIM и цифровые платформы)
- наличие мобильной логистики и логистических решений на месте
- необходимость одновременного управления материальным потоком, монтажной потребности и утилизации отходов.

В то время как отраслевые особенности определяют:

- проектный характер логистической системы
- уникальность каждого объекта
- наличие множества участников с разными интересами
- слабую формализованность процессов
- отсутствие централизованной логистической инфраструктуры,
- краткосрочный характер логистической системы
- высокая степень координации с внешними поставщиками, подрядчиками и проектировщиками
- наличие стохастических ограничений (погодных, транспортных, социальных)
- ограниченная возможность резервирования ресурсов в традиционном понимании.

Эти различия требуют формирования специализированных адаптивных моделей управления материальными потоками в строительстве, построенных на базе логистических инструментов, но с учетом проектной специфики, позволяя достичь устойчивого ритма строительных процессов и оптимизировать использование ресурсов за счет их целевой основы моделируемого потока, цифровых методах управления, интеграции с системами контроля качества и планирования. Изучение отечественных и зарубежных источников, касающихся особенностей логистики в строительной отрасли, позволяет выявить наличие устоявшейся научной позиции относительно уникального характера строительной логистической системы, раскрывающегося через временный, проектно-ориентированный характер логистических решений, обусловленный индивидуальностью объектов и непрерывной перенастраиваемостью цепей поставок. В строительстве логистическая система не может быть стандартизированной по образцу промышленной логистики, так как каждый проект требует адаптации структур, координации множества участников с разнонаправленными интересами и управления высоко разрозненными материальными и информационными, чем подтверждается вывод о слабой формализованности процессов, отсутствии централизованных

логистических узлов и необходимости управления в условиях стохастических и пространственных ограничений потоками (табл. 1.1).

Анализ функциональных характеристик подчеркивает значимость диспетчеризации, синхронизации поставок со строительными циклами, зависимость от календарного графика и наличия логистических окон. Научные труды отечественных и зарубежных исследователей, сходятся в оценке важности цифровой интеграции логистики с проектно-сметной документацией, включая внедрение BIM и 4D-моделирования как инструментов управления поставками, в то время как практика показывает, что даже временные площадки требуют высокой степени точности в распределении ресурсов и организации мобильной логистики, что делает обязательным наличие адаптивных, реагирующих на изменения схем снабжения, где особое внимание уделяется ИТ- и Lean-подходам, которые предъявляют дополнительные требования к планово-диспетчерскому управлению, ограничивают возможности резервирования ресурсов и усиливают зависимость от транспортной доступности. Таким образом, в строительной логистике материальный поток формируется под конкретный объект и меняется в ходе выполнения строительно-монтажных работ, где потребность в ресурсах здесь зависит от многих факторов и управление цепью поставок в строительстве строится через согласование нескольких видов потоков сразу при прохождении каждого звена цепи поставок, а нарушение хотя бы одного из этих условий быстро отражается на ключевых показателях: сроках выполнения работ, объеме запасов, загрузке площадки и стоимости проекта.

Таблица 1.1 – Анализ научных подходов к отраслевым и функциональным особенностям логистики в строительстве

Тип	Особенность	Зарубежные источники	Российские источники	Комментарий
отраслевая	проектный характер логистической системы	Vrijhoef R., Koskela L., SCM в строительстве имеет особые роли из-за проектной природы и фокуса на площадке [237]	Соловьева Е.В., временный характер систем обеспечения объектов [181]	Временная логистическая конфигурация под проект
	уникальность каждого объекта	Segerstedt A., Olofsson T., engineer, modify/configure-to-order, в отличие от make-to-stock в промышленности [234]	Плетнева Н.Г., Власова Н.В., индивидуальность строительных проектов в логистике [126]	Уникальность продукта предполагает индивидуальные цепи поставок
	наличие множества участников с разными интересами	Briscoe G., Dainty A.R.J., интеграция цепей труднодостижима, отрасль характеризуется разобщенными отношениями [211]	Щербаков В.В., множественность акторов и их координация [98]	Высокая межфирменная фрагментация
	слабая формализованность процессов	Dubois A., Gadde L., loosely coupled system, слабая стандартизация и постоянные разрывы между проектом и поставками [215]	Полумордвинова А.О., недостаточная регламентация и слабая формализованность процессов управления строительным проектом [129]	Низкая степень регламентации по сравнению с серийным производством
	отсутствие централизованной логистической инфраструктуры	Guerlain, C. с соавт. – Construction Consolidation Centres как ответ на распродоточенную, нескоординированную доставку консолидация и слоты [217]	Плетнева Н.Г., Власова Н.В., точечные склады и распределенные участники [126]	Потребность во внешних консолидационных узлах
	краткосрочный характер логистической системы	Dubois A., Gadde L. Vrijhoef R., Koskela L., временные жесткие связи на объекте [215, 237]	Башкирцева И.В., временность обеспечивающей инфраструктуры (склады, дороги, инфраструктура) [16]	Логистическая сеть живет срок проекта
	высокая координация с внешними поставщиками, подрядчиками, проектировщиками	Briscoe G., Dainty A.R.J., высокая координационная нагрузка [211] Nolz P.C., совместная оптимизация графиков и поставок [229]	Щербаков В.В., процессный подход и необходимость единого информационного пространства [98]	Необходимы совместное планирование и синхронизация

	стохастические ограничения (погода, транспорт, социальные)	Janné M., городские задержки, риски повреждений [211] Guerlain, C. с соавт., городские ограничения и потоки [217]	Макаров Е.И, Волкова Д.К., на параметры цепи поставок воздействуют региональные (транспортная сеть) и отраслевые (сезонность работ) ограничения [106]	Внешняя среда нестабильна и влияет на логистику
	ограниченная возможность резервирования ресурсов	Dubois A., Gadde L., необходимость люфта, но из-за временных связей и конкуренции проектов он ограничен [215].	Никоноров С. В., Мельник А. А. – метод временного резервирования как один из способов компенсации сбоев [118]	Резервы ограничены площадью, временем, доступностью.
функциональная	зависимость от календарного графика и логистических окон	Nolz P.C. – модели с учетом сроков и склада, синхронизировать поставки строительных материалов с календарным графиком проекта [229].	Симионова Н.Е., Кириченко Д.А. – планирование логистической деятельности требует синхронизации графика движения материалов с календарным планом работ и фокусировки на работах критического пути [178]	Поставки привязаны к расписанию СМР и окнам
	отсутствие долгосрочных складских мощностей	Janné M., из-за нехватки мест на площадке применяется JIT [221]	Демиденко О.В., Алексеев Н.Е., JIT и тонкие запасы [56]	Склады долгого хранения обычно отсутствуют
	интеграция с проектно-сметной документацией	Wang J. с соавт. – интеграция BIM и управления проектом [238] Doukari O. с соавт., 4D BIM (связка графика и модели) улучшает логистические решения [216]	Демиденко О.В., Алексеев Н.Е., привязка логистики к проектным планам [56]	4D, 5D-интеграция времени и стоимости для планирования поставок
	высокая значимость планово-диспетчерского управления	Zaalouk A., значимость планового управления и диспетчерского уровня для эффективных SCM в строительстве [240].	Радкевич А.В. и Арутюнян И.А., программа выдает графики ресурсного обеспечения, отражает приоритет объекта и обеспечение с учетом наличия, дефицита материала и дает руководству возможность оценивать материально-техническое обеспечение объектов согласно срокам строительства и технологии процессов [135].	Диспетчеризация – ядро операционного контура

критичность своевременной поставки в узкие интервалы	Nolz P.C., своевременная доставка в узкие интервалы для непрерывности строительного процесса и минимизации простоев [229]	Демиденко А.В., увязка поставок с календарным графиком работ [56,57]	Узкие окна - штраф времени по критическому пути
влияние транспортной доступности и территориальной логистики	Guerlain, С. с соавт., городской грузовой транспорт для стройки [217]	Плетнева Н.Г., Власова Н.В., региональные и городские ограничения [126].	Доступ, маршрутизация определяют режим поставок
необходимость адаптивных схем поставок	Nolz P.C. – rolling-horizon, динамическая адаптация к неопределенности [229].	Демиденко А.В. – гибкие маршруты и схемы поставки [56].	План должен перестраиваться по факту
важность временного планирования и логистических окон	Nolz P.C. – ключевой элемент надежной логистики стройки, особенно при ограничениях по площадке и графику [229].	Симионова Н.Е., Кириченко Д.А. – график движения материалов – календарный план – критический путь [113]	Временные окна как инструмент снижения внешних эффектов
интеграция логистики с управлением проектом (BIM, цифровые платформы)	Doukari O. с соавт. – 4D BIM [216] Wang J. с соавт. – BIM+PM интеграция обзоры по Construction 4.0, IoT-BIM для логистики [238,239].	Щербаков В.В. – сопряжение материальных и информационных потоков [98].	Цифровой контур связывает модель-график-поставки
мобильная логистика и решения на месте	Cheng J.C.P., Kumar S.S., автоматизированное планирование планировки площадки на основе BIM [212] Guerlain, С. с соавт., организационные решения на площадках [217] Janne M., временные логистические зоны, мобильные узлы, адаптивные схемы поставок [229]	Демиденко А.В., решения на площадке [56]	Схема площадки и точка выгрузки динамичны
одновременное управление поставкой, монтажной потребностью и утилизацией отходов	Hosseini M.R., обратная логистика, возвратные потоки 4D-планирование для увязки входящих, исходящих потоков [220]	Демиденко А.В., увязка поставок с монтажом и утилизацией [56]	Интеграция вход, выход на цикле работ

В этом случае логистика выступает как средство координации участников цепи поставок, где ресурсное обеспечение должно быть связано с технологической последовательностью работ и фактическим состоянием объекта.

1.2. Критерии оптимизации цепей поставок на рынке материальных ресурсов строительного комплекса

Эффективность материально-технического обеспечения строительной отрасли во многом зависит от организации цепей поставок и согласованности действий их участников. Производители строительных материалов, поставщики, транспортные компании, подрядные организации и заказчики связаны между собой последовательными процессами закупки, доставки и использования ресурсов так, что нарушения на любом из этих этапов могут привести к задержкам строительных работ, увеличению затрат и изменению сроков реализации проектов. Управление цепями поставок, раскрывая суть проекта, требует координации деятельности участников на всех этапах движения материальных ресурсов от планирования потребности и выбора поставщиков до доставки материалов на строительные площадки и их использования в производственном процессе. Основная задача такого управления заключается в обеспечении своевременности и комплектности поставок при рациональном использовании имеющихся ресурсов и минимизации логистических рисков.

Особенности организации цепей поставок в строительстве определяются прежде всего проектным характером отрасли, территориальной рассредоточенностью объектов и участием большого числа самостоятельных организаций. Каждый строительный проект характеризуется определенным составом работ, сроками их выполнения, потребностью в материалах и условиями доставки, поэтому организация поставок должна учитывать последовательность технологических операций, возможности строительных площадок по приемке и хранению материалов, состояние транспортной инфраструктуры и сезонные ограничения. Дополнительные сложности возникают вследствие различий в хозяйственных интересах участников и недостаточной согласованности их решений. Развитие

механизмов межфирменной координации, основанных на совместном планировании поставок, обмене информацией и распределении ответственности между участниками становятся ключевыми, а их применение позволяет повысить предсказуемость материально-технического обеспечения, сократить потери времени и обеспечить устойчивость выполнения строительных работ.

Современная концептуализация управления цепями поставок применительно к строительному комплексу предполагает существенное расширение традиционных представлений о логистике, преимущественно ориентированных на физическое распределение материальных ресурсов. В существующих организационно-экономических условиях содержание данного управления приобретает комплексный характер, охватывая стратегическую координацию взаимосвязанных бизнес-процессов, адаптацию логистических решений к требованиям импортозамещения, а также внедрение цифровых платформ и интеграционных инструментов, обеспечивающих оперативный мониторинг и регулирование поставок в режиме реального времени, тем самым строительный рынок становится средой последовательного осуществления проектных и институциональных преобразований в организации ресурсного обеспечения, в рамках которой конкурентные преимущества формируются преимущественно у участников, располагающих возможностями сокращения совокупных логистических издержек при одновременном поддержании адаптивности и устойчивости организационной архитектуры цепей поставок.

Многообразие существующих подходов к структурной декомпозиции логистических систем предопределяет вариативность выделяемых в их составе функциональных и организационных составляющих, в числе которых самостоятельный методологический вклад приобретает разграничение логистических цепей и образующих их звеньев. Для строительного комплекса необходимость согласованного управления цепями поставок по мере усложнения строительных проектов и повышения требований к срокам, объемам и качеству поставляемых ресурсов становится все более значимой. Материально-техническое обеспечение строительства, как правило, предполагает участие нескольких взаимосвязанных

организаций, включая производителей и поставщиков материалов, транспортные и складские компании, логистических операторов, подрядчиков и заказчиков. Территориальная удаленность участников, многоуровневая структура подрядных отношений и последовательный характер выполнения строительных работ усложняют организацию поставок и повышают зависимость результатов деятельности отдельных организаций от решений других участников, в частности, повсеместно распространенная несвоевременная доставка материалов может привести к нарушению графиков строительства, простоям техники и работников, а недостаточная согласованность закупок с фактической потребностью к образованию избыточных запасов и увеличению затрат на их хранение. Роль устойчивых механизмов межорганизационного взаимодействия, предусматривающих совместное планирование поставок, согласование графиков движения материальных ресурсов, обмен информацией и распределение ответственности между участниками развивается, а механизмы с использованием цифровых инструментов управления, позволяющие повысить надежность ресурсного обеспечения, контролировать материальные потоки и своевременно корректировать логистические процессы при изменении условий реализации строительных проектов, становятся закономерно все более востребованными.

При сохранении самостоятельной значимости стоимостных параметров принимаемых решений реализация данного подхода создает предпосылки для повышения эффективности логистических процессов на уровне отдельных строительных проектов и отраслевого комплекса в целом, способствуя укреплению технологических позиций участников рынка и формированию устойчивой модели развития строительного производства.

Понятие управления цепями поставок в методологии логистики начало формироваться в 80-х годах прошлого столетия, что позволяет проследить его эволюцию (табл. 1.2).

Таблица 1.2 – Эволюция научных представлений об управлении цепями поставок (УЦП)

Интерпретация управления цепями поставок	Авторы
Интеграция логистики преодолевает рамки внутрифирменной координации процессов снабжения, материально-технического обеспечения производства и физического распределения, распространяясь на поставщиков и потребителей	Бауэрсокс Д. и Клосс Дж. [15, с. 113]
Интегрирование ключевых бизнес-процессов, начинающихся от конечного пользователя и охватывающих всех поставщиков товаров, услуг и информации, добавляющих ценность для потребителей и других заинтересованных лиц	Сток Дж. и Ламберт Д. [183, с. 51]
Стратегическая координация традиционных внешних и внутренних бизнес-функций компании для улучшения показателей деятельности отдельных компаний и всей цепи поставок в долгосрочной перспективе	Mentzer J. [226, с. 2]
Управление взаимоотношениями с находящимися выше и ниже по течению поставщиками и клиентами, направленное на достижение более высокой потребительской ценности при меньших издержках всей цепи поставок в целом	Кристофер М. [95, с. 29]
Инструмент повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий	Лукинский В.С. и др. [102, с.12]
Логистическая координация и управление всеми видами предпринимательской деятельности в цепи поставок на основе взаимного использования ресурсов, совместного выполнения бизнес-процессов в едином информационном пространстве с целью получения дополнительных конкурентных преимуществ	Щербаков В.В. [122, с. 267]

Согласно определению APICS 2, цепь поставок (supply chain) рассматривается в качестве совокупности взаимосвязанных процессов, охватывающих последовательное движение ресурсов от первоначального поступления сырья и материалов до конечного потребления готовой продукции и обеспечивающих тем самым организационно-функциональное сопряжение поставщиков и потребителей в пределах единого воспроизводственного цикла. В рамках иной концептуальной трактовки содержание цепи поставок раскрывается через совокупность внутренних и внешних функций хозяйствующего субъекта, реализация которых обеспечивает формирование добавленной стоимости в процессе производства продукции и оказания услуг, представляя обоснованным рассмотрение цепи поставок с позиций последовательности логистических операций, посредством осуществления которых достигается сквозная управляемость материального потока, начиная с первоначального звена его формирования и заканчивая

непосредственным пунктом производственного либо конечного потребления. Применительно к строительному комплексу следует обратить внимание на высокую динамичность производственных процессов, сопряженных с их выраженной зависимостью от технологических характеристик и номенклатуры используемых материальных ресурсов, которая обуславливает значительную вариативность структурного построения цепей поставок, предполагающую возможность изменения состава поставщиков в зависимости от специфики реализуемого проекта, причем даже при сохранении высокой надежности ранее сформированных хозяйственных связей, откуда и появляется ситуативный характер организации логистических взаимодействий, непосредственно определяемый проектной природой строительного производства. В отличие от иных отраслевых систем, чувствительность строительных процессов к применяемым технологиям и материалам предопределяет необходимость формирования индивидуализированных конфигураций цепей поставок применительно к характеристикам конкретных объектов, при обязательном соблюдении требований экономической эффективности и надежности ресурсного обеспечения. Соответствующая взаимосвязь рассматриваемых критериев представлена на рис. 1.3.

По нашему мнению, специфика формирования и функционирования цепей поставок в строительном комплексе определяется совокупностью организационно-технологических характеристик строительного производства, среди которых продолжительность производственного цикла, высокая материалоемкость и трудоемкость выполняемых работ, своеобразие кооперационных взаимодействий, обусловленное проектным характером деятельности, а также пространственная неподвижность и территориальная закреплённость возводимых объектов возрастают в значении, при этом множественность вовлеченных в процессы материально-технического обеспечения участников, располагающих собственными хозяйственными интересами и различающихся характером преследуемых экономических целей, предопределяет неоднородность критериев оценки результативности логистических взаимодействий, вследствие чего приоритетность отдельных параметров эффективности приобретает ситуационно обусловленный

характер, изменяясь в зависимости от конкретных условий реализации строительных проектов [164].

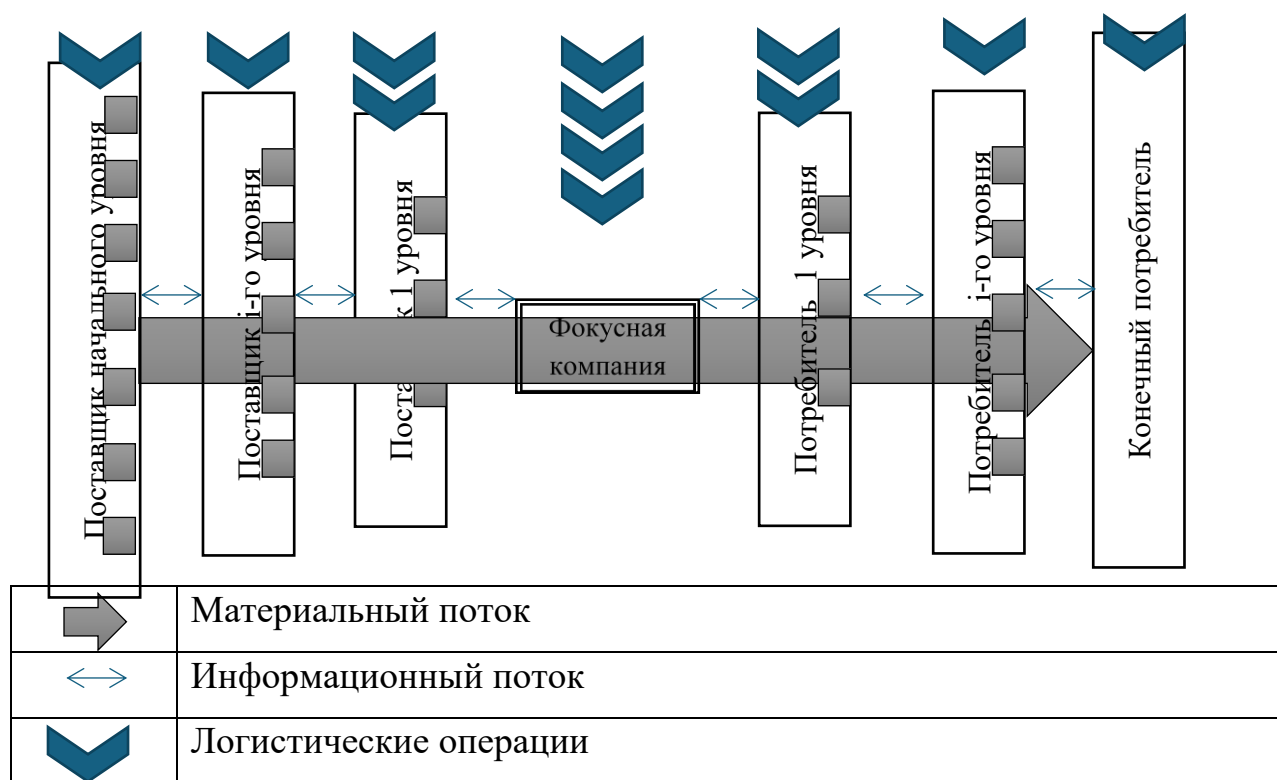


Рисунок 1.3 – Схема полной цепи поставок в строительстве

Управление цепями поставок в строительстве осуществляется с учетом трех основных ограничений проектной деятельности: сроков реализации, объема предусмотренных работ и стоимости их выполнения [83, 84, 85]. Указанные параметры взаимосвязаны, поэтому изменение одного из них, как правило, требует пересмотра остальных. Например, сокращение сроков строительства может потребовать увеличения интенсивности поставок и привлечения дополнительных транспортных ресурсов, что приводит к росту логистических затрат. Изменение объемов строительных работ, в свою очередь, влияет на потребность в материалах, графики их доставки и общий бюджет проекта. В связи с этим оптимизация строительных цепей поставок должна учитывать влияние логистических решений на выполнение проектных обязательств, а выбор конкретных методов управления отраслевые особенности строительства и региональные условия организации материальных потоков. В рамках такого подхода можно выделить два взаимосвязанных направления оптимизации. Первое предусматривает повышение

эффективности отдельных элементов логистической системы, включая закупки, транспортировку, складирование и распределение материальных ресурсов, а второе связано с координацией деятельности участников цепи поставок, согласованием их производственных и логистических планов, обеспечением своевременного обмена информацией, а следование им помогает прогнозировать последствия принимаемых решений для всей цепи поставок и предотвращать возникновение дополнительных затрат вследствие несогласованности отдельных логистических операций.

Методологическую основу соответствующих решений составляет совокупность базовых логистических принципов, включающих системность, эмерджентность, оптимальность, иерархичность, формализованность, структурированность и вариантность [106, с. 9], их применение, однако, приобретает содержательную определенность лишь при соотнесении с фактическими условиями функционирования строительного производства.

В составе региональных факторов, определяющих характер организации цепей поставок, следует выделить инвестиционную активность территории, объемы выполняемых строительно-монтажных работ, сложившуюся конъюнктуру рынка строительных материалов, направленность экономической политики органов власти, особенности нормативно-правового регулирования, уровень развития логистического сервиса и состояние региональной транспортной инфраструктуры. Отраслевая составляющая представлена сезонностью выполнения строительно-монтажных работ, технологической сопряженностью движения экономических потоков, специфическими характеристиками используемых строительных материалов и высокой степенью индустриализации современного строительного производства, а при переходе от общепромышленного уровня рассмотрения к условиям функционирования конкретных хозяйствующих субъектов и отдельных строительных площадок возникает необходимость дальнейшей детализации указанных факторов, обусловленной территориальной рассредоточенностью объектов, наличием и состоянием подъездных путей,

обеспеченностью складскими мощностями, собственным транспортным парком и иными характеристиками локальной логистической инфраструктуры.

Принятие оптимальных управленческих решений предполагает необходимость предварительного определения критериальных оснований выбора, посредством которых обеспечивается возможность обоснованного сопоставления существующих альтернатив. Само понятие критерия, получившее широкое распространение в различных областях научного знания, в общенаучной интерпретации рассматривается в качестве определенного признака либо правила, выступающего основанием для оценки исследуемых явлений, процессов и их характеристик [120]. Применительно к логистике категория оптимального решения приобретает фундаментальную значимость, поскольку непосредственно связана с установлением наиболее предпочтительного варианта организации потоковых процессов из совокупности допустимых альтернатив при заданных критериях и существующих ограничениях.

В отечественной научной литературе критерий преимущественно интерпретируется в качестве меры, определяющей основания для соотнесения альтернативных управленческих решений. Так, С. Г. Лукина, рассматривая проблематику оптимизации логистических систем, определяет соответствующий критерий через формализованное условие выбора наиболее рациональной конфигурации цепи поставок, особо выделяя необходимость установления целевой функции, посредством которой обеспечивается математическая постановка оптимизационной задачи [100]. Сходная методологическая позиция прослеживается в зарубежных исследованиях, опирающихся на положения теории исследования операций, в частности в работах Х. Таха, где критерий получает количественное выражение через величину, подлежащую экстремизации в пределах заданной системы ограничений [185]. При некотором различии исследовательских акцентов объединяющим положением выступает представление о критерии как инструменте формализации рационального выбора, осуществляемого в условиях ресурсной ограниченности и множественности возможных решений.

Несколько иную содержательную направленность приобретает рассматриваемая категория в прикладных исследованиях строительной логистики. А. В. Самбурский связывает достижение оптимальности с обеспечением экономически обоснованного соотношения между затратами на снабжение и временными характеристиками выполнения строительных работ, поскольку сокращение транспортно-складских расходов, рассматриваемое изолированно от требований производственной ритмичности, может сопровождаться нарушением сроков поставок и последующим смещением взаимосвязанных технологических операций [161]. В исследованиях В. М. Веамон, напротив, внимание сосредоточивается на принципиальной недостаточности однокритериальной постановки оптимизационных задач, в рамках которой минимизация стоимости рассматривается в качестве универсального основания принятия решений. Автор обосновывает необходимость одновременного учета совокупных издержек, уровня обслуживания и гибкости логистической системы [210]. Дальнейшее развитие многокритериального подхода представлено в работах А. Gunasekaran и соавторов, предложивших разграничение показателей эффективности по стратегическому, тактическому и операционному уровням управления, что позволяет рассматривать оптимальность через степень согласованности долгосрочных экономических ориентиров с параметрами текущего исполнения логистических операций [219]. Таким образом, современная интерпретация оптимального решения применительно к управлению цепями поставок предполагает достижение определенного компромисса между множественными, нередко противоречивыми критериями, отражающими интересы отдельных участников системы, при этом в формализованной постановке оптимизационной задачи оптимальным признается решение, обеспечивающее определяющее влияние установленной целевой функции, выраженное, например, через минимизацию издержек либо максимизацию прибыли, в пределах совокупности допустимых альтернатив и принятых ограничений.

Сопоставление общих критериев оптимизации, рассматриваемых в исследованиях цепей поставок различной отраслевой принадлежности, позволяет

установить относительно устойчивую совокупность показателей, получивших наиболее широкое теоретическое и прикладное обоснование, в частности, предложенная В. М. Веапон триада, объединяющая затраты, уровень обслуживания и гибкость, сформировала одну из методологических основ последующего развития многокритериальных моделей [210]. В работах А. Gunasekaran указанная система получает дальнейшую детализацию посредством включения показателей использования активов, продолжительности логистических операций, качества и надежности их выполнения [219]. Существенное расширение содержательных границ оптимизации прослеживается в концепции логистики ценности М. Кристофера, согласно которой сокращение издержек приобретает экономическую обоснованность при условии сохранения либо повышения воспринимаемой потребителем ценности, вследствие чего самостоятельную значимость получают скорость реагирования и прозрачность логистических процессов [95]. В свою очередь, Дж. Р. Сток и Д. Ламберт акцентируют внимание на интеграционных характеристиках управления, выделяя согласованность межорганизационных процессов, качество информационного взаимодействия и прозрачность движения потоков в качестве необходимых предпосылок достижения оптимальности на уровне цепи поставок в целом [183].

В отечественных исследованиях развитие соответствующих представлений связано с расширением состава критериев за счет характеристик организационной согласованности и способности логистических систем к адаптации. С. Г. Лукина рассматривает качество планирования и координации действий отдельных звеньев в качестве самостоятельных параметров оптимизации, тогда как Д. С. Высочкин и соавторы особое место придают адаптивности цепей поставок, обеспечивающей возможность ограничения рисков в условиях неопределенности [38, 100]. Отдельное направление дальнейшей методологической разработки представлено многокритериальными стохастическими моделями, в частности исследованиями J. Wang и соавторов, предполагающими включение вероятностных характеристик нарушений сроков, возникновения дефектов и надежности исполнения поставок [238]. В результате при сохранении относительно

устойчивого ядра критериев, объединяющего издержки, временные параметры, уровень обслуживания, надежность и гибкость, наблюдается последовательное расширение системы оценивания посредством интеграционных, риск-ориентированных характеристик и показателей устойчивости функционирования цепей поставок.

Самостоятельную роль для развития критериального аппарата оптимизации приобретают исследования, основанные на положениях концепции Lean, или бережливого производства, и сформировавшихся в ее рамках подходах к организации материальных потоков. Распространение принципов бережливого управления, включая методику JIT, предполагающую организацию поставок точно в установленный срок, обусловило закрепление в логистической практике критериев минимизации запасов, сокращения продолжительности производственно-логистического цикла и устранения избыточных звеньев товаропроводящей системы, при этом применение JIT-подхода существенно изменяет содержательное наполнение стоимостного критерия, поскольку оценка затрат перестает ограничиваться непосредственными расходами на транспортировку и складирование, охватывая стоимость содержания запасов, экономические последствия производственных простоев и потери, обусловленные избыточной продолжительностью логистических операций, тем самым формируется более дифференцированная система показателей, в пределах которой оптимизация рассматривается с позиций последовательного выявления и устранения различных форм потерь, возникающих при движении материального потока. Бережливая логистика в данном контексте становится методической основой организации и критериальной оценки цепей поставок, исходящей из положения, согласно которому предпочтительной признается конфигурация, обеспечивающая минимизацию необоснованной избыточности процессов, включая дополнительные транспортные перемещения, промежуточные операции и нерациональное использование ресурсов. Дальнейшее развитие указанного направления в зарубежных исследованиях связано с интеграцией принципов Lean и цифровых технологий управления, вследствие чего состав критериев дополняется характеристиками

оперативности выявления отклонений и скорости осуществления корректирующих воздействий, соответственно, в рамках бережливого подхода критерии оптимальности приобретают преимущественно операционное выражение, находя количественное отражение в показателях времени реагирования, величины поддерживаемых запасов и степени отклонения фактического выполнения логистических процессов от установленных стандартов.

Весомое влияние в рассматриваемом контексте приобретают многокритериальные методы оптимизации, применение которых обусловлено объективной невозможностью сведения результативности строительного проекта к единственному целевому показателю, поскольку условия его реализации предполагают необходимость одновременного соблюдения совокупности взаимозависимых требований. В традиционных моделях оптимизация преимущественно сводилась к достижению экстремума одной целевой функции, обычно максимизации дохода или минимизации совокупных издержек. Однако в современном строительстве такой подход не позволяет в полной мере учесть взаимозависимость стоимости, сроков, качества работ и надежности ресурсного обеспечения, что, в свою очередь, склоняет к многокритериальной оптимизации, ориентированной на поиск решений с приемлемым соотношением указанных параметров. Для решения подобных задач применяются эволюционные алгоритмы Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II и Non-dominated Sorting Genetic Algorithm III, формирующие множество Парето-оптимальных альтернатив, каждая из которых предполагает определенный компромисс между целевыми показателями. В исследовании J. Wang [238] традиционные критерии стоимости, времени и качества дополнены вероятностными оценками соблюдения сроков и возникновения дефектов. Такой подход позволяет учитывать риски при выборе проектных решений, в частности, предпочтительной может оказаться альтернатива с несколько большей стоимостью, но меньшей вероятностью задержек и нарушений качества. При необходимости состав критериев расширяется за счет экологических и социальных показателей, что особенно актуально для крупных строительных проектов

Сопоставление подходов классических Lean, ЛТ и многокритериальной оптимизации показывает различия в способах достижения эффективности логистических систем при общей направленности на рациональное использование ресурсов. Концепция Lean предполагает устранение потерь и избыточных операций, ЛТ ориентирована на согласование поставок с фактической потребностью производства, тогда как многокритериальные методы обеспечивают математический поиск компромиссов между противоречивыми целями, а их совместное применение создает для методическую основу дисследования для оптимизации строительных цепей поставок с учетом затрат, сроков, надежности и условий реализации конкретных проектов.

Подобное различие исследовательских акцентов, однако, не исключает их содержательной сопряженности, поскольку в обоих случаях происходит расширение традиционных представлений о критериях эффективности цепей поставок, отсюда и наблюдаемый в современной теории логистического управления переход от преимущественно однокритериальной интерпретации оптимальности, предполагающей достижение экстремального значения отдельной целевой функции, к рассмотрению оптимизационного выбора в многомерном пространстве взаимозависимых экономических, организационных и технологических параметров.

Формируемый для строительной отрасли набор критериев приобретает различные акценты. В организации бизнес-процессов строительного производства решающим становится критерий бесперебойности снабжения: задержки поставок даже на малых интервалах способны парализовать процесс строительства. Дюкова О. М. обращает внимание на координацию участников как фактор оптимизации устойчивости цепи поставок, показывая, что отсутствие согласованности приводит к росту затрат и удлинению сроков [63]. В зарубежных исследованиях Vrijhoef R., Koskela L.J. анализируют цепь поставок в строительстве как систему интерфейсов, где главным критерием становится прозрачность и управляемость на границе «поставщик-строительная площадка» [237]. Wang J. и соавторы в стохастической модели оптимизации строительных проектов включают в

систему критериев надежность исполнения, что показывает смещение акцентов к устойчивым решениям, отходя от традиционной триады «время, стоимость и качество» [238]. Самбурский А. В. выделяет в качестве критериев строительной логистики минимизацию затрат и цифровую прозрачность, которые становятся инструментом управления оптимальностью цепи [161]. В работах Ю. В. Трифонова акцент переносится на технологические предпосылки принятия оптимальных решений, предполагающие внедрение цифровых платформ, посредством которых обеспечиваются прогнозирование возможных нарушений ресурсного обеспечения и оперативная корректировка маршрутов движения материальных потоков. При подобной постановке прозрачность информационного обмена и управляемость логистических операций приобретают самостоятельное критериальное значение. Обобщение рассмотренных исследовательских позиций позволяет выделить в качестве отраслевых приоритетов ритмичность снабжения, соответствие поступающих материалов проектным спецификациям, согласованность межорганизационных взаимодействий, прозрачность движения потоков, гибкость календарных графиков и устойчивость функционирования логистической системы.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что критерии оптимизации цепей поставок в целом и в строительстве в частности формируют многоуровневую систему. На общесистемном уровне ядро критериев включает издержки, время, уровень обслуживания, надежность и гибкость, однако в строительстве эти критерии получают новые акценты: здесь значимы бесперебойность снабжения, соответствие материалов проектным требованиям, прозрачность и управляемость потоков, координация участников и ритмичность выполнения работ, создавая базу для поиска оптимальных решений в цепи поставок через многокритериальность и компромисс, где снижение затрат и сроков должно сочетаться с обеспечением устойчивости и качества.

Итоговый перечень критериев оптимальности для строительной отрасли включает: совокупные издержки сроки и своевременность, уровень обслуживания, надежность и устойчивость, гибкость и адаптивность, качество и

соответствие спецификациям, прозрачность и управляемость потоков координацию участников, ритмичность снабжения на критическом пути оптимальный уровень запасов экологические и социальные показатели. Дополняя критерии, важно отметить, что многие исследователи и научные школы рассматривают управление логистическими затратами как системный критерий оптимизации для всей цепи поставок. В научной литературе подчеркивается, что оптимизация невозможна без соблюдения базовых принципов управления затратами, которые включают системный подход, единство методов на разных уровнях, контроль на протяжении всего жизненного цикла продукта и сочетание снижения издержек с обеспечением качества. Эти принципы превращают традиционный подход к понятию затраты в системный показатель, отражающий устойчивость и согласованность цепи поставок.

В данном случае имеет высокую значимость обращение к положениям системного подхода, в соответствии с которыми результативность логистической системы определяется характером функциональной взаимозависимости образующих ее элементов, а возможности достижения общесистемного эффекта во многом ограничиваются характеристиками наиболее уязвимых звеньев, следовательно, локальная минимизация издержек, обеспечивающая формальное улучшение экономических показателей отдельных участников либо участков движения материального потока, сама по себе не свидетельствует о достижении оптимальности всей конфигурации цепи поставок. Снижение затрат на отдельных этапах снабжения не всегда обеспечивает экономическую эффективность цепи поставок в целом. Недостаточная прозрачность расходов, несогласованность управленческих решений и отсутствие единого информационного обеспечения могут приводить к дополнительным издержкам, которые нивелируют достигнутую экономию, поэтому оценка затрат должна учитывать качество логистического обслуживания, надежность поставок и последствия принимаемых решений для всех участников цепи. Системное управление издержками в текущем случае становится фактором конкурентоспособности строительных организаций, позволяя рационально использовать ресурсы и поддерживать устойчивость

производственных процессов, а в рамках многокритериальной оптимизации оценка совокупных затрат на приобретение, транспортировку, хранение и использование материальных ресурсов становится более репрезентативной. Для отдельных же категорий ресурсов применение концепции совокупной стоимости владения, учитывающей расходы на протяжении их жизненного цикла, является приоритетным.

Построение многокритериальных моделей требует определения измеряемых характеристик материальных и сопутствующих потоков, на основе которых формируются критерии оптимальности. Стоимостные показатели отражают затраты на выполнение логистических операций, временные, продолжительность и своевременность поставок, качественные, полноту и комплектность выполнения заказов, а надежность характеризуется способностью цепи поставок обеспечивать ресурсные потребности строительства при возникающих отклонениях от плановых условий. Таким образом, выбор критериев оптимизации должен опираться на конкретные параметры функционирования логистической системы и учитывать взаимосвязи между ними.

В отечественной научной литературе представлены различные подходы к классификации таких параметров. Тяпухин А. П. фиксирует четыре ключевых параметра: качество, количество, затраты и время, и это в значительной мере совпадает с доминирующими критериями в международных моделях [189,190]. Этот подход Тяпухина А.П. поддерживают Числов О. Н., Богачев В. А. и Кравец А.С., делая акцент на временных параметрах [194]. В то же время Козлов П. А. предлагает более узкий набор, ограничиваясь двумя измерениями, средней величиной потока и степени его дезорганизации, что смещает акцент с традиционных экономических индикаторов на управляемость и устойчивость [79,80,81]. Количественным показателям управляемости потока ключевую роль отводит Галяутдинов Р., видя в этом возможность согласования материальных потоков и запасов. На наш взгляд, такое решение является достаточно продуктивным с точки зрения формирования условий для сокращения количества запасов в системе и улучшения качественных показателей при обосновании схемы движения товаров

локальных поставщиков через распределительные платформы [39]. В развитие данного подхода параметры материальных потоков целесообразно объединить в четыре группы. К первой относятся физические характеристики потока: его масса, скорость перемещения и протяженность маршрута, вторая группа отражает особенности организации движения материальных ресурсов и включает показатели равномерности, дискретности, непрерывности и сложности потоков, третья объединяет экономические параметры, позволяющие соотнести движение ресурсов с результатами функционирования системы материально-технического обеспечения: затраты, прибыль, объем инвестиций и сроки их окупаемости. Отдельную группу составляют показатели качества, характеризующие сохранность материальных ресурсов и сопровождающей их информации, своевременность поставок, полноту исполнения обязательств и возможность управления движением потока (табл. 1.3 и 1.4).

Таблица 1.3 – Параметры и показатели материальных потоков

Измеряемые	Физические параметры: - скорость потока - длина маршрута - масса потока	Экономические параметры: -прибыль -затраты -инвестиции и их окупаемость
Интерпретируемые	Статистические: - неравномерность, равномерность - сложность структуры - дискретность, непрерывность - дифференцируемость	Параметры качества: - сохранность потоков - своевременность - полнота - управляемость поставок

Таблица 1.4 – Содержательная интерпретация параметров и показателей материальных потоков [121]

Параметры	Показатели	Комментарии
Физические	Скорость потока	Отношение длины маршрута ко времени движения потока по маршруту
	Длина маршрута	Суммарное расстояние, проходимое элементом потока при движении по маршруту, сумм длин $n-1$ дуг транспортной сети, составляющих маршрут, где n – число узлов транспортной сети, входящих в маршрут
	Масса потока	Суммарная масса (количество) элементов потока, находящихся в движении по маршруту потока

Экономические	Прибыль	$P = D - O$, где P – прибыль D – доход O – операционные расходы
	Затраты	$O = \sum_i^N Oi$, где Oi – виды операционных расходов N – количество всех видов расходов логистической системы в рассматриваемом периоде
	Инвестиции	$K = \sum_i^M Ki$, где K – инвестиции в основной капитал Ki – количество i -го вида вложений на формирование основных средств
Статистические	Коэффициент неравномерности потока	Отклонение значений физических параметров потоков от их средних значений
	Коэффициент сложности структуры потока	Характеризует число струй, из которых состоит логистический поток
	Коэффициент дискретности	Характеризует число элементов, из которых состоит струя потока.
	Коэффициент дифференцируемости	Характеризует изменение сложности структуры потока в процессе его движения по маршруту. Рассчитывается как отношение числа струй потока в конечном пункте маршрута продвижения потока к числу струй в начальном пункте
Качественные	Сохранность	Показатели, характеризующие перевозку без повреждений, без загрязнений, без потерь и без пропажи в соответствии с ГОСТ 51005-96
	Своевременность	Перевозка грузов к назначенному сроку, регулярность и срочность перевозки в соответствии с ГОСТ 51005-96
	Управляемость (коэффициент управляемости)	Отношение массы информационного потока, элементами которого являются сообщения о соблюдении показателей сохранности и своевременности перевозки, к массе управляющего информационного потока (число информационно-управляющих сообщений)

Необходимо подчеркнуть, что проблематика критериев оптимизации цепей поставок в строительной отрасли имеет фундаментальный и в то же время прикладной характер, поскольку сопряжена с общими закономерностями функционирования логистических систем и одновременно с отраслевой спецификой проектно-строительного цикла. В современности оптимизация не может рассматриваться как линейная задача минимизации затрат или сокращения сроков поставок напротив, она приобретает многокритериальное измерение, предполагающее поиск компромиссного равновесия между совокупностью разнонаправленных целей и ограничений, что связано с тем, что строительное производство

характеризуется высокой степенью фрагментаризации, значительной продолжительностью производственного цикла, территориальной закреплённостью объектов и институциональной разнородностью участников, что, в свою очередь, предопределяет необходимость комплексного учета ритмичности снабжения, качества предоставляемых услуг, уровня интеграции и прозрачности потоков.

Результаты проведенного исследования существующих теоретико-методологических подходов позволяют констатировать наличие относительно устойчивой совокупности критериев оптимизации цепей поставок, в структуре которой определяющую значимость традиционно придается стоимостным и временным характеристикам, надежности, гибкости и уровню логистического обслуживания, совместно с этим современный этап развития соответствующего научного направления характеризуется последовательным расширением критериального аппарата посредством включения интеграционных, риск-ориентированных показателей и параметров устойчивости функционирования логистических систем. В зарубежных исследованиях многокритериальная оптимизация цепей поставок часто рассматривается с позиций поиска Парето-оптимальных решений с использованием эволюционных алгоритмов. В расчет принимаются вероятности возникновения сбоев, нарушения требований к качеству и неисполнения обязательств, что позволяет оценивать альтернативные конфигурации цепей поставок в условиях неопределенности. Наоборот, в отечественной литературе большее внимание уделяется организационным аспектам управления потоковыми процессами, прежде всего планомерности логистических операций, координации участников, качеству планирования и способности системы адаптироваться к изменению внешних условий. Такие различия в исследовательских подходах отражают многоаспектный характер оптимизации, для оценки которой требуется учитывать экономические результаты, организационные условия и вероятностные характеристики функционирования логистических систем. Однако в каждом из случаев, применение критериев оптимизации проходит через соотнесение с измеряемыми параметрами логистических потоков. В их составе выделяются физические характеристики, включая массу перемещаемых ресурсов, скорость

движения и протяженность маршрутов, статистические показатели, отражающие равномерность, дискретность и структурную сложность потоков, экономические параметры, характеризующие затраты, прибыль, объем инвестиций и их окупаемость, а отдельную группу составляют качественные показатели, связанные с сохранностью ресурсов, своевременностью и полнотой поставок, а также управляемостью логистических операций. Однако изолированная оценка отдельных характеристик может приводить к противоречивым выводам, например, увеличение размера партии позволяет снизить удельные транспортные расходы, но одновременно повышает затраты на хранение и потребность в оборотном капитале, поэтому при формировании критериев оптимизации нам важно учитывать взаимное влияние параметров материальных потоков и их совокупное воздействие на результаты функционирования цепи поставок.

Так, пространственно-временные характеристики транспортировки непосредственно воздействуют на величину логистических издержек, соблюдение требований к сохранности ресурсов и своевременности их поступления определяет экономические результаты хозяйственной деятельности и конкурентные позиции участников, тогда как неравномерность и структурная неоднородность потоков существенно усложняют процессы управленческой координации, оказывая влияние на устойчивость всей цепи поставок, вследствие этого критерии оптимизации получают содержательное выражение через интегрированные характеристики функционирования потоковых процессов, формируемые на основе взаимосвязанной оценки их количественных, качественных и организационно-экономических параметров. Особое место в соответствующей системе занимает управление совокупными логистическими издержками, методологическое содержание которого в современных исследованиях последовательно расширяется посредством перехода от традиционного стоимостного показателя к более комплексной категории совокупной стоимости владения. Такая постановка предполагает учет экономических последствий принимаемых решений на протяжении жизненного цикла продукции, при соблюдении принципов системности, иерархичности, методической согласованности и непрерывности

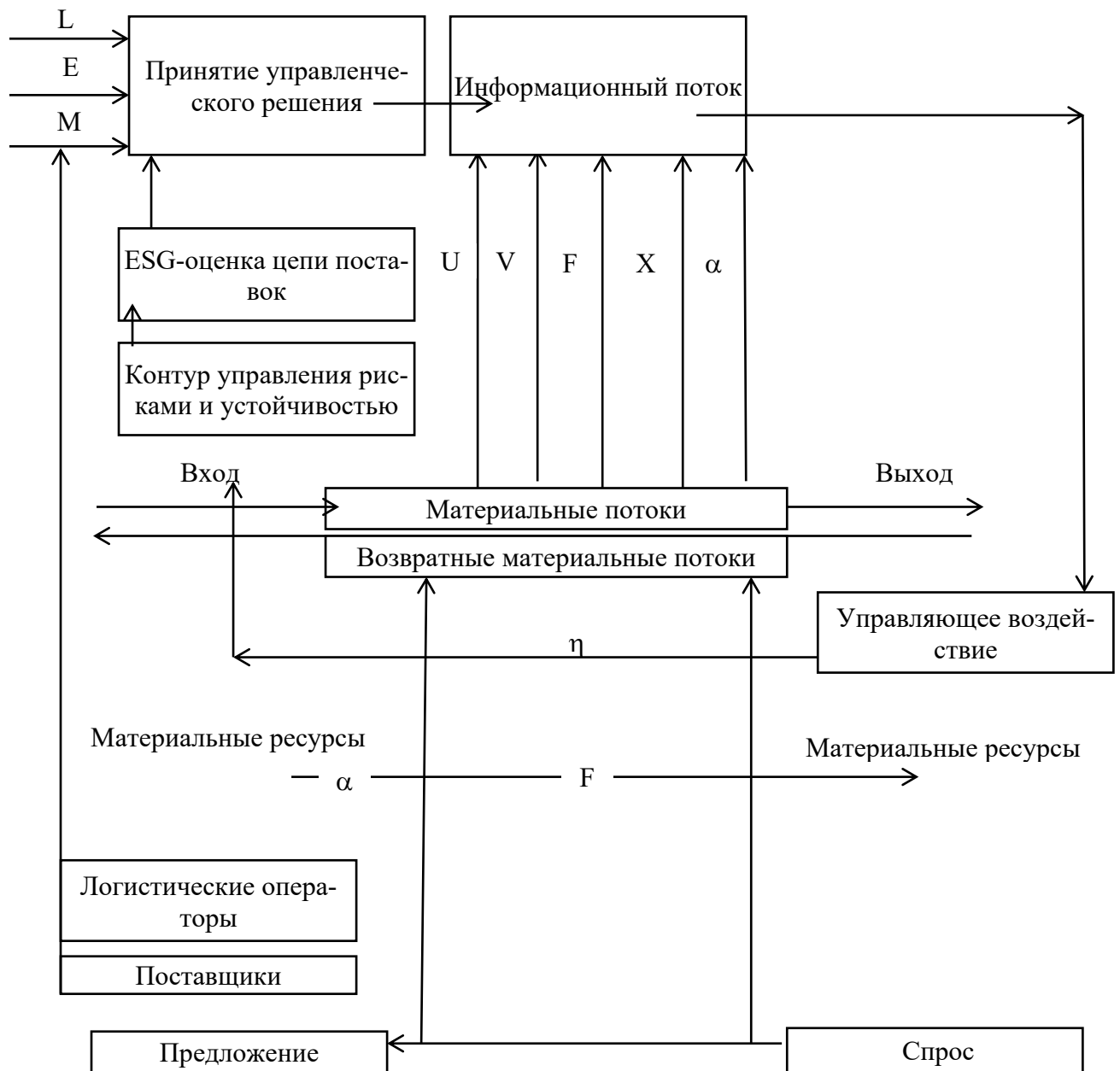
контроля затрат на различных уровнях организации логистических процессов. Минимизация издержек утрачивает характер обособленной локальной задачи, поскольку экономическая результативность отдельных операций рассматривается через их влияние на функционирование всей цепи поставок. Сохраняя качества ресурсного обеспечения, прозрачности межорганизационных взаимодействий и устойчивости логистической системы, стоимость становится основанием многокритериальной оптимизации, позволяющей согласовывать экономические интересы участников с общесистемными параметрами эффективности. В строительном комплексе эта совокупность критериев приобретает еще большую отраслевую специфику проектной организации производства, технологической сопряженности выполняемых работ и высокую зависимость их непрерывности от своевременного поступления материально-технических ресурсов. Так приоритетными становятся бесперебойность и ритмичность снабжения, соответствие используемых материалов проектным спецификациям, прозрачность и управляемость потоковых процессов, а также согласованность действий многочисленных участников проектно-строительного цикла, при этом выбор оптимальной конфигурации цепи поставок неизбежно приобретает ситуационно обусловленный характер, поскольку изменчивость организационных, технологических и ресурсных ограничений предполагает необходимость постоянного соотношения стоимостных, временных и качественных параметров с требованиями устойчивости функционирования системы, отсюда и роль критериального аппарата как инструмента адаптации логистических решений к динамике проектной среды, ориентированного на сокращение совокупных издержек при обеспечении необходимых характеристик надежности и поддержании конкурентоспособности участников строительного комплекса.

Как обобщение последовательно представим критерии оптимальности цепей поставок строительной отрасли. Это совокупные логистические издержки, продолжительность и своевременность поставок, уровень логистического обслуживания, надежность и устойчивость функционирования, гибкость и адаптивность управленческих решений, качество материальных ресурсов и их

соответствие проектным спецификациям, информационную прозрачность и управляемость потоков, степень координации участников, ритмичность ресурсного обеспечения операций критического пути, рациональность поддерживаемого уровня запасов, экологические и социальные характеристики логистической деятельности. Оптика авторского исследования отражает последовательное развитие научных представлений об оптимизации цепей поставок, и их динамику перехода от стоимостной интерпретации эффективности к комплексной оценке организационно-экономических, технологических и функциональных параметров логистических процессов, а возрастающая неопределенность и усиление конкуренции создает методологические предпосылки для формирования устойчивых конфигураций цепей поставок, стимулирующих согласование интересов участников и повышение результативности функционирования строительного комплекса в целом.

1.3. Императивы управления движением материальных и информационных потоков

Исследуя вопросы управления цепями поставок, наряду с материальным потоком, необходимо рассматривать движение сопутствующих потоков. Подход Одинцовой Н.П. включил такие элементы как ограничения системы, критерии эффективности, рыночная ситуация, качество снабжения каждого звена (потребителей), характеристики материальных ресурсов, деловая среда [119]. С поправкой на современные условия в контексте деловой среды в него стоит приобщить информационные цифровые технологии, интеграцию участников цепи, управление логистическими рисками и издержками, а также вопросы устойчивого развития и управления возвратными потоками. Эти механизмы управления могут быть представлены схемой, приведенной на рис. 1.4.



Условные обозначения:

L – ограничения или условия, действующие в системе материально-технического обеспечения (МТО) строительства

E – критерии эффективности функционирования системы МТО Цифровой контур управления (Digital twin, ERP, BIM, IoT)

α – соотношение спроса и предложения, влияющее на V – устойчивое и надежное материально-техническое обеспечение потребителей

U – характеристики материальных ресурсов, поступающих на рынок средств производства

F – влияние внешней среды X – информация, описывающая внутреннее состояние системы МТО

η – целенаправленное экономическое управляющее воздействие.

Рисунок 1.4 – Схема управления движения материального потока строительной отрасли [доработано автором на основе 119]

Данная схема отражает системную организацию управления материально-техническим обеспечением строительного производства с учетом цифрового и ESG-компонентов и в ее основе лежит согласование потоков информации, материальных ресурсов и управляющих воздействий, организованное в логике системно-логистического подхода. Ключевое место, как видно на схеме, в структуре занимает блок «Принятие управленческого решения», который работает в рамках ограничений, критериев эффективности и цифровой логистической инфраструктуры (включающей BIM, ERP, IoT). Эти параметры не являются входящими по отношению к потоку ресурсов, но определяют конфигурацию системы, влияя на принятие решений по формированию цепей поставок. Принятое решение опирается на информационный контур, включающий данные о внутреннем состоянии, влиянии внешней среды, характеристиках ресурсов, степени удовлетворения потребностей и соотношении спроса и предложения. Данные поступают через центральный блок «Информационный поток», где обрабатываются и передаются в модуль управления материальными потоками. Последний охватывает прямые и возвратные поставки, движение отходов и некондиционных материалов, что позволяет учитывать принципы циркулярной логистики при организации материально-технического обеспечения строительства. «Контур управления рисками и устойчивостью», основанный на результатах ESG-оценки цепи поставок осуществляет мониторинг поставщиков и логистических операторов, оцениваются возникающие риски и соответствие логистических процессов принципам устойчивого развития. Полученные сведения используются при принятии управленческих решений с учетом выявленных рисков и действующих институциональных ограничений, а на основе обработки входящей информации формируется управляющее воздействие η , которое передается в исполнительный блок для реализации соответствующих логистических решений. На уровне операционного управления выделены внешние субъекты цепи поставок: поставщики, логистические операторы.

Таким образом, схема интегрирует классические элементы системно-логистического подхода с современными направлениями цифровой трансформации

и устойчивого развития, демонстрируя взаимосвязь стратегических и операционных уровней управления, подчеркивая при этом важность информационных потоков и обратных связей в обеспечении адаптивности и устойчивости логистической системы материально-технического обеспечения в строительстве. Доработанная автором модель отражает расширение логистической функции за счет цифровых платформ управления, интеграции участников цепей поставок, а также механизма управления логистическими рисками и устойчивостью и определяет императивы управления материальными и информационными потоками, согласно которым логистическая система будет эволюционировать от функционально ориентированной к управляемой цифровой системе, адаптированной к современным реалиям.

Отдельное внимание стоит уделить блоку схемы «Контур управления рисками и устойчивостью», учитывая повышенный интерес исследователей к этому аспекту управления и апеллируя к полученным ими результатам. Так, в работе Кошелева В.А. сгруппированы факторы, оказывающие влияние на эффективность функционирования цепей поставок с позиции рисков [83], где автором выделено несколько групп. К первой отнесены контрактные отношения, которые ориентированы в большей степени на товары и услуги, но не на поведение и действия, между тем возникающие потери в значительной мере обусловлены поведенческими причинами и соответствующими проблемами. Вторая группа проблем кроется в кажущейся эффективности использования одних и тех же инструментов для различных функций. Третья группа проблем связана с необходимостью одновременного поступления всех видов ресурсов, трудовых, технических, материальных, и завершением предшествующих этапов работ, что повышает вариабельность процессов и результатов по срокам и по стоимости. Одновременное выполнение работ несколькими подрядчиками также способствует расширению спектра помех [83, с. 4].

Императивы оценки эффективности цепей поставок в строительстве с учетом факторов риска должны обеспечивать возможность принятия обоснованных решений. Одним из наиболее востребованных инструментов для этого служит

интегральный показатель эффективности, который формируется на базе частных показателей, оперируя которым, важно разграничивать показатели с положительной и отрицательной направленностью. В первой группе оцениваются такие параметры, как оборачиваемость складских запасов участников цепи, степень использования производственных мощностей, доля заказов, выполненных в установленный срок, а также рентабельность функционирования цепи поставок. Вторая группа охватывает факторы, снижающие эффективность: длительность нахождения запасов внутри цепи, уровень брака поставляемой продукции, продолжительность цикла заказа, удельный вес транспортных и складских издержек в цене реализации. Дополнительно учитывается инвестиционная составляющая, которая может быть измерена через показатели периода окупаемости, индекс доходности, величину чистой приведенной стоимости, норму доходности и другие, применяемые в инвестиционном анализе.

Оптимизация цепей поставок невозможна без анализа организационных и институциональных мер, формирующих предпосылки для их практической реализации. Научная дискуссия в данной области подчеркивает невозможность достижения оптимальности за счет исключительно выбора математической модели или формулированию целевой функции. Необходимо учитывать условия, в которых функционирует система, при этом согласование интересов участников, обеспечение прозрачности потоков информации и выстраивание долгосрочных отношений сотрудничества остаются приоритетными, так как они позволяют снизить издержки координации, уменьшить неопределенность и стабилизировать взаимодействие по всей цепочке (табл. 1.5).

Таблица 1.5 – **Меры по повышению эффективности цепей поставок** [175, с. 243]

Меры по повышению эффективности цепей поставок	Краткая характеристика
Меры по согласованию целей и стимулов	Межорганизационное взаимодействие контрагентов цепи поставок выстраивается таким образом, чтобы увеличилась общая доходность цепи поставок
Меры по повышению достоверности и	Достоверность и точность передаваемой информации в цепи поставок может снизить эффект хлыста

оперативности получения информации	
Меры по повышению операционной функциональности	Уменьшение длительности цикла выполнения заказа может уменьшить неопределенность спроса
Меры, направленные на разработку стратегий ценообразования в целях стабилизации заказов	Стратегии ценообразования в цепи поставок должны разрабатываться таким образом, чтобы стимулировать потребителей заказывать небольшими партиями и уменьшать форвардные закупки
Меры по созданию отношений партнерства и доверия	Результатом согласованных действий между партнерами цепи поставок является распространение более точной информации

Повышение эффективности цепей поставок требует согласованного применения экономических, информационных, организационных и институциональных мер, содержание и направления реализации которых представлены в табл. 1.5. Общая задача заключается в согласовании интересов участников цепи поставок и повышении результативности их совместной деятельности, поскольку оптимизация отдельных операций не всегда приводит к снижению совокупных затрат, в частности, стремление отдельных организаций увеличить собственную прибыль может сопровождаться ростом запасов, нарушением графиков поставок и дополнительными расходами других участников.

Недостаточная достоверность данных о спросе и запасах приводит к искажению заказов, которое может усиливаться по мере их передачи от конечного потребителя к производителю, известное в теории логистики как эффект хлыста. Использование общих информационных систем, своевременное обновление сведений о потребности в ресурсах и согласование планов закупок сокращают неопределенность и избежать необоснованного накопления запасов, организационные меры сокращают продолжительность выполнения заказов и повышение гибкости логистических процессов, а уменьшение временного интервала между размещением заказа и поставкой облегчает корректировку планов при изменении спроса и способствует снижению потребности в страховых запасах.

Экономические инструменты также могут использоваться для регулирования периодичности и объемов заказов, так условия ценообразования и предоставления скидок целесообразно формировать с учетом их влияния на поведение покупателей, поскольку временные ценовые преимущества способны

стимулировать избыточные закупки и последующие колебания спроса, но все же устойчивость достигнутых результатов во многом зависит от институциональных условий взаимодействия, включая договорные обязательства, распределение рисков и развитие партнерских отношений.

Наконец, меры по созданию отношений партнерства и доверия демонстрируют, что эффективность цепи поставок не может быть достигнута исключительно административными или экономическими методами. Высокая степень доверия между участниками формирует предпосылки для обмена точной информацией, кооперации в планировании и распределения рисков, что снижает транзакционные издержки и укрепляет устойчивость системы.

Таким образом, представленные меры образуют взаимосвязанную систему, в которой информационные, экономические, организационные и институциональные компоненты выступают взаимодополняющими факторами, реализация которых позволяет устранить отдельные узкие места в функционировании цепей поставок и обеспечить переход к интегрированной модели управления, где критерием оптимальности становится согласованное развитие всей логистической сети. Учитывая, что в строительстве поставки носят проектный характер, императивы оценки действенности мер и эффективности принимаемых управленческих решений должны определять выбор показателей, а они уже должны отражать высокую материалоемкость и жесткую зависимость результатов от сроков [55,56,57,64, 34, 174]:

1. Показатели положительной направленности (строительная специфика):
 - своевременность поставки строительных материалов на объект (доля партий, доставленных точно в графике строительного проекта)
 - коэффициент оборачиваемости складских запасов строительных материалов (с учетом сезонности и нормативов складирования на стройплощадке)
 - использование мощностей подрядных организаций и транспортных средств
 - доля завершенных этапов строительства без задержек, связанных с материально-техническим обеспечением

- снижение удельных затрат на снабжение в себестоимости строительно-монтажных работ.

2. Показатели отрицательной направленности:

- среднее время нахождения строительных материалов на складе или строительной площадке до их использования
- уровень брака и несоответствия строительных материалов (в т. ч. несоответствие ГОСТам и проектным спецификациям)
- доля простоев строительной техники из-за несвоевременного обеспечения материалами
- увеличение продолжительности строительного цикла за счет перебоев в поставках
- доля логистических затрат в общей стоимости строительных работ.

3. Инвестиционные показатели:

- срок окупаемости логистической схемы снабжения строительных объектов
- индекс доходности при внедрении новых логистических технологий
- чистая приведенная стоимость инвестиционных решений
- уровень экономии за счет централизованных закупок материалов.

4. Показатели, связанные с рисками:

- вероятность срыва строительного графика по причине несвоевременной поставки
- риск удорожания материалов при нестабильности цен на строительные ресурсы
- степень зависимости от ограниченного числа поставщиков
- риски логистических перебоев из-за транспортных ограничений.

Подводя итоги проведенного анализа, отметим, что эффективность формирования цепей поставок в строительной отрасли носит комплексный характер, интегрирующий экономические, организационные, институциональные и

технологические факторы, а в условиях высокой проектной вариативности и материалоемкости строительного производства критериальная база оценки эффективности существенно расширяется по сравнению с другими секторами экономики, что отражает специфику проектно-ориентированных процессов. Системно-логистический подход к оценке эффективности позволяет рассматривать цепь поставок как сложную организационную систему, функционирующую в рамках ограничений внешней среды и внутренних факторов, показатели результативности которой, в таком случае, формируются на стыке четырех компонент: экономической целесообразности, временной согласованности, качества снабжения и устойчивости. Логика их интерпретации заключается в том, что отдельные положительные результаты, снижение издержек, сокращение цикла поставки, рост оборачиваемости запасов, не могут рассматриваться как свидетельство оптимальности, если они сопровождаются ростом логистических рисков, снижением качества или нарушением проектного графика. Применение системного анализа позволяет утверждать, что интегральный показатель эффективности цепи поставок в строительстве должен учитывать, безусловно, и прямые экономические результаты, и совокупность факторов положительной и отрицательной направленности, инвестиционную составляющую и уровень логистических рисков, что обеспечивает возможность формировать сбалансированное управленческое решение, позволяющее получать положительные краткосрочные результаты и, в то же время, растущую динамику показателей на долгосрочном горизонте. Включение современных информационных решений, интеграция участников цепи поставок и управление возвратными потоками меняет саму оценку эффективности строительной логистики, уже не ограничивая ее затратами, сроками и качеством поставок, поскольку прослеживаемость материального потока, скорость обмена данными между участниками, возможность перестроить поставки при сбоях и способность цепи возвращаться к устойчивому режиму работы после нарушения становятся значимее. Отдельное место занимает ESG-компонент, через который управление цепями поставок в строительстве связывается с экологическими требованиями, социальной ответственностью и

качеством организационного управления, за счет которого система критериев становится более стратегической, одновременно оценивая текущую результативность логистических операций и устойчивость всей цепи поставок к рискам, ограничениям и изменению условий реализации строительного проекта.

Систематизация мер подтверждает, что повышение эффективности возможно лишь в случае комплексной координации: согласования целей и стимулов участников, достоверности и оперативности информации, сокращения длительности операционных циклов, стратегического выравнивания спроса через механизмы ценообразования и формирования долгосрочного партнерства. Эти меры отражают необходимость перехода от фрагментарного к интеграционному управлению, где главным источником эффективности выступает не отдельное звено, а синергетическое взаимодействие всей цепи. Строительная специфика проявляется в том, что показатели эффективности должны фиксировать проектный характер отрасли: своевременность поставки материалов, соответствие спецификациям, ритмичность снабжения по критическому пути проекта, уровень брака и простоев техники, степень зависимости от ограниченного числа поставщиков и риски удорожания материалов, а сочетание общесистемных и специфических индикаторов позволяет создать критерии, адекватные условиям строительного рынка.

Таким образом, эффективность цепей поставок в строительстве определяется как интегральная категория, включающая в себя синтез экономических, временных, качественных и риск-ориентированных критериев, а сама логика оптимальности в данной отрасли смещается от статичной минимизации издержек к динамическому обеспечению устойчивости, ритмичности и управляемости процессов, что соответствует современным тенденциям цифровой трансформации и устойчивого развития.

2. СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

2.1. Тенденции развития рынка строительной продукции Южного Федерального округа РФ

Материально-техническое обеспечение строительного комплекса выявляет связность рынков материальных ресурсов и строительной продукции, и это обосновывает необходимость и целесообразность уделить внимание последнему. Формируя общую картину динамики рынка строительной продукции Южного Федерального округа РФ, рассмотрим динамику входящих в него регионов по отдельности.

Статистика за 2018-2025 годы показывает, что строительная деятельность в Астраханской области развивалась неравномерно. Наиболее высокий объем строительных работ в Астраханской области за рассматриваемый период приходится на 2021 год., 60,1 млрд руб. при индексе физического объема 134,0%. Уже в следующем году показатель снижается до 41,3 млрд руб., а в 2023 году до 30,7. Восстановление 2024 года до 43,9 млрд руб. также не закрепляется: в 2025 году объем работ сокращается до 27,4 млрд руб., а индекс физического объема составляет 59,4%, тем самым рост 2021 и 2024 годов не формирует продолжительной восходящей динамики, каждый из этих подъемов сменяется достаточно резким сокращением строительной активности. К 2025 году объем строительных работ остается более чем вдвое ниже пикового значения 2021 года, несмотря на восстановление, отмеченное годом ранее. Одновременно ввод жилья продолжает расти, поэтому дальнейший анализ показывает, что отдельные направления строительной деятельности в регионе развиваются по-разному. (рис. 2.1).

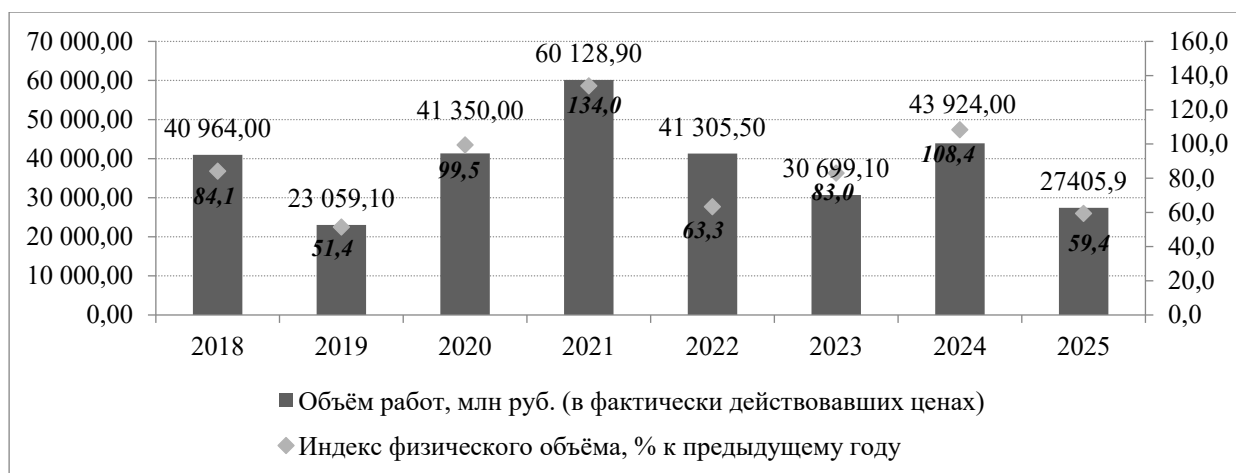


Рисунок 2.1 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Астраханской области, 2018-2025 годы, млн руб.

[5,6,7,8,9,10,11,12]

Жилищное строительство в Астраханской области, в целом, характеризуется ростом, что видно по линии тренда на рис. 2.2.

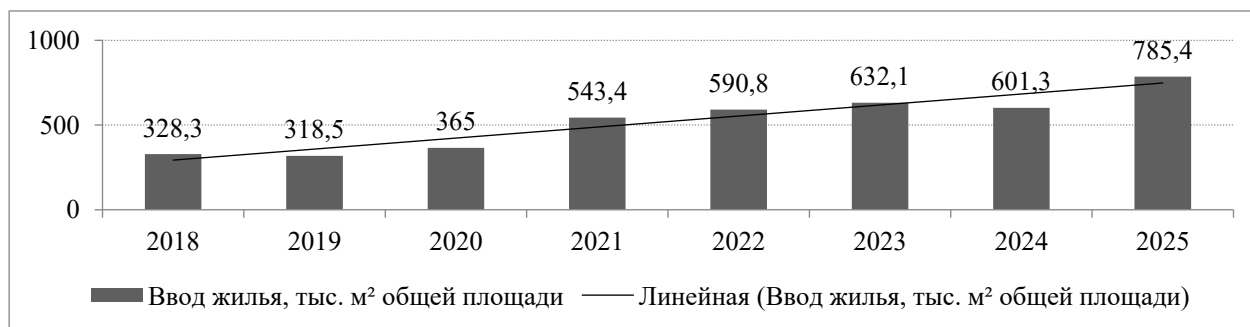


Рисунок 2.2 – Ввод в действие общей площади жилых домов в Астраханской области, 2018-2025 годы, тыс. м² [5,6,7,8,9,10,11,12]

Особенно заметно он ускоряется после 2020 годы: ввод жилья увеличивается с 365,0 тыс. м² в 2020 до 543,4 тыс. м² в 2021 и 632,1 тыс. м² в 2023. Небольшое снижение в 2024 г.оду сменяется новым ростом, и в 2025 объем ввода достигает 785,4 тыс. м², максимального значения за исследуемый период.

Динамика общего объема строительных работ складывалась иначе, после роста физического объема работ в 2021 году на 34,0% в 2022-2023 годах последовало сокращение: соответствующие индексы составили 63,3 и 83,0%. В 2024

году строительная активность восстановилась и индекс физического объема достиг 108,4%, однако уже в 2025 снизился до 59,4%. Таким образом, рост жилищного ввода и изменение общего объема строительных работ в области не образуют единой траектории. Особенно отчетливо это проявилось в 2025 году, когда максимальный за рассматриваемый период ввод жилья сочетался с резким сокращением строительных работ в сопоставимых ценах.

К концу рассматриваемого периода рынок строительной продукции Астраханской области приобретает выраженно неоднородную динамику: жилищное строительство расширяется, причем значительная часть ввода приходится на строительство, осуществляемое населением, одновременно общий объем строительных работ остается неустойчивым и после восстановления 2024 года резко сокращается в 2025. Такая разнонаправленность показателей важна для оценки спроса на строительные материалы, чье изменение определяется общим масштабом строительных работ и тем, какие именно сегменты строительства в конкретный период формируют основной объем потребления материальных ресурсов.

В Волгоградской области период 2018-2020 годов объем работ по виду изменялся незначительно и увеличился в фактически действовавших ценах с 77,6 до 80,3 млрд руб., при этом индексы физического объема оставались ниже 100%, а именно 75,7% в 2018, 94,4% в 2019 и 99,2% в 2020 годах, поэтому небольшое увеличение стоимостного объема в этот период не сопровождалось расширением строительной деятельности в сопоставимых ценах. Изменение начинается с 2021 года, когда индекс физического объема впервые за рассматриваемый интервал превышает 100% и составляет 102,1% (рис. 2.3).

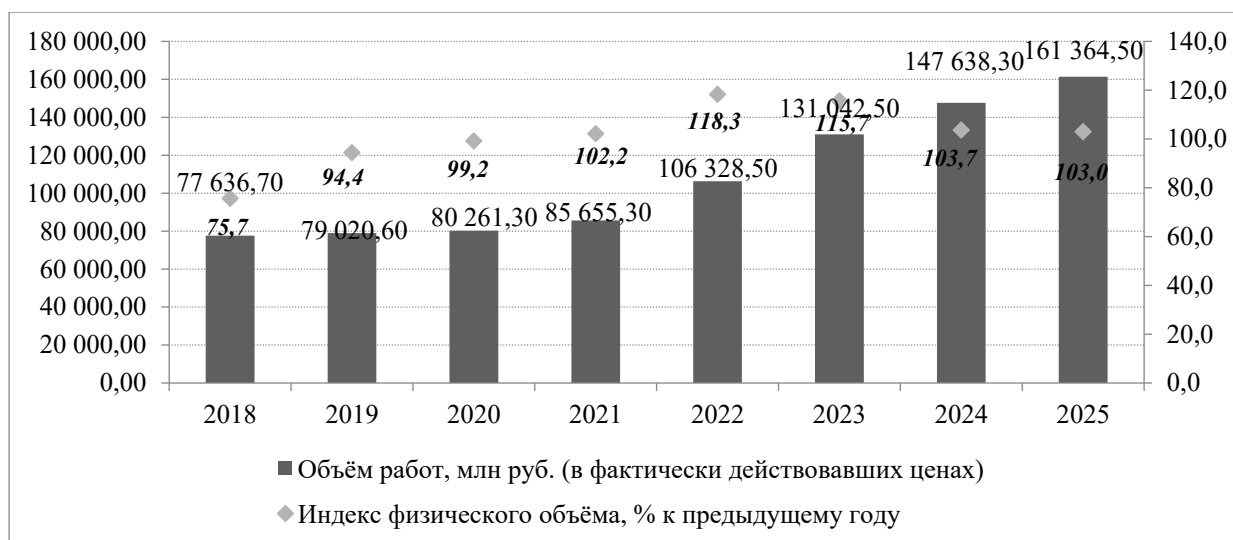


Рисунок 2.3 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Волгоградской области 2018-2025 гг, млн. руб.

[30,31,32,33,34,35,36,37]

В 2020 году строительная отрасль Волгоградской области работала уже в условиях внешних ограничений, но заметного провала по строительству не произошло. Объем работ и ввод жилья остались близкими к уровню 2019 года, связываемый с инерционностью строительного цикла, начатые объекты нельзя быстро остановить без потерь, поэтому спрос на материалы, конструкции, перевозки и складские операции сохранялся. В 2021-2025 годах строительная отрасль региона сохраняла положительную динамику, причем ежегодное превышение индексом физического объема отметки 100% подтверждает реальное расширение строительной деятельности. Наиболее интенсивный рост пришелся на 2022-2023 годы, когда увеличение объемов подрядных работ сопровождалось высоким жилищным вводом и расширением числа строящихся объектов. Жилищный сектор оставался основным источником спроса на строительные материалы, поддерживая загрузку поставщиков даже в периоды более сдержанной инвестиционной активности и вместе с ростом числа строительных площадок менялся и характер материальных потоков. Увеличивалась потребность в распределении партий материалов между объектами, согласовании сроков доставки и оперативном пополнении запасов с учетом фактического хода работ.

В 2024-2025 годах расширение строительной деятельности продолжилось, хотя его темпы заметно снизились (рис. 2.4, табл. 2.1). Индексы физического объема оставались несколько выше 100%, что свидетельствует о сохранении роста в сопоставимых ценах. Таким образом, за рассматриваемое время отрасль прошла период ускоренного развития с последующим замедлением, сохранив положительную динамику строительных работ, а тносительная устойчивость жилищного спроса создавала условия для регулярного снабжения, однако увеличение числа объектов требовало более точного планирования поставок и распределения материальных ресурсов между строительными площадками.

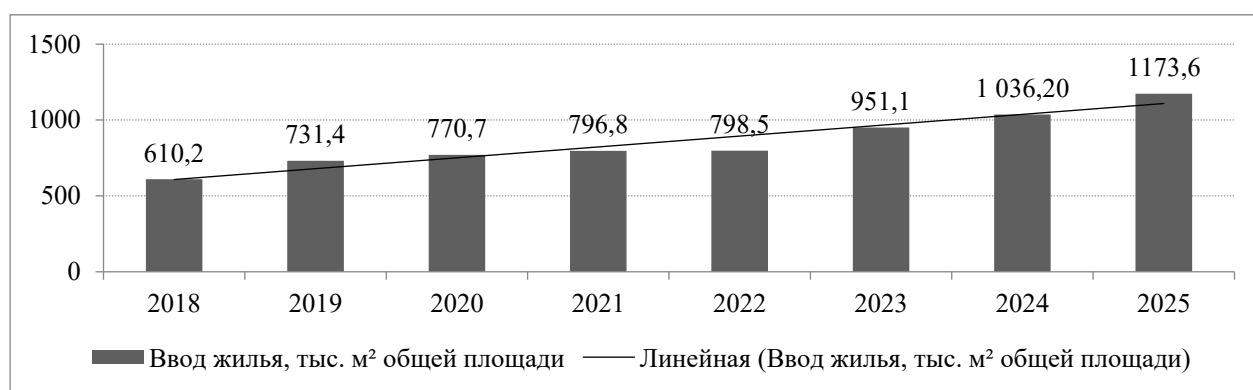


Рисунок 2.4 – Ввод в действие общей площади жилых домов в Волгоградской области, 2018-2025 годы, тыс. м² [30,31,32,33,34,35,36,37]

Таблица 2.1 – Волгоградская область: ввод в действие зданий (структура спроса на строительную продукцию), 2020-2025 годы [30,31,32,33,34,35,36,37]

Показатель	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Число зданий, всего, ед.	2 976	3 402	3 753	3 826	4 535	5 479
в том числе жилого назначения, ед.	2 585	2 997	3 376	3 418	4 092	5 094
в том числе нежилого назначения, ед.	391	405	377	408	443	385
Общая площадь зданий, всего, тыс. м²	1 402,6	1 363,9	1 290,0	1 582,3	1 646,0	1 910,3
в том числе жилого назначения, тыс. м²	979,7	977,8	935,1	1 164,0	1 287,3	1 475,7
в том числе нежилого назначения, тыс. м²	422,9	386,0	354,8	418,3	358,7	434,6
Общий строительный объем зданий, всего, тыс. м³	6 061,6	7 364,3	5 711,9	—	—	-
в том числе жилого назначения, тыс. м³	3 464,1	3 477,2	3 377,0	—	—	-

в том числе нежилого назначения, тыс. м ³	2 597,5	3 887,1	2 334,9	–	–	-
--	---------	---------	---------	---	---	---

В Волгоградской области число введенных зданий увеличивалось значительно быстрее, чем их общая площадь, что свидетельствует о сокращении среднего размера строительных объектов. Подобная структура ввода может указывать на расширение сегмента малоэтажного и индивидуального строительства, ориентированного преимущественно на использование массовых строительных материалов. Для организации снабжения это означает увеличение числа точек доставки, более дробный характер заказов и необходимость поддержания широкой номенклатуры продукции на региональных складах. В целом за период строительная отрасль области демонстрировала положительную динамику с заметным вкладом жилищного строительства. Нежилой сегмент при этом сохранял относительно стабильные масштабы, не оказывая столь выраженного влияния на изменение общей структуры строительной деятельности. В рамках нашего логистического исследования фокусом является то, что отрасль региона демонстрирует не разовые всплески активности, а последовательное наращивание объемов и числа объектов, что формирует более прогнозируемую структуру материальных потоков, повышает значимость складской инфраструктуры и усиливает требования к координации поставок в пространственно распределенной строительной системе.

Переходя к анализу Краснодарского края, отметим, что динамика развития строительного комплекса в рассматриваемом периоде достаточно наглядно проявляется через два сопоставимых индикатора, которые отражают производственную сторону рынка строительной продукции и конечный спрос: объем работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» в фактически действовавших ценах, и ввод в действие жилых домов. Логика прямая: рост объемов строительных работ расширяет потребность в базовых и специализированных видах материальных ресурсов, цемент, инертные материалы, металлоконструкции, инженерные системы, отделочные материалы, тогда как ввод жилья

характеризует масштаб завершеного жилищного строительства и связанную с ним потребность в строительной продукции.

Если рассматривать траекторию строительной активности, то после 2018 года с объемом работ порядка 311,1 млрд руб. в 2019-2020 года происходит снижение физического объема строительных работ, при этом их стоимостный объем составляет около 280,8 млрд руб. в 2019 и 293,7 млрд руб. в 2020 (рис. 2.5).

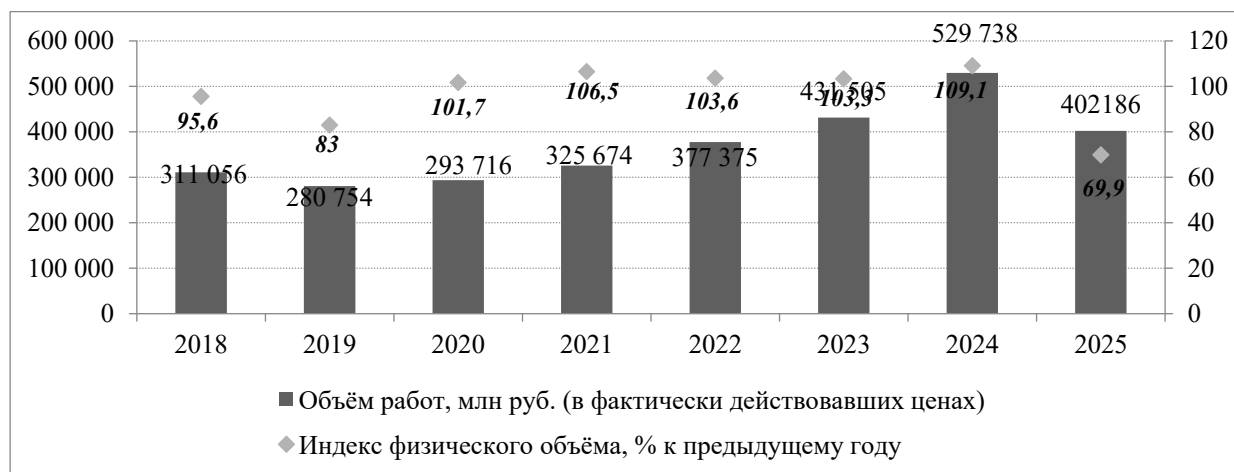


Рисунок 2.5 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Краснодарском крае 2018-2025 годы, млн руб.

[86,87,88,89,90,91,92,93]

При этом важно, что уже на переходе к 2021 году проявляется восстановительная динамика, объем работ увеличивается до 325,7 млрд руб., а затем рост стал устойчивым. В 2024 рост еще ускоряется, но в 2025 эта динамика резко меняется и объем работ сокращается до 402,2 млрд руб, а индекс физического объема снижается до 69,9%, что говорит о существенном сокращении строительной деятельности в сопоставимых ценах (рис. 2.6).

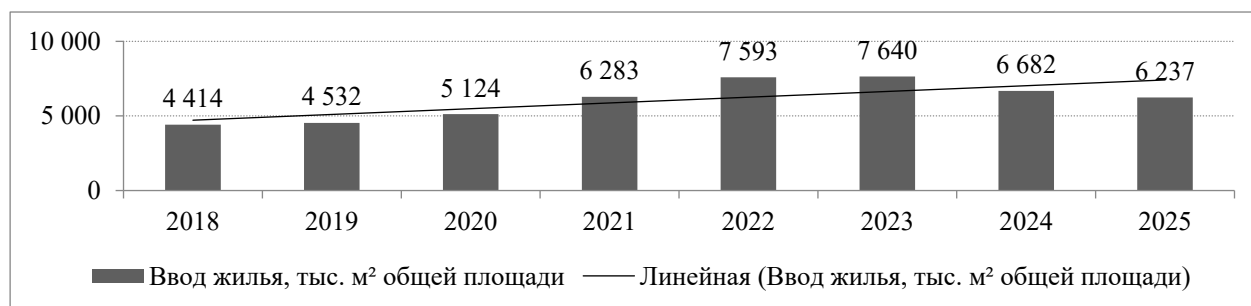


Рисунок 2.6 – Ввод в действие общей площади жилых домов в Краснодарском крае, 2018-2025 годы, тыс. м² [86,87,88,89,90,91,92,93]

В жилищном строительстве на протяжении 2019-2023 годов наблюдался устойчивый рост ввода объектов, за пять лет он увеличился почти в 1,7 раза, достигнув 7,64 млн кв. м, однако в последующие два года положительная динамика сменилась спадом. К 2025 году ввод жилья сократился до 6,24 млн кв. м, что на 18% ниже максимального уровня 2023 года. Продолжительность снижения дает основания рассматривать его как изменение сложившейся тенденции, а не кратковременное отклонение. Характерной чертой регионального рынка остается высокая доля индивидуального жилищного строительства. В 2025 году населением за счет собственных и привлеченных средств было введено 3,67 млн кв. м жилья, 58% общего объема. Столь значительное участие частных застройщиков определяет специфику спроса на строительные материалы. В отличие от крупных девелоперских проектов, индивидуальное строительство предполагает множество самостоятельных закупок, различающихся по объемам, срокам и составу необходимых ресурсов и наряду с централизованными поставками для подрядных организаций сохраняется потребность в разветвленной сети оптово-розничного снабжения, обеспечивающей доступность материалов для территориально рассредоточенных объектов.

Сопоставление двух индикаторов в связке позволяет зафиксировать изменение характера их соотношения в 2020-2025 годов: до 2023 рост строительных работ сопровождается увеличением ввода жилья в 2024 объем работ ускоряется, тогда как ввод жилья снижается, а в 2025 году сокращение фиксируется уже по обоим показателям, поэтому расхождение 2024 года само по себе недостаточно для вывода об устойчивом перераспределении строительной активности между строительством жилых и нежилых помещений: последующие данные показывают общее сокращение строительной деятельности, а жилищный ввод снижается второй год подряд. Наблюдаемые процессы могут означать изменение условий формирования спроса в конце анализируемого периода. После роста 2021-2024 годов, в 2025 году снижается масштаб строительной деятельности, формирующей потребность в материальных ресурсах, при этом сохраняются доля жилых помещений, в том числе осуществляемого населением, что может означать

необходимость адаптации материальных потоков к сокращению строительной активности.

Анализируя динамику строительной отрасли Ростовской области в за тот же период, стоит отметить, что практически весь временной отрезок характеризуется устойчивым и ускоряющимся ростом объема работ по виду экономической деятельности «Строительство», однако в 2025 году зафиксировано снижение строительной активности (рис. 2.7). В 2018 году объем строительных работ в регионе составил 133,3 млрд руб., что отражало уже сложившийся масштаб строительного комплекса, ориентированного преимущественно на жилищное строительство и сопутствующие инфраструктурные объекты. В 2019 году показатель увеличился до 143,9 млрд руб., приращение составило 10,7 млрд руб., или 8,0 %, что свидетельствует об активизации строительного производства без структурных сдвигов и при сохранении децентрализованного характера спроса на строительную продукцию.

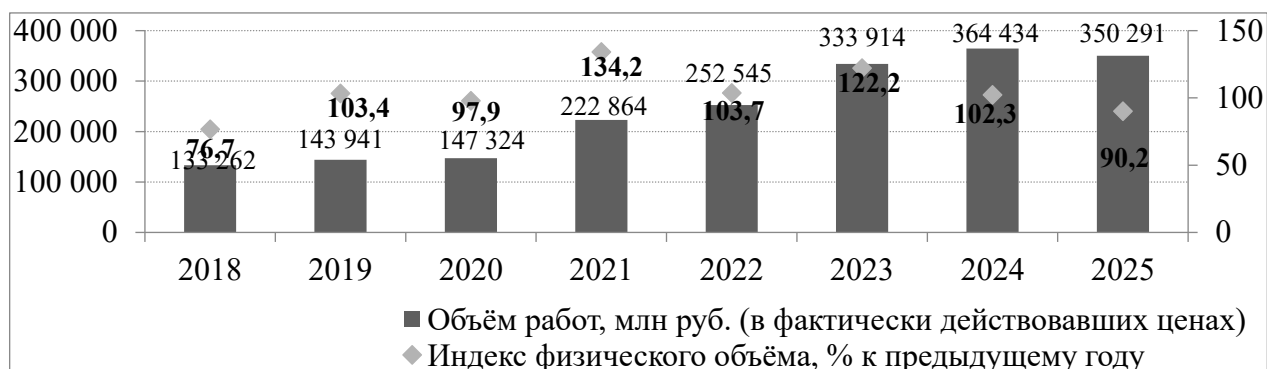


Рисунок 2.7 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Ростовской области 2018-2025 год, млн руб.

[152,153,154,155,156,157,158,159]

В 2020 году объем строительных работ продолжил рост и достиг 147,3 млрд руб., несмотря на общее ухудшение макроэкономической конъюнктуры. Прирост относительно 2019 года составил 2,4 %, что указывает на инерционность строительного цикла и сохранение ранее сформированных цепей поставок строительных материалов. Отсутствие падения объема работ в 2020 году позволяет зафиксировать, что строительный комплекс Ростовской области опирался на уже законтрактованные проекты и устойчивые логистические связи, что

минимизировало разрывы в снабжении. В 2021 году динамика строительной отрасли Ростовской области заметно меняется: объем работ по строительству увеличивается до 222,2 млрд руб. По сравнению с 2020 годом прирост составил 74,9 млрд рублей.

После резкого увеличения объемов строительства в 2021 году положительная динамика сохранилась, хотя темпы роста заметно изменились. В 2022 году стоимость выполненных работ достигла 252,5 млрд руб., превысив показатель предыдущего года на 13%. Следующий год принес более существенный прирост до 320,8 млрд руб. Такая динамика свидетельствует о расширении строительной деятельности в стоимостном выражении, однако не позволяет однозначно судить об увеличении числа проектов, поскольку часть прироста могла быть обусловлена изменением стоимости работ и строительных ресурсов.

Для материально-технического обеспечения увеличения масштабов строительства связано прежде всего с усложнением организации поставок. Крупные объекты требуют значительных объемов материалов, специализированных конструкций и оборудования, поступление которых должно соответствовать последовательности выполнения работ. При ограниченности местной ресурсной базы возникает потребность в привлечении межрегиональных поставщиков, а территориальная удаленность производителей увеличивает зависимость строительства от транспортных условий. По мере расширения производственной программы сложнее становится и согласование поставок по отдельным проектам. Несвоевременная доставка отдельных комплектующих может задержать выполнение последующих операций, даже если остальные материалы имеются на площадке в достаточном количестве.

В 2024 году объем работ достигает 364,4 млрд руб., что на 43,6 млрд руб., или 13 %, превышает уровень 2023 года. Снижение темпов прироста по сравнению с предыдущим годом свидетельствует о замедлении роста, однако данные 2025 года не позволяют рассматривать 2024 год как переход строительной отрасли к стабилизации на достигнутом уровне. В 2025 году объем строительных работ снижается до 350,3 млрд руб., а индекс физического объема составляет 90

% к предыдущему году. Следовательно, снижение происходит не только в стоимостном выражении: в сопоставимых ценах объем выполненных работ сокращается на 9,8 %. После роста 2021-2024, 2025 год становится первым годом выраженного снижения строительной активности.

Динамика жилищного строительства к концу рассматриваемого периода изменяется в том же направлении. После увеличения ввода жилья до 2963,4 тыс. квадратных метров в 2023 году в 2024 году показатель практически сохраняется на достигнутом уровне и составляет 2 950,9 тыс. м², а в 2025 году снижается до 2763,8 тыс. кв. метров, или на 6,3 %. Снижение жилищного ввода одновременно с сокращением физического объема строительных работ показывает, что изменение 2025 года затрагивает стоимостную оценку выполненных работ и результаты жилищного строительства (рис. 2.8).

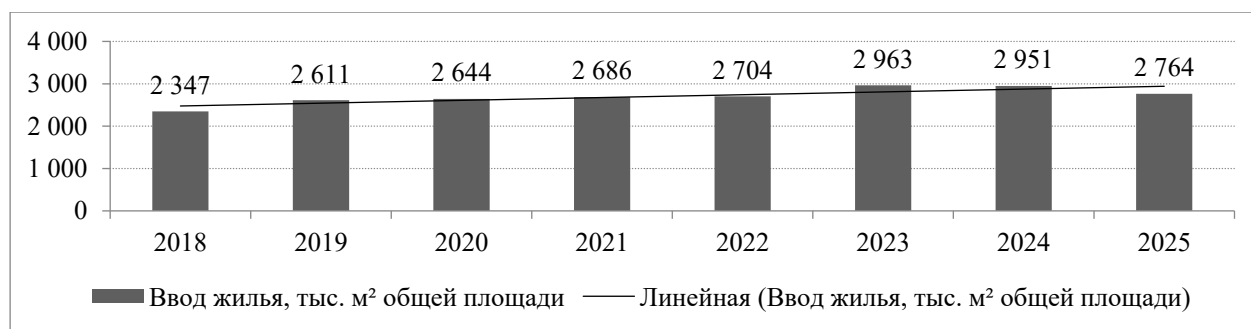


Рисунок 2.8 – Ввод в действие общей площади жилых домов в Ростовской области, 2018-2025 годы , тыс. м² [152,153,154,155,156,157,158,159]

В целом, за период 2018-2025 годов объем строительных работ в Ростовской области увеличился с 133,3 до 350,3 млрд руб., то есть примерно в 2,6 раза, при этом рост, продолжавшийся до 2024 года, в 2025 году сменяется снижением, поэтому динамику всего рассматриваемого периода уже нельзя характеризовать как непрерывное наращивание строительного производства, что означает переход от преимущественно локальных и краткосрочных поставок к более протяженным, многоуровневым и координированным цепям снабжения, ориентированным на крупные объемы, длительные строительные циклы и высокую синхронность материальных потоков.

Строительная отрасль Республики Адыгея в рассматриваемой динамике формируется как функционально зависимая подсистема региональной экономики, чувствительная к колебаниям инвестиционной активности, демографическим изменениям и трансформациям смежных отраслей, прежде всего транспорта и промышленного производства. Рост строительной деятельности в 2018-2019 годах во многом имел компенсационный характер и сопровождался увеличением инвестиций в основной капитал, достигших максимума в 2019 году (рис. 2.9), однако инвестиционный подъем не обеспечил устойчивого расширения строительного производства и уже в 2020 году объем выполненных работ существенно сократился. Для региона с ограниченной собственной базой производства строительных материалов и высокой зависимостью от внешних поставок подобные колебания осложняют планирование закупок и поддержание стабильных логистических связей. Таким образом, увеличение инвестиционных расходов в отдельные периоды еще не свидетельствует о формировании устойчивого спроса на строительные ресурсы.



Рисунок 2.9 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Республике Адыгея 2018-2025 годы, млн руб.

[138,139,140,141,142,143]

С 2022 года динамика строительных работ меняется и индекс физического объема ежегодно превышает 100%. В 2025 году объем работ достигает 52,5 млрд руб. против 36,5 млрд руб. годом ранее, а рост в сопоставимых ценах становится

максимальным за рассматриваемый период. Положительная динамика строительных работ сохраняется уже четыре года, однако ее интенсивность существенно различается внутри периода. Ввод жилья в Адыгее меняется неравномерно (рис. 2.10), и эти колебания нельзя напрямую связывать только с ростом строительной активности. В 2025 году ввод жилья увеличился с 565,6 до 600,9 тыс. кв. м, или на 6,2%, и достиг максимального значения за рассматриваемый период. Ввод жилья населением за счет собственных и привлеченных средств также вырос с 384, до 405 тыс. кв.м. Такая разница показывает смещение части строительства в более разрозненный сегмент, где работы выполняются небольшими подрядчиками, частными бригадами или самими владельцами участков. Для логистики это меняет характер спроса, поставки строительных материалов дробятся между большим числом малых объектов, партии становятся менее крупными, возрастает число отдельных закупок и доставок. В результате снижается эффект масштаба в снабжении, сложнее выстраивать устойчивые маршруты распределения, а транзакционные издержки в цепях поставок возрастают.

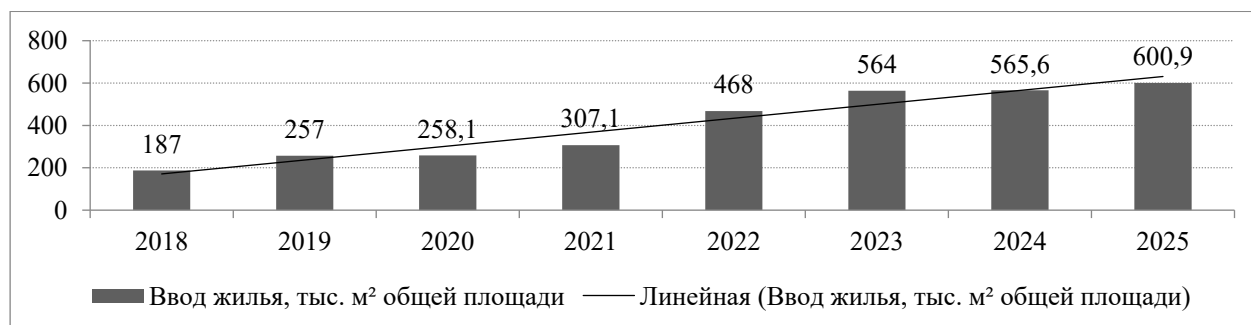


Рисунок 2.10 – Ввод в действие общей площади жилых домов в Республике Адыгея, 2018-2025 гг., тыс. м² [138,139,140,141,142,143]

Связь строительной отрасли с инвестициями в основной капитал в Адыгее носит выражено асимметричный характер. Рост инвестиций не приводит к пропорциональному и устойчивому расширению строительного производства, однако динамика 2022-2025 годов уже не позволяет говорить об отсутствии его устойчивого расширения, физический объем строительных работ увеличивается четыре года подряд, а в 2025 году рост существенно ускоряется. Это потенциально означает формирование более устойчивого спроса на материальные

ресурсы, хотя и неравномерного по интенсивности и сохраняет значимость оптимизированных снабженческих схем, консолидации потоков и внедрения современных логистических решений в строительстве. Дополнительным ограничением развития строительного комплекса выступает транспортно-логистическая специализация региона. Транспортная система региона ориентирована преимущественно на транзитные и сельскохозяйственные потоки, что приводит к тому, что строительная логистика функционирует в условиях конкуренции за транспортные услуги, что усиливает чувствительность отрасли к колебаниям тарифов и издержек на перевозку строительных материалов. В развитии строительного комплекса Адыгеи прослеживается постепенное усиление строительной активности, наиболее заметное в 2022-2025 годах. Однако положительная динамика не устраняет сохраняющихся структурных ограничений. Значительная доля индивидуального строительства, неравномерность спроса и недостаточно развитая региональная база производства строительных материалов обуславливают зависимость отрасли от внешних поставок. Дополнительные сложности связаны с организацией транспортного обслуживания и территориальной рассредоточенностью строительных объектов, поэтому даже ускорение строительной деятельности в 2025 году не дает достаточных оснований говорить о формировании устойчивой системы материально-технического обеспечения.

В Калмыкии ситуация складывалась иначе. На протяжении всего периода строительная деятельность характеризовалась резкими колебаниями при сравнительно небольших объемах рынка. В начале рассматриваемого периода отрасль развивалась преимущественно за счет отдельных проектов, реализация которых не обеспечивала постоянной загрузки подрядных организаций и формирования регулярного спроса на материалы (рис. 2.11 и 2.12). Ограниченный масштаб строительства сдерживал развитие региональных каналов снабжения, а зависимость от нерегулярных заказов затрудняла долгосрочное планирование поставок. Уже на этом этапе проявлялось отсутствие стабильной потребности в ресурсах, достаточной для формирования устойчивых логистических связей.

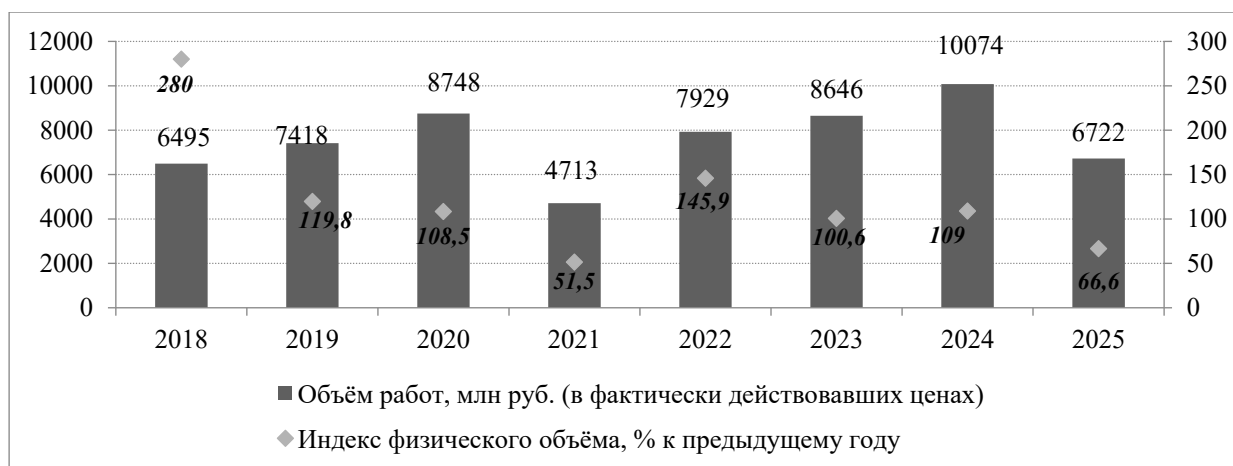


Рисунок 2.11 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Республике Калмыкия 2018-2025, млн. руб.

[69,70,71,72,73,74,75,76]

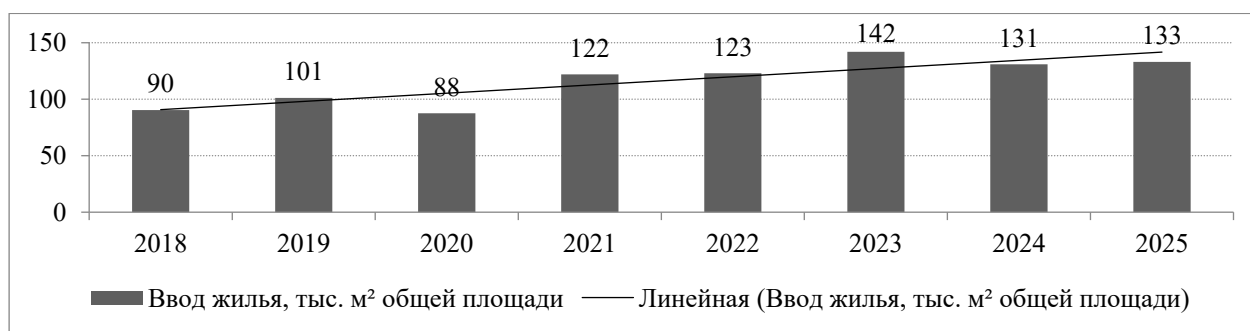


Рисунок 2.12 – Ввод в действие общей площади жилых домов в Республике Калмыкия, 2018-2025 годы, тыс. м² [69,70,71,72,73,74,75,76]

Строительная отрасль Республики Калмыкия на протяжении всего периода годов развивалась неравномерно, причем динамика подрядных работ заметно отличалась от изменений в жилищном строительстве. В 2020 году увеличение стоимостного объема работ происходило на фоне низкой базы предшествующего периода и не сопровождалось сопоставимым приростом жилищного ввода, в последующие два года, напротив, резко выросли показатели ввода жилья, что могло быть связано с активизацией индивидуального строительства и особенностями статистического учета объектов, возводимых населением, однако соответствующего расширения подрядного сектора не наблюдалось. Подобное расхождение позволяет предположить, что значительная часть спроса на строительные материалы формировалась вне крупных организованных проектов и

обслуживалась преимущественно розничными и мелкооптовыми поставщиками. Рост строительных работ в 2023 году также не сопровождался стабилизацией жилищного строительства. В 2024 году их объем увеличился с 8,6 до 10,1 млрд руб, тогда как ввод жилья сократился до 130,9 тыс. кв. м, а годом позже произошло обратное и объем работ снизился до 6,7 млрд руб., а жилищный ввод практически не изменился. Разница в динамике этих показателей свидетельствует о неоднородности регионального строительного рынка, где активность подрядных организаций и индивидуальных застройщиков определяется различными условиями и не всегда совпадает по времени.

Для организации материально-технического обеспечения такая структура рынка создает определенные ограничения. Нерегулярность крупных заказов затрудняет долгосрочное планирование закупок и загрузки транспортных мощностей, а территориальная рассредоточенность индивидуального строительства увеличивает потребность в небольших партиях материалов. При сравнительно ограниченном региональном спросе поставщикам сложнее формировать устойчивые объемы реализации и использовать преимущества консолидации грузов. В результате строительный комплекс Калмыкии характеризуется сочетанием отдельных проектных цепей поставок и разветвленных каналов снабжения частных застройщиков, между которыми возможности координации остаются ограниченными, колебания строительной активности дополнительно осложняют развитие стабильных логистических связей и поддержание экономически обоснованного уровня запасов.

Динамика строительной отрасли Крыма в период 2018-2025 годов отличается высокой амплитудой колебаний и отсутствием устойчивой траектории роста, что проявляется в чередовании периодов увеличения и снижения строительной активности (рис. 2.13, рис. 2.14).

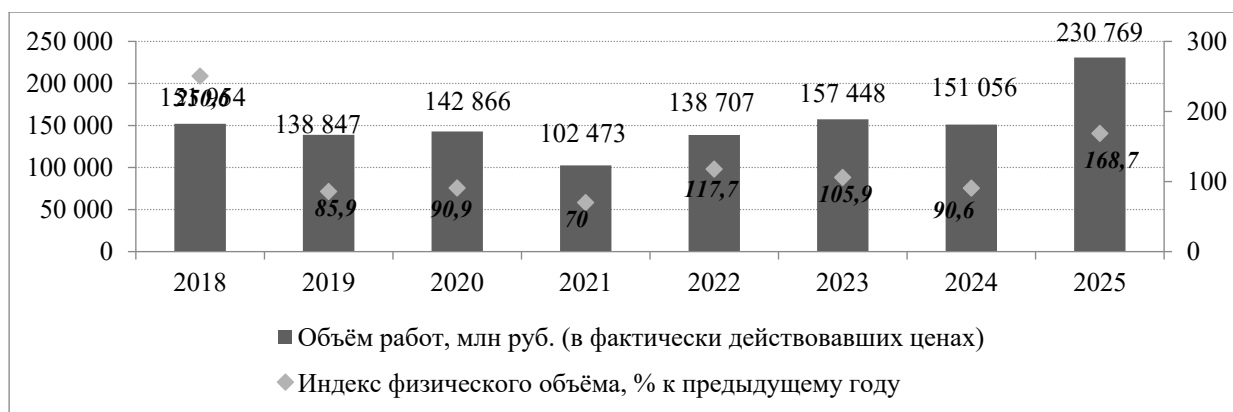


Рисунок 2.13 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Республике Крым 2018-2025 годы, млн руб.

[145,146,147,148,149,150,151]

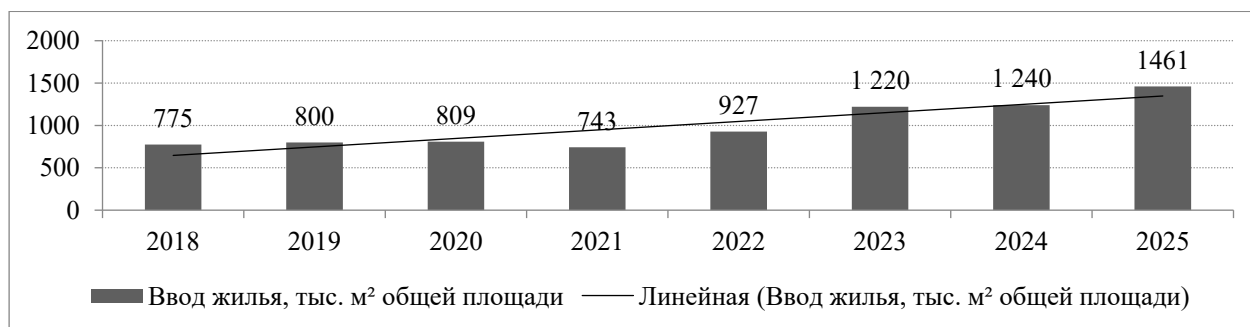


Рисунок 2.14 – Ввод в действие общей площади жилых домов в Республике Крым, 2018–2025 годы, тыс. м² [145,146,147,148,149,150,151]

В 2018 году объем работ достигает 151,9 млрд руб., что сопровождается экстремально высоким индексом физического объема, отражающим завершение масштабных инфраструктурных и инвестиционных проектов, реализуемых в предыдущий период. Данный этап характеризуется концентрацией строительных ресурсов на ограниченном числе крупных объектов, что формирует интенсивные, но слабо диверсифицированные цепи поставок. В 2019 году фиксируется снижение объема строительных работ до 138,8 млрд руб., при одновременном падении индекса физического объема до 85,9 % и это указывает на завершение значительной части крупных проектов и переход строительной отрасли к структурной корректировке, при этом ввод жилья в 2019 году продолжает демонстрировать умеренный рост, что свидетельствует о смещении строительной активности в сторону жилищного сегмента и частичной компенсации снижения

подрядного строительства за счет индивидуальной и малоэтажной застройки. По заключению автора данный период характеризуется перераспределением спроса на строительную продукцию от крупноузловых поставок к более дробным и территориально распределенным потокам.

В 2020 году объем строительных работ удержался на уровне 142,9 млрд руб., в то время как индекс физического объема оставался ниже 100 %, фиксируя отсутствие заметного реального повышения строительной активности. На этом фоне ввод жилья продолжал увеличиваться, хотя темпы роста были умеренными. Такая разница показывает, что жилищное строительство сохраняло устойчивость даже при более слабой динамике подрядных работ, что важно: базовый спрос на строительные материалы сохранялся, но крупные подрядные поставки уже не задавали прежнюю интенсивность движения ресурсов. В таких условиях возрастает роль локальных производителей, региональных складов и коротких логистических связей, которые позволяют поддерживать снабжение жилищного сегмента без значительного расширения межрегиональных поставок.

Наиболее заметное снижение строительной активности в регионе приходится на 2021 год: объем выполненных работ сократился до 102,5 млрд руб., а индекс физического объема опустился до 70 %. Вероятно, спад был связан в первую очередь с реальным уменьшением строительного выпуска, хотя изменение стоимости работ по-прежнему является значимым фактором. Одновременно снизился ввод жилья, ослабление затронуло сразу два направления: подрядное строительство и жилищный сегмент. В целях текущего исследования такая динамика может означать сокращение потребности в строительных материалах, конструкциях и транспортных услугах, и при меньших объемах работ логистическая система становится более чувствительной к стоимости перевозок, доступности поставщиков и устойчивости региональных маршрутов.

Строительный комплекс Республики Крым отличается значительной территориальной рассредоточенностью жилищного строительства, что определяет характер спроса на материальные ресурсы. В 2022–2023 годах отрасль демонстрировала положительную динамику: объем выполненных работ увеличился со

138,7 до 157,4 млрд руб., а ввод жилья к концу периода превысил 1,2 млн кв. м. Значительная часть жилищного строительства приходилась на сельские территории, где преобладают сравнительно небольшие объекты. Для их снабжения необходима разветвленная сеть региональных поставщиков и складов, способная обеспечивать регулярную доставку строительных материалов небольшими партиями. В отличие от крупных подрядных проектов, здесь труднее консолидировать закупки, а транспортные расходы во многом зависят от удаленности отдельных строительных площадок. В 2024 году на фоне сокращения физического объема строительных работ почти на 10% ввод жилья продолжил расти, достигнув 1,24 млн кв. м. Различия в динамике показателей могут объясняться структурой жилищного строительства и несовпадением сроков выполнения работ с вводом готовых объектов, но в 2025 году наблюдалось одновременное увеличение обоих показателей. Стоимость строительных работ достигла 230,8 млрд руб. при росте физического объема на 68%, а ввод жилья увеличился до 1,46 млн кв. м. Такие существенные изменения за короткий период отражают неравномерность развития строительного комплекса республики, региональная логистика при этом должна обслуживать объекты разного масштаба, сочетая крупные контрактные поставки с мелкопартионным снабжением территориально удаленных строительных площадок. Колебания спроса осложняют планирование запасов и загрузку транспортно-складской инфраструктуры, особенно при ограниченных возможностях оперативного перераспределения ресурсов между проектами.

Иная картина складывается в Севастополе, где динамика строительной деятельности за 2018–2025 годы характеризуется резкими изменениями объемов выполненных работ (рис. 2.15). Уже в начале рассматриваемого периода рост 2018 года сменился существенным сокращением в 2019 году. Подобные колебания могут быть связаны с высокой зависимостью относительно небольшого регионального рынка от реализации отдельных крупных проектов. Завершение таких объектов способно заметно сократить общий объем подрядных работ, если одновременно не начинается сопоставимое по масштабам строительство, при этом меняется и потребность в материальных ресурсах: сформированные под

конкретные проекты каналы снабжения оказываются недозагруженными, а ранее заключенные договоры требуют пересмотра. Дальнейшая динамика отрасли позволяет проследить, насколько устойчивым оказался такой характер строительной активности.

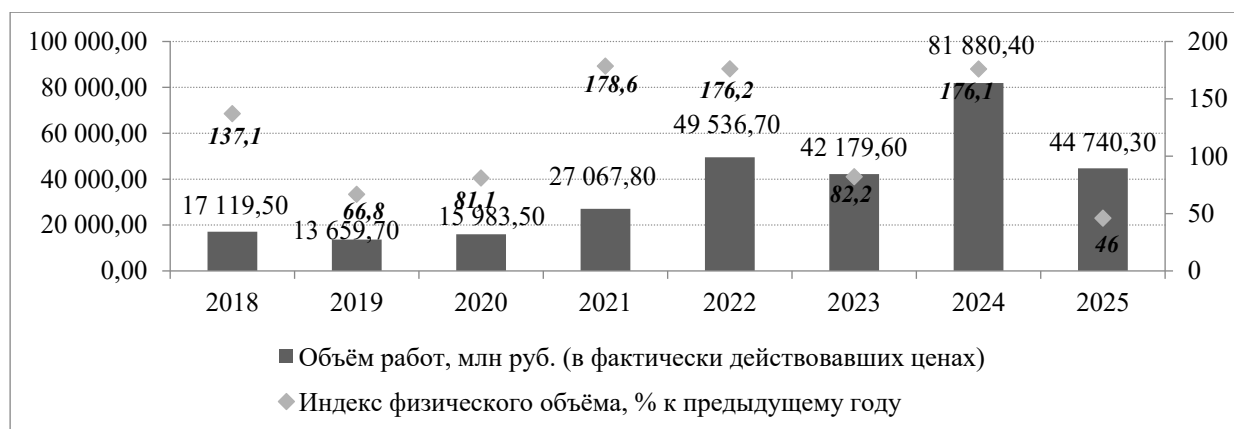


Рисунок 2.15 – Объем работ по виду экономической деятельности «Строительство» в Севастополе 2018-2025 годы, млн руб. [46,47,48,49,50,51,52,53]

В 2020 году объем строительных работ в Севастополе увеличился до 16 млрд рублей, однако в сопоставимых ценах произошло сокращение и индекс физического объема составил 81% к предыдущему году. В 2021 году ситуация изменилась и стоимость выполненных работ достигла 27,1 млрд рублей, а их физический объем вырос почти на 79%. Высокие темпы сохранились и в 2022 году, когда стоимостной показатель приблизился к 50 млрд рублей и столь интенсивное расширение строительной деятельности сопровождалось увеличением потребности в материалах, транспортных и складских мощностях. При ограниченных возможностях региональной инфраструктуры быстрое наращивание поставок могло создавать дополнительные риски нарушения строительных графиков. Последующие годы характеризовались резкими колебаниями и после сокращения физического объема работ в 2023 году строительная активность вновь возросла, достигнув в 2024 году 81,9 млрд руб, однако уже в 2025 году этот показатель снизился до 44,7 млрд руб, а физический объем составил лишь 46% от уровня предыдущего года. Подобная неравномерность может быть связана с проектным характером строительства, при котором завершение крупных объектов и

начало новых работ существенно меняют текущую потребность в ресурсах. Для региональной логистики это создает сложности с планированием закупок и загрузкой транспортно-складской инфраструктуры. После периодов интенсивного снабжения возникает необходимость сокращать запасы и пересматривать договорные объемы поставок, сохраняя при этом возможности для последующего расширения строительной деятельности.

Несколько иную динамику демонстрирует жилищное строительство (рис. 2.16). За 2020-2024 годы площадь введенного жилья в Севастополе сократилась с 642,4 до 346,2 тыс. кв. м. Небольшой прирост в 2022 году не изменил общей тенденции, а наиболее заметное снижение пришлось на 2024 год. В 2025 году ввод жилья остался практически на прежнем уровне, следовательно, резкое увеличение объема подрядных работ в 2024 году не сопровождалось аналогичным ростом жилищного ввода. Такое расхождение может отражать изменение структуры строительной деятельности, хотя следует учитывать и различия в сроках выполнения работ и завершения объектов, но для оценки региональных цепей поставок это разграничение существенно: объем текущего строительства характеризует потребность в материальных ресурсах, тогда как показатели жилищного ввода относятся к результатам проектов, работы по которым могли выполняться в предшествующие периоды.

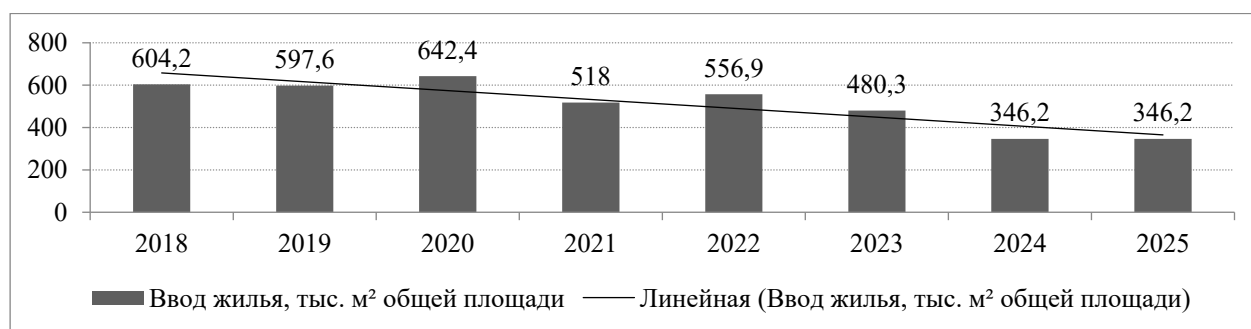


Рисунок 2.16 – **Ввод в действие общей площади жилых домов в Севастополе 2018-2025 годы, тыс. м² [46,47,48,49,50,51,52,53]**

В Севастополе динамика строительных работ и жилищного ввода в 2024-2025 характеризуется заметными расхождениями. В 2024 году индекс

физического объема строительных работ достиг 176% к предыдущему году, хотя ввод жилья продолжал сокращаться. Подобное соотношение позволяет предположить, что прирост строительной активности был связан с реализацией инфраструктурных, производственных и иных нежилых объектов, вместе с тем следует учитывать временной разрыв между выполнением работ и вводом завершенных объектов, поэтому окончательный вывод о структуре прироста требует дополнительных данных. Уже в 2025 году ситуация существенно изменилась и при практически неизменном объеме жилищного ввода индекс строительных работ снизился до 46%. и подъем 2024 года не получил продолжения, а наблюдавшееся расхождение показателей нельзя рассматривать как свидетельство устойчивого изменения отраслевой структуры строительства.

Столь резкие колебания предъявляют повышенные требования к организации материально-технического обеспечения. Реализация крупных проектов предполагает поставку материалов и конструкций по установленным спецификациям, причем сроки их доставки должны соответствовать последовательности строительных работ. При увеличении объемов строительства требуется оперативное наращивание поставок и транспортных мощностей, а последующий спад, напротив, создает риск накопления избыточных запасов и недозагрузки логистической инфраструктуры, говоря о необходимости гибкого управления закупками, складскими ресурсами и договорными отношениями с поставщиками.

Рассмотренная динамика отражает высокую изменчивость спроса на строительные ресурсы в Севастополе. Масштабы материальных потоков здесь во многом определяются графиками реализации отдельных проектов и объемами инвестиционной деятельности, а их неравномерность осложняет долгосрочное планирование поставок. Сохранение надежности снабжения при таких условиях зависит от способности участников своевременно корректировать закупочные планы и перераспределять логистические ресурсы.

Для оценки положения Севастополя в структуре строительного комплекса Южного федерального округа далее проведено сопоставление региональных

показателей строительной деятельности за исследуемый период. Результаты сравнительного анализа представлены на рис. 2.17.

Южный федеральный округ (ЮФО)



Рисунок 2.17 - Объемы работ по строительству в регионах, входящих в состав округа, млн руб., 2025 год

Динамика строительной отрасли в Южном Федеральном Округе показывает расслоение регионов по направлению и интенсивности изменения строительной активности. В целом по округу объем составил 1275 989,7 млн руб. при индексе физического объема 89,8% к 2024 году, что ниже среднероссийского темпа, и что указывает на сохраняющуюся роль ЮФО как одного из центров строительной активности страны. Доля ЮФО в общероссийском объеме строительных работ составляет около 6,8%, однако в 2025. физический объем работ в округе сокращается, тогда как по России сохраняется рост. При этом динамика отдельных субъектов существенно различается: сокращение в крупнейших по объему регионах сочетается с выраженным ростом в Крыму и Адыгее. (табл. 2.2, 2.3. и 2.4).

Таблица 2.2 – Объем работ по строительству по регионам Южного Федерального округа в сопоставлении с Российской Федерацией, млн руб., 2025 год

Территория	Объем работ, млн руб.	В % к 2024 в фиксированных ценах
Российская Федерация, млрд руб.	18815,1	102,5
Южный федеральный округ	1275989,7	89,8
Республика Адыгея	52511,0	137,0
Республика Калмыкия	6722,4	66,6
Республика Крым	230769,0	168,7
Краснодарский край	402185,9	69,9
Астраханская область	27405,9	59,4
Волгоградская область	161364,5	103,0
Ростовская область	350290,8	90,2
г. Севастополь	44740,3	46,0

По абсолютному объему строительных работ в 2025 году крупнейшим субъектом ЮФО остается Краснодарский край, 402,2 млрд руб., или около 31,5% общего объема округа, однако индекс физического объема здесь составляет 69,9%, поэтому высокий абсолютный масштаб сочетается с существенным сокращением строительной деятельности относительно 2024 года. Вторую позицию занимает Ростовская область и 350,3 млрд руб., что около 27,5% объема ЮФО, индекс физического объема 90,2% также фиксирует снижение. Республика Крым занимает третью позицию по абсолютному объему с 230,8 млрд руб. и одновременно показывает наиболее высокий в округе индекс физического объема - 168,7%. Волгоградская область отличается от большинства крупных субъектов округа сохранением положительной динамики: при объеме работ 161,4 млрд руб., индекс физического объема 103,0%, как и Республика Адыгея, которая демонстрирует выраженный рост в 137,0% при объеме 52,5 млрд руб. Напротив, наиболее существенное сокращение фиксируется в Севастополе, до 46,0% уровня предыдущего года, Астраханской области, до 59,4% и Респ. Калмыкия, до 66,6%. Таким образом, различия между субъектами в 2025 году связаны с противоположным направлением изменения физического объема работ. На этом фоне другой характер динамики формируется в Севастополе, где при сравнительно меньшем абсолютном объеме работ в 81880,4 млн руб. зафиксирован экстремально высокий индекс физического объема 180,0% к 2023 году, но уже в 2025 году вернулся на уровень показателя 2023 года. Такой разрыв между

уровнем и темпом роста указывает на проектно-импульсную модель развития, при которой строительная активность определяется запуском и интенсивной реализацией ограниченного числа крупных объектов. Аналогичный, хотя и менее выраженный, эффект наблюдается в Калмыкии, где индекс физического объема достиг 117,6% при объеме работ 10868,1 млн руб., что показывает фазу восстановления после спадов предыдущих лет, но уже в 2025 году показал возврат к уровню 2023 года. В то же время Республика Адыгея с 52511,0 млн руб. и 137,0% и Республика Крым с показателем в 230769,0 млн руб. и 168,7% демонстрируют волнообразный рост физического объема работ, что отражает либо завершение и начало крупных инвестиционных циклов, либо временное сокращение фронта строительства.

Таблица 2.3 – Ввод в действие зданий жилого и нежилого назначения по РФ и субъектам ЮФО в 2025 году [30,31,32,33,34,35,36,37]

Территория	Количество зданий, единиц	Общая площадь зданий, тыс. м ²
Российская Федерация, всего	503117	175939,9
Южный федеральный округ	68544	20773,0
Республика Адыгея	3454	817,3
Республика Калмыкия	872	196,3
Республика Крым	8871	2429,1
Краснодарский край	31615	9218,4
Астраханская область	4814	940,0
Волгоградская область	5479	1910,3
Ростовская область	11181	4754,6
г. Севастополь	2258	507,0

Таблица 2.4 – Строительство жилых домов по РФ и субъектам ЮФО в 2025 году

Территория	Введено общей площади, тыс. м ²	В % к 2024
Российская Федерация, млн м²	108,1	100,4
Южный федеральный округ	13500,5	99,6
Республика Адыгея	600,9	106,2
Республика Калмыкия	132,9	101,5
Республика Крым	1461,2	117,9
Краснодарский край	6236,5	93,3
Астраханская область	785,4	130,6
Волгоградская область	1173,6	113,3

Ростовская область	2763,8	93,7
г. Севастополь	346,2	100,0

Показатели ввода зданий за 2025 год, как показано выше, позволяют дополнить оценку денежного объема строительных работ фактическим результатом строительства. В Южном федеральном округе введено 68544 здания общей площадью 20773,0 тыс. кв. м. На Краснодарский край приходится 9218,4 тыс. кв. м, или около 44,4% общей введенной площади округа. Значительный вклад формирует Ростовская область, 4 754,6 тыс. кв. м, или 22,9%, далее следуют Крым - 2 429,1 тыс. кв. м. и Волгоградская область с показателем в 1910,3 тыс. кв. м. Наименьшая площадь введенных зданий приходится на Калмыкию 196,3 тыс. кв. м и Севастополь, 507,0 тыс. кв. м. Таким образом, по фактической площади введенных зданий концентрация строительного результата в крупнейших субъектах ЮФО сохраняется, однако Краснодарский край уже не формирует более половины показателя округа.

Сопоставляя общий объем строительных работ с жилищным строительством, заметим, что по итогам 2025 года ввод жилья в ЮФО составил 13 500,5 тыс. кв. м, или 99,6% уровня 2024 года. В целом по округу жилищный ввод практически сохраняется на достигнутом уровне, однако региональная динамика существенно различается. Краснодарский край остается крупнейшим по объему ввода 6236,5 тыс. кв. м, или около 46,2% показателя ЮФО, но по сравнению с 2024 годом ввод сокращается на 6,7%. В Ростовской области снижение составляет 6,3%, одновременно в Астраханской области ввод жилья увеличивается на 30,6%, в Республике Крым на 17,9%, в Волгоградской области на 13,3%, в Адыгее на 6,2%. В Калмыкии прирост 1,5%, а в Севастополе объем ввода сохраняется на уровне предыдущего года, следовательно, практически неизменный совокупный показатель ЮФО формируется при разнонаправленной динамике его субъектов: сокращение жилищного ввода в Краснодарском крае и Ростовской области компенсируется ростом в ряде других регионов.

Сопоставление динамики строительной отрасли в России и исследуемом округе в 2018-2025 годах позволяет зафиксировать различия в темпах изменения

объемов строительных работ (рис. 2.18) и глубокие расхождения в механизмах формирования отраслевого роста (табл. 2.5).

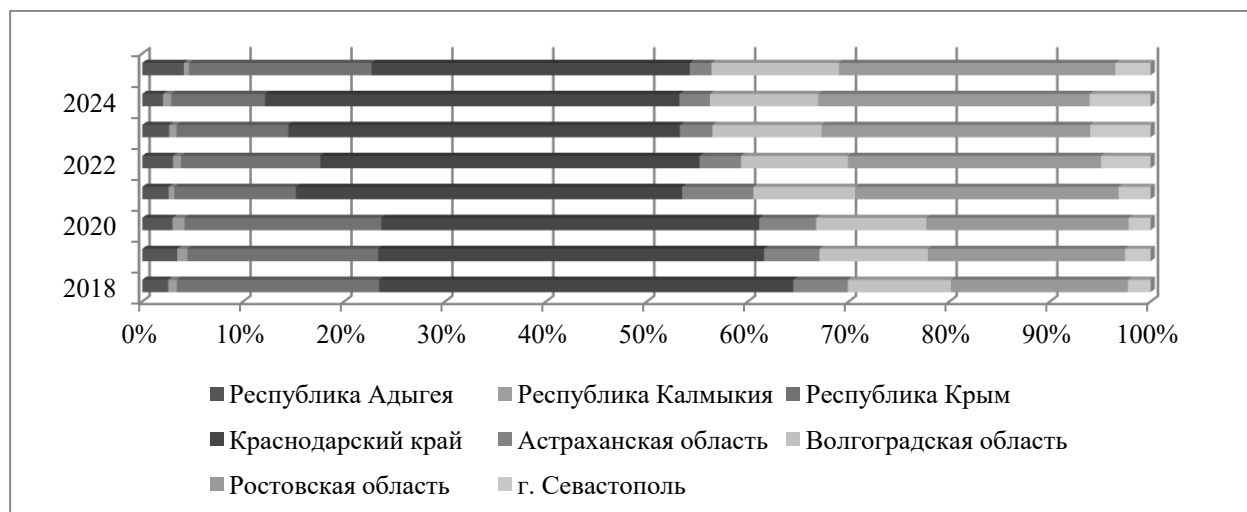


Рисунок 2.18 – Динамика регионов ЮФО в структуре, млн рублей, 2018-2025 годы

Таблица 2.5 – Сравнительный анализ объемов работ в строительстве, Российская Федерация и Южный Федеральный округ, млрд рублей, 2018-2025 годы

Год	РФ: объем работ, млрд руб.	РФ: индекс физ. объема к пред. году, %	ЮФО: объем работ, млрд руб.	Доля ЮФО в РФ, % (прибл.)
2018	8 385,7	105,3	757,941	9,0
2019	9 132,1	100,6	734,513	8,0
2020	9 497,8	100,1	732,967	7,7
2021	10 791,6	106,0	850,914	7,9
2022	12 865,5	105,2	1 004,332	7,8
2023	15 092,3	107,9	1 119,197	7,4
2024	16 780,1	102,1	1 365,217	8,1
2025	18 815,1	102,5	1275,990	6,8

На общероссийском уровне физический объем строительных работ сохраняет положительную динамику: значения индекса остаются выше 100% во все годы рассматриваемого периода, в то время как в Южном округе изменения выражены сильнее: после увеличения стоимостного объема строительных работ с 850,9 млрд руб. в 2021 до 1365,2 млрд руб. в 2024, в 2025 году показатель снижается до 1276,0 млрд руб., а индекс физического объема составляет 89,8%, одновременно доля ЮФО в общероссийском объеме работ сокращается с 8,1% в 2024 года примерно до 6,8% в 2025. Таким образом, рост 2021-2024 не переходит

в непрерывную восходящую динамику. Результаты 2025 года показывают, что строительная активность округа более изменчива, чем общероссийская, где при росте физического объема работ по России на 2,5% в ЮФО фиксируется снижение на 10,2%, при этом внутри округа изменение также неоднородно: сокращение в Краснодарском крае, Ростовской области, Астраханской области, Калмыкии и Севастополе сочетается с ростом в Крыму, Адыгее и Волгоградской области. По мнению автора исследования, для анализа рынка строительной продукции это может означать, что совокупная динамика ЮФО формируется как результат существенно различающихся региональных изменений и не может быть интерпретирована как единый устойчивый тренд.

Начиная с 2021 года динамика строительной деятельности в регионе меняется: в период 2021-2024 индекс физического объема работ устойчиво превышает 100%, однако в 2025 четырехлетний период роста прерывается и показатель снижается до 89,8%, при этом изменения в округе выражены сильнее, чем в целом по России. В 2021, 2022 и 2024 годах темпы роста региона превышали среднероссийские значения, тогда как в 2025 при увеличении физического объема строительных работ по стране на 2,5% в округе произошло сокращение на 10,2%. Внутри округа эта динамика также складывается неодинаково: в 2025 году рост физического объема строительных работ зафиксирован в Крыму, Адыгее и Волгоградской области, тогда как в Краснодарском крае, Ростовской и Астраханской областях, Калмыкии и Севастополе показатель снижается, поэтому изменение совокупного объема строительных работ в округе нельзя рассматривать как результат синхронного движения всех входящих в него территорий.

Сравнительный анализ также позволяет выявить различия в устойчивости отраслевой динамики. В целом, сопоставление общероссийской и региональной динамики показывает, что за исследуемый восьмилетний период изменения физического объема строительных работ на уровне и были менее резкими, чем в Южном федеральном округе. Тут периоды роста сменяются более выраженными сокращениями, а различия между субъектами усиливают неравномерность совокупной динамики и особенно отчетливо это проявляется в 2025 году, когда при

общероссийском индексе 102,5% показатель ЮФО составляет 89,8%, а значения отдельных регионов находятся в диапазоне от 46,0% в Севастополе до 168,7% во всей республике. Для рынка строительной продукции, как видится автору, такая неравномерность означает изменение условий формирования спроса на материальные ресурсы по территориям и периодам, а в контексте логистики отрасли, повышает значение гибкости цепей поставок: объемы снабжения и распределение материальных потоков необходимо согласовывать с фактической динамикой строительных работ в отдельных субъектах, поскольку изменение совокупного показателя ЮФО не отражает одинакового направления строительной активности во всех регионах округа. Кроме того, стоит отметить, что за исследуемый период на территории ЮФО были реализованы стратегические строительные инициативы федерального уровня, среди которых можно выделить системообразующие (табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Крупные строительные проекты, реализованные на территории ЮФО 2018-2025 годов

Проект	Субъект	Сегмент	Вехи 2018–2025 гг.
Федеральная дорога Трасса «Таврида»	Республика Крым, Севастополь	Дорожная инфраструктура	ввод ключевых очередей и развязок в 2018-2020, дальнейшие работы по доведению параметров и инфраструктуры и узлам продолжались последующие годы
Транспортный переход через Керченский пролив, Крымский мост	Республика Крым, связь с Краснодарским краем	Транспортный мегапроект	дорожная часть открыта в 2018, железнодорожная в 2019, в 2018-2025 проект остается системообразующим для транспортной связности и перераспределения грузопотоков
Обход Аксая на М-4 «Дон», восточный обход Ростова-на-Дону	Ростовская область	Дорожная инфраструктура	контракт 2020 году, строительство, открытие движения по новому участку в 2023, результат - разгрузки транзита и логистики
Новый аэровокзальный комплекс аэропорта Симферополь («Крымская волна»)	Республика Крым	Аэропортовая инфраструктура	новый терминал начал работу в 2018г. как крупный объект транспортной инфраструктуры, важный для строительного рынка - инфраструктурный сегмент и смежные цепи поставок

Порт Тамань, портовая инфраструктура, очереди, терминалы	Краснодарский край	Портовая и экспортная инфраструктура	реализация проектов развития портового комплекса и терминалов в Тамани относится к крупнейшим инвестиционно-строительным направлениям юга страны в с поэтапным вводом объектов
Порт Новороссийск и другие порты Краснодарского края Новороссийск, Туапсе, Темрюк, Ейск, Тамань, инвестиционные стройки терминалов и мощностей	Краснодарский край	Портовая, логистическая инфраструктура	В документах 2018-2025 и до 2030 фиксируется пакет проектов модернизации и строительства мощностей в ключевых портах края, что влияет на спрос на стройматериалы и транспортную логистику

В целом, проведенный анализ позволяет выделить несколько особенностей и закономерностей развития строительной отрасли Южного федерального округа за период 2018- 2025 годов: во-первых, формируется четкое ядро лидеров по масштабу строительства, Краснодарский край и Ростовская область, которые обеспечивают около 59% общего объема строительных работ региона и определяют конфигурацию спроса на материальные ресурсы и логистические услуги, во-вторых, усиливается дифференциация регионов по типу динамики: в одних субъектах рост строительной активности сохраняется или ускоряется, тогда как в других в 2025 году фиксируется существенное сокращение физического объема работ, различия в динамике необходимо рассматривать в том числе с учетом реализации крупных проектов, рассмотренных выше, в-третьих, на уровне округа фиксируется расхождение между ростом объемов строительных работ и сокращением жилищного строительства, что указывает на перераспределение строительной активности в пользу инфраструктурных, производственных и специализированных объектов.

Смотря через оптику поставленных исследовательских задач это показывает усложнение структуры спроса, рост доли проектно-специфичных поставок и повышение требований к гибкости, синхронизации и территориальной адаптивности строительной логистики в пределах ЮФО: в динамике восьми последних лет просматривается несколько устойчивых тенденций и закономерностей,

которые важны именно в логике рынка материальных ресурсов строительного комплекса и цепей поставок. По Южному федеральному округу фиксируется выраженная неравномерность отраслевой динамики, а именно спад 2018-2020 годов сменяется устойчивым ростом 2021-2025 годов, однако в 2025 году этот рост прерывается. Индекс физического объема работ по округу снижается до 89,8%, что не позволяет характеризовать весь период после 2021 года как непрерывно восходящий. Последовательность изменений воспроизводится в агрегированном показателе округа, но сопровождается существенно различающейся динамикой отдельных субъектов. Для цепей поставок строительной продукции это формирует нелинейный спрос с периодами сокращения строительной активности и последующего быстрого наращивания объемов работ, когда резко возрастает потребность в инертных материалах, цементе, металлоконструкциях, ЖБИ, инженерных системах и перевозках с высокой пропускной способностью. Также, на уровне округа наблюдается концентрация строительной активности в ограниченном числе территорий-лидеров, а именно в Краснодарском крае и Ростовской области по абсолютным объемам работ. В результате динамика округа как агрегатора в значительной степени зависит от изменения показателей крупнейших по объему субъектов, к которому добавляются локальные импульсы отдельных территорий, что задает закономерность пространственного ядра спроса: основные материальные потоки стремятся к территориям с наибольшей концентрацией проектов, а периферийные регионы в большей степени испытывают эффект волатильности, их рост часто обеспечивается отдельными проектами, что не закрепляется устойчивым расширением рынка. Данные 2025 года одновременно показывают, что движение регионов-лидеров не определяет направление изменения во всех субъектах округа: сокращение физического объема работ в Краснодарском крае и Ростовской области сочетается с выраженным ростом в Республиках Крым и Адыгея. В-третьих, в 2024 году фиксируется важное расхождение контуров, рост объема строительных работ в ЮФО в сопоставимых ценах сопровождается снижением ввода жилья по округу, что в трактовке исследования и автора говорит о том, что структура строительной активности смещается в

сторону нежилого и инфраструктурного строительства, где объем работ может существенно расти без пропорционального увеличения ввода жилья. На уровне материальных потоков это трансформирует структуру спроса: возрастает доля проектно-специфичных поставок, растет роль инженерной комплектации, а также усиливается значение календарной синхронизации поставок с графиком работ, поскольку инфраструктурные стройки менее терпимы к разрывам снабжения, чем массовое жилищное строительство. Более того, устойчиво проявляется закономерность масштаба против темпа: регионы с максимальным объемом работ не обязательно демонстрируют максимальные темпы роста, и наоборот. Краснодарский край и Ростовская область формируют ядро по объему, но в 2025 году индексы физического объема работ в них составляют соответственно 69,9 и 90,2%, в то же время Крым и Адыгея при меньшем абсолютном объеме демонстрируют рост до 168,7 и 137,0% соответственно. Севастополь после роста физического объема работ до 176,1% в 2024 году в 2025 году показывает снижение до 46,0%, что показывает характерную для отдельных субъектов проектно-импульсную динамику: в период интенсивной реализации крупных объектов строительная активность может резко возрастать, а при сокращении фронта работ столь же существенно снижаться. Ценный вывод, который можно сделать, заключается в необходимости настраивать цепи поставок на режимы масштабирования, когда резко меняется потребность в транспортных мощностях, складской емкости, ритмичности поставок и контрактной дисциплине поставщиков. И, наконец, сравнение тенденций страны и округа показывает, что 2024 года направление изменения строительной активности округа в целом совпадало с общероссийским, хотя амплитуда изменений в округе была выше. В 2025 году динамика расходится: индекс физического объема строительных работ по России составляет 102,5%, тогда как по округу 89,8%. По стране динамика строительства в периоде носит более сглаженный характер за счет территориальной диверсификации, тогда как на юге изменения выражены сильнее из-за пространственной концентрации проектов. Отсюда следует закономерность: национальный рынок формирует относительно стабильный спрос на материальные ресурсы, а

ЮФО характеризуется более высокой амплитудой изменений, где сочетание крупных объемов в регионах-ядрах, реализации инфраструктурных проектов и резких изменений строительной активности в отдельных субъектах формирует повышенные требования к управлению материальными потоками и к устойчивости поставок.

2.2. Анализ и типологизация управления цепями поставок в строительном комплексе

В рамках анализа стратегий управления цепями поставок в строительном комплексе базовым становится понимание того, в каких условиях эти практики вообще могут быть реализованы и какое звено фактически несет на себе управленческую функцию по согласованию потоков. В строительстве материально-техническое обеспечение проекта задается через проектную спецификацию, договорные отношения и календарные ограничения, поэтому любое решение по поставкам оказывается встроенным в систему взаимодействия специализированного застройщика (далее – СЗ), подрядных организаций, поставщиков материалов и оборудования, транспортных компаний и инфраструктурных ограничений территории, исходя из чего даже незначительные расхождения между плановой и фактической картиной, по срокам, объемам, комплектности и доступности ресурсов на площадке, формируют управленческие ошибки, которые накапливаются именно на стыках между звеньями и проявляются как простои, переработки, срочные доставки и рост затратной составляющей проекта. В рамках исследования выявляется, что негативные эффекты в логистических процессах не могут быть сведены лишь к недостаткам организации снабжения или выбору контрагента. Фундаментальные причины, как правило, связаны с архитектурой распределения управленческой ответственности и локализацией полномочий по принятию решений, в частности, с тем, какие субъекты формируют контур контрактных отношений, устанавливают критерии отбора поставщиков, несут риски, связанные с нарушением сроков поставок, и располагают полномочиями

по корректировке параметров материального потока в режиме операционного управления, поэтому анализ структуры застройщиков по принадлежности региону оказывается методически оправданным действием: он позволяет установить, в какой мере цепи поставок в регионе формируются на базе внутриграницных связей либо встроены в межрегиональные контуры, и тем самым определить, какие стратегии управления цепями поставок имеют основания для устойчивого применения, а какие будут давать эффект лишь ситуативно. В случае, когда СЗ и его управленческий контур закреплены в регионе, формируются иные условия работы с ресурсной базой снабжения, иная логика согласования сроков и иной профиль рисков, связанных с ограниченностью локальных мощностей, сезонностью и инфраструктурой при присутствии межрегиональных групп, реализующих проекты через специализированных застройщиков, меняется сама архитектура принятия решений, возрастает роль регламентов, стандартизации требований к номенклатуре и качеству, появляется дополнительная сложность на уровне координации межрегиональных поставок и согласования графиков между корпоративным центром и региональным исполнением. Принадлежность застройщика региону выступает предиктом того, где именно возникают информационные разрывы, как формируется потребность во включении дополнительных посредников в цепь поставок, и каким образом это влияет на издержки координации, устойчивость снабжения и возможность удержания поставок в показателях календарного плана. Для воспроизводимости такого анализа необходимо опираться на открытые данные Единой информационной системы жилищного строительства (ЕИСЖС), поскольку через нее фиксируются специализированные застройщики, их проектная деятельность и, в ряде случаев, групповая принадлежность, что позволяет перейти от общего описания рынка к системной классификации условий, в которых формируются и управляются цепи поставок в строительном комплексе региона.

По данным ЕИСЖС, основную часть жилищного строительства в Астраханской области осуществляют зарегистрированные в регионе специализированные застройщики, некоторые девелоперские группы реализуют проекты через

несколько юридических лиц. Наряду с местными компаниями на рынке присутствуют и межрегиональные структуры, использующие собственные проектные организации (рис. 2.19). Такое распределение участников определяет закономерность в организации материально-технического обеспечения: местные застройщики преимущественно взаимодействуют с региональными подрядчиками и поставщиками, поэтому надежность их снабжения во многом зависит от доступности строительных материалов и возможностей местной инфраструктуры, а в межрегиональных группах закупочная политика и требования к поставщикам чаще устанавливаются централизованно, тогда как непосредственная организация поставок должна учитывать условия регионального рынка и особенности реализации конкретных проектов.

Внутрирегиональные группы, представленные в системе несколькими специализированными застройщиками, формируют промежуточный режим управления цепями поставок, с одной стороны, сохраняется территориальная близость к ресурсной базе, с другой, появляется возможность централизовать отдельные решения по номенклатуре и закупкам и выравнивать поток ресурсов между строительными объектами, что снижает вероятность дефицитов и переработок при условии достаточной дисциплины планирования. В совокупности такая структура означает, что при анализе стратегий управления цепями поставок для Астраханской области необходимо учитывать состав применяемых инструментов, также как и факт того, что различия в принадлежности застройщиков региону формируют различную глубину координации по цепи и различный профиль рисков на стыках между снабжением, подрядной кооперацией и календарем работ, а значит и различную применимость стратегий, связанных с централизацией закупок, управлением временными окнами поставок и построением системы контроля отклонений по материалам и срокам.

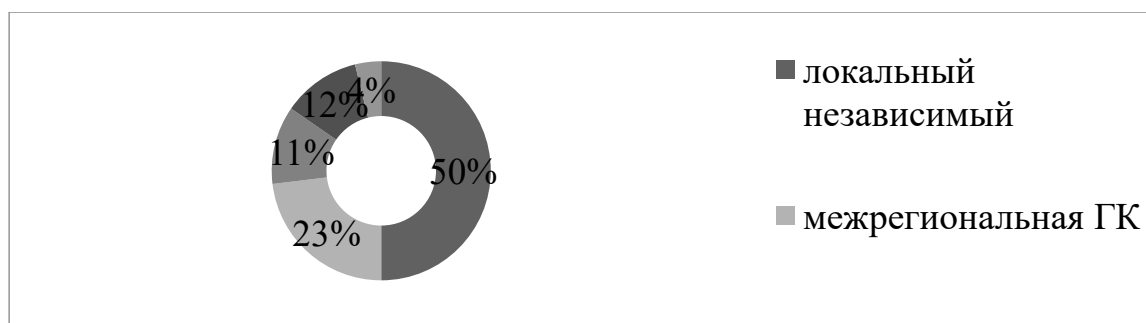


Рисунок 2.19 – Структура застройщиков в Астраханской области по принадлежности, %

В Волгоградской области структура застройщиков, выявляемая по ЕИСЖС, выглядит более неоднородной по сравнению с Астраханской, поскольку одновременно присутствуют специализированные застройщики с локальной регистрацией и самостоятельным контуром принятия решений, региональные группы компаний, дробящие деятельность на несколько специализированных юридических лиц, а также кейсы, где проекты реализуются в регионе при юридической привязке застройщика к другому субъекту страны (рис. 2.20, где внешний круг показывает долю по площади, а внутренний круг долю по количеству. В терминах управления цепями поставок это говорит о том, что в регионе сосуществуют разные режимы формирования и согласования потоков: при доминировании локальных специализированных застройщиков цепь поставок в большей степени опирается на внутриграничную базу поставщиков и подрядчиков и становится чувствительной к инфраструктурной емкости региона и доступности ресурсной базы, тогда как групповые структуры формируют более жесткий контур стандартизации номенклатуры и условий контрактации и, при достаточной дисциплине планирования, снижают вариативность снабжения между объектами. Одновременно присутствие застройщиков с внешней регистрацией формирует дополнительный слой координации, поскольку решения по требованиям к поставкам, правилам выбора контрагентов и параметрам контроля часто задаются вне региона, и в этих условиях критичным становится качество информационного контура и синхронизация графиков поставок с фактической готовностью фронтов работ, иначе разрывы на стыках между планом и исполнением

трансформируются в срочные поставки, перерасмещение заказов и рост затратной составляющей цепи.

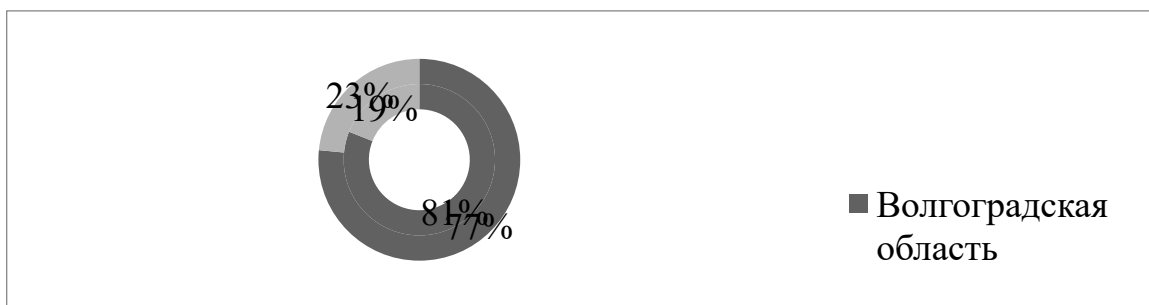


Рисунок 2.20 – Структура региональной принадлежности подрядчиков, осуществляющих строительство на территории Волгоградской области, %

Анализ аналогичной ситуации на территории Краснодарского края показывает, что фиксируется выраженная концентрация текущего строительства в руках крупных девелоперских групп (рис. 2.21), при этом в верхней части регионального рейтинга представлены прежде всего компании, которые не просто реализуют отдельные проекты, а воспроизводят портфельную модель строительства с масштабируемыми регламентами проектирования, закупок и управления подрядной кооперацией, в частности, в региональном ТОП по текущему строительству на декабрь 2025 года в числе лидеров указаны DOGMA и ГК «ТОЧНО», далее «ССК», «Градстройпроект», «Семья» с существенными объемами текущего строительства в квадратных метрах. Цепи поставок строительного комплекса края формируются в условиях доминирования крупных управленческих центров локального происхождения, которые задают стандарты номенклатуры, требования к качеству и комплектности, типовые календарные связки по объектам, а также формат взаимодействия с поставщиками и генподрядным контуром, и именно поэтому в регионе выше значимость дисциплины поставки в заданных окнах, поскольку при портфельной модели любые отклонения начинают тиражироваться на несколько объектов одновременно, нежели цены ресурса. Даже при высокой концентрации в верхнем сегменте, регион по структуре присутствия остается неоднородным: в Краснодарском крае одновременно существует внутриконтинентальный строительный узел, Краснодарская агломерация, и прибрежный контур, Сочи, Анапа, Новороссийск и др, где логистика поставок и

организация строительной площадки обычно имеют иной режим ограничений по доступности транспортных плеч, сезонности, плотности городской среды и регламентам движения, и это задает дополнительные требования к управлению поставками по времени и по организационному интерфейсу между участниками.

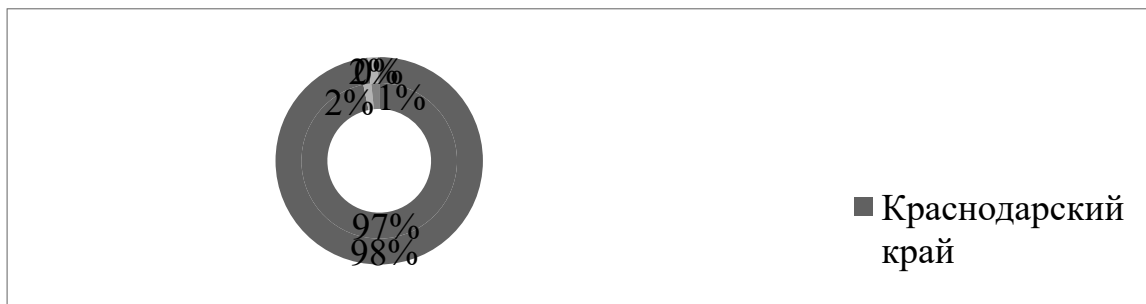


Рисунок 2.21 – Структура региональной принадлежности подрядчиков, осуществляющих строительство на территории Краснодарского края, % (внешний круг – доля по площади, внутренний круг – доля по количеству)

Сопоставление состава девелоперов по признаку территориальной принадлежности в Ростовской области позволяет рассматривать управление цепями поставок в строительном комплексе как систему, в которой конфигурация участников задает исходные ограничения и возможности для управления материальными и информационными потоками (рис. 2.22). При формально высокой представленности региональных компаний по количеству реальная концентрация производственной программы по площади смещена в пользу внерегиональных субъектов: на них приходится около 67,6% совокупной площади 3204 тыс. кв. м при 14 компаниях. Такая асимметрия означает, что в проектном контуре доминируют не столько локальные организационные связи, сколько управленческие решения, принимаемые вне региона, и это закономерно отражается на том, как формируются закупочные контуры, выбираются поставщики и выстраивается логика обеспечения строительства в привязке к календарю работ.

С точки зрения управления цепями поставок ключевым следствием становится многоконтурность системы, в которой локальный контур представлен множеством сравнительно небольших игроков, которые чаще опираются на региональные сети поставщиков и подрядчиков, используют более короткие логистические плечи и, как правило, чувствительнее к локальным ограничениям по

транспортной доступности, складской инфраструктуре и сезонным режимам поставок, одновременно внерегиональный контур концентрирует основную площадь строительства и основную нагрузку на ресурсное обеспечение. В таких конфигурациях закупочная политика чаще стандартизируется на уровне группы, контрактация может переноситься в централизованные функции, а поставки выстраиваются через межрегиональные каналы и крупные дистрибуционные узлы. В результате в пределах одной региональной строительной системы одновременно действуют разные режимы управления потоками, которые диверсифицируются по принципу локализации: для локальных девелоперов характерна более тесная привязка к региональному рынку ресурсов, для внерегиональных усиленная роль корпоративных процедур, унификации требований к материалам и распределения поставок между объектами как портфелем проектов. Территориальная принадлежность девелопера в аналитике управления цепями поставок важна как индикатор того, где локализован центр согласования решений, определяющий скорость реакции цепи на отклонения графика и на изменения доступности ресурсов.

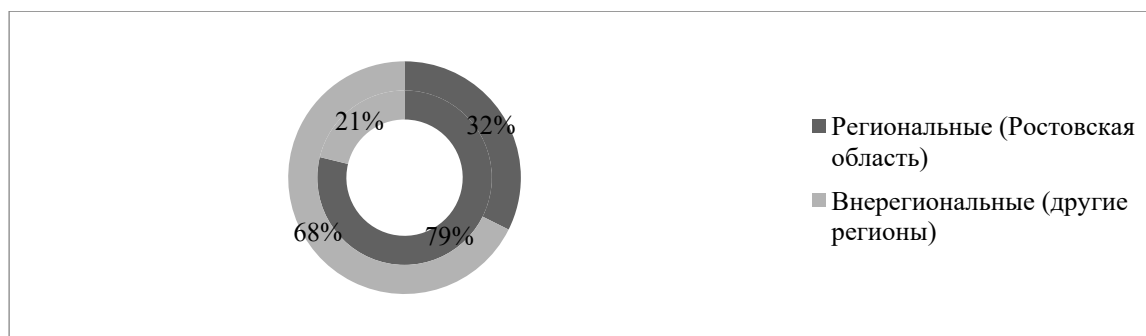


Рисунок 2.22 – Структура региональной принадлежности подрядчиков, осуществляющих строительство на территории Ростовской области, % (внешний круг – доля по площади, внутренний круг – доля по количеству)

Структура участников в сфере жилищного строительства в Республике Адыгея демонстрирует типовую для приграничных к крупным агломерациям регионов асимметрию между числом участников и их фактическим весом в формировании строительной программы (рис. 2.23). При том, что регионально

зарегистрированные компании составляют большинство по количеству, основная доля площади строительства сосредоточена у внерегиональных субъектов 782 тыс. кв. м из 1007 тыс. кв. м, или 77,65%. Это означает, что определяющая часть решений, влияющих на параметризацию цепей поставок от спецификаций и требований к комплектности до выбора поставщиков и логистических посредников, формируется в управленческих контурах, локализованных за пределами республики, тогда как локальные застройщики в большей степени функционируют в режиме адаптации к заданным стандартам и условиям ресурсного обеспечения. Сложившаяся структура строительного рынка предполагает взаимодействие региональных и межрегиональных цепей поставок. Для крупных застройщиков, работающих за пределами региона своего присутствия, характерны централизованные закупки и более протяженные маршруты доставки материалов. В результате соблюдение сроков строительства во многом зависит от согласованности поставок, состояния транспортной сети и возможностей складской инфраструктуры Краснодарского края. Местные девелоперы, напротив, представлены большим числом компаний с относительно небольшими объемами строительства, ограничивая возможности получения выгодных закупочных условий раздробленностью спроса и повышая зависимость отдельных застройщиков от колебаний цен и дефицита строительных материалов.

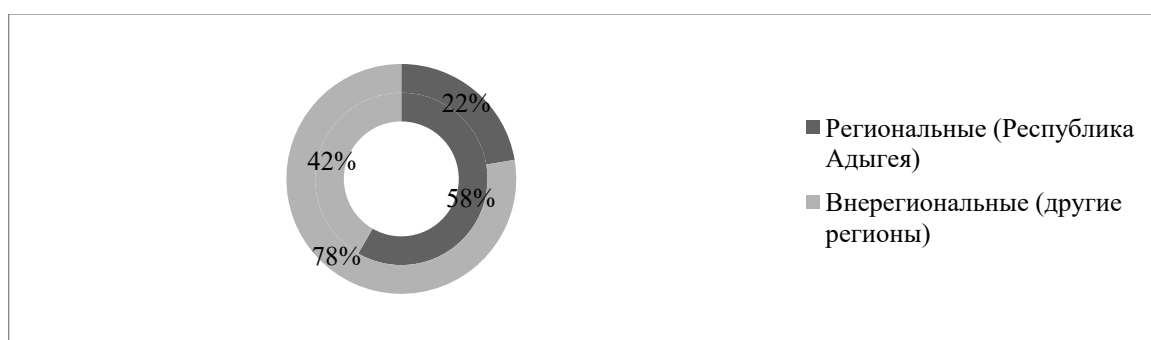


Рисунок 2.23 – Структура региональной принадлежности подрядчиков, осуществляющих строительство на территории Республики Адыгея, % (внешний круг – доля по площади, внутренний круг – доля по количеству)

Результаты рамочного анализа по Калмыкии показывают ярко выраженный региональный контур и абсолютной региональной привязке участников сужая формирование центра принятия решений до регионального уровня. При таком построении цепей поставок участникам необходимо индивидуально выстраивать систему, формируя ее устойчивость, где среди важных фокусов управления могут быть ограниченность локального рынка, а также чувствительность к календарным сдвигам. Учитывая невысокую долю региона в общем объеме строительства ЮФО, следует понимать, что даже точечные отклонения могут оказывать серьезное влияние на эффективность цепи поставок.

Анализ структуры в Республике Крым выявляет значительное количество участников (рис. 2.24), где распределение девелоперов по признаку региональной принадлежности формирует преимущественно внутритерриториальный контур управления, при котором основная масса организационно-распорядительных решений по обеспечению проектов ресурсами принимается внутри региона. Регионально зарегистрированные компании составляют 54 из 65 участников выборки и концентрируют 1678 тыс. кв. м из 2097 тыс. кв. м совокупной площади, то есть около 80%, что позволяет трактовать крымский рынок как систему, в которой доминируют локальные центры согласования спецификаций, графиков комплектования и режимов поставок на стройплощадки. Около 20% площади строительства приходится на одиннадцать внерегиональных застройщиков, центры управления и закупочной деятельности которых расположены за пределами региона. Их присутствие усложняет организацию материально-технического обеспечения, особенно при использовании межрегиональных поставок. В таких условиях возрастает зависимость строительных проектов от соблюдения графиков отгрузки, транспортной доступности и своевременного обмена информацией между участниками, но надежность снабжения по-прежнему определяется возможностями регионального рынка строительных материалов и транспортных услуг и согласованностью решений, принимаемых на разных уровнях управления, ставя в фокус внимания координацию закупок и поставок между местными подрядчиками и внерегиональными застройщиками, поскольку

территориальная разобщенность участников создает дополнительные риски нарушения сроков строительства.

На границе этих контуров возрастает вероятность рассогласования календарно-сетевых графиков с фактическими сроками поступления ресурсов, появления разрывов по комплектации и вынужденной корректировки номенклатуры, что трансформируется в дополнительные затраты на координацию, ускорение поставок и поддержание запасов, а также в потери эффективности, связанные с простоем работ и перераспределением ресурсов между объектами.

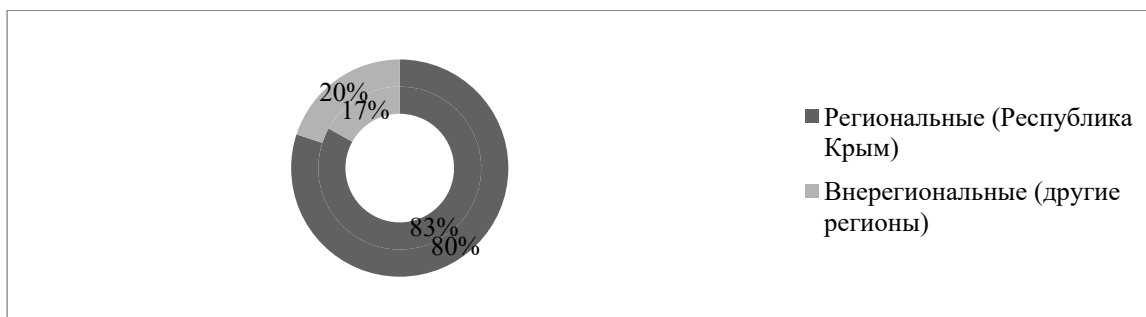


Рисунок 2.24 – Структура региональной принадлежности подрядчиков, осуществляющих строительство на территории Республики Крым, % (внешний круг – доля по площади, внутренний круг – доля по количеству)

Распределение девелоперов в Севастополе задает достаточно плотную управленческую картину для цепей поставок. Тут при девяти участниках выборки восемь формально локализованы в городе, и на них приходится практически весь объем строителств - 117 тыс. кв. мю из 132, около 88,6%. Основные контуры принятия решений сосредоточены внутри одной административно-экономической среды, где выше вероятность устойчивых повторяющихся связей с подрядчиками, транспортными операторами и поставщиками базовой номенклатуры. Одновременно присутствие одного внерегионального девелопера с заметной долей по площади, 15 тыс. кв. м, около 11,4%, создает отдельный канал межрегиональной координации: часть закупок и договорных процедур может опираться на внешние производственные базы и корпоративные регламенты, что повышает чувствительность цепи ко всем ключевым параметрам функционирования.

Исследованные и проанализированные выше материалы по субъектам округа, рассмотренные в единой процедуре сопоставления, позволяют увидеть, что территориальная структура девелоперского поля задает различающиеся режимы формирования и прохождения потоков ресурсов. В ряде регионов количественно преобладают компании, зарегистрированные на территории самого субъекта, однако по площади строительства заметная часть объема оказывается сосредоточенной у организаций с внешней юридической локализацией, в других случаях, напротив, девелоперский контур почти полностью замкнут внутри региона, и тогда ключевым ограничением становится не межрегиональная координация, а емкость местного рынка материалов, транспортных услуг и подрядных компетенций. Когда значимая доля строительного объема обеспечивается компаниями, зарегистрированными за пределами региона реализации проектов, управление поставками приобретает выраженно многоуровневый характер и решения по выбору поставщиков и договорной фиксации условий поставок чаще принимаются в централизованном контуре, нежели на уровне конкретной площадки, а это, в свою очередь, повышает значимость процедур согласования потребности, планирования поставок и контроля исполнения на стыке разных управленческих уровней. Иная картина складывается там, где девелоперский контур преимущественно регионален и межрегиональная составляющая выражена слабее и тут управляемость цепей поставок в большей степени определяется возможностями локального рынка. При заметной доле внерегиональных девелоперов возрастает роль согласования потребности, выбора поставщиков и договорной фиксации условий поставок между региональными звеньями и внешним контуром принятия решений, и именно здесь чаще возникают рассогласования графиков работ и фактического поступления ресурсов, разрывы по комплектации и дополнительные затраты на координацию и поддержание запасов. В ситуации преимущественно регионального контура смещается характер ограничений и устойчивость цепи определяется емкостью локального рынка материалов и услуг, доступностью подрядных компетенций и качеством информационного сопровождения поставок, поскольку возможности замещения контрагентов

обычно ограничены. В результате территориальная принадлежность застройщика выступает аналитическим признаком, позволяющим типологизировать управление цепями поставок в строительстве на смешанные режимы с выраженной межрегиональной координацией и региональные режимы, где критичны внутренние параметры ресурсной базы и операционной синхронизации.

Таким образом, стоит выделить несколько типов построения цепей поставок в зависимости от принадлежности строительной компании и последующих особенностей организации цепей поставок, а именно пять (рис. 2.25, рис. 2.26):

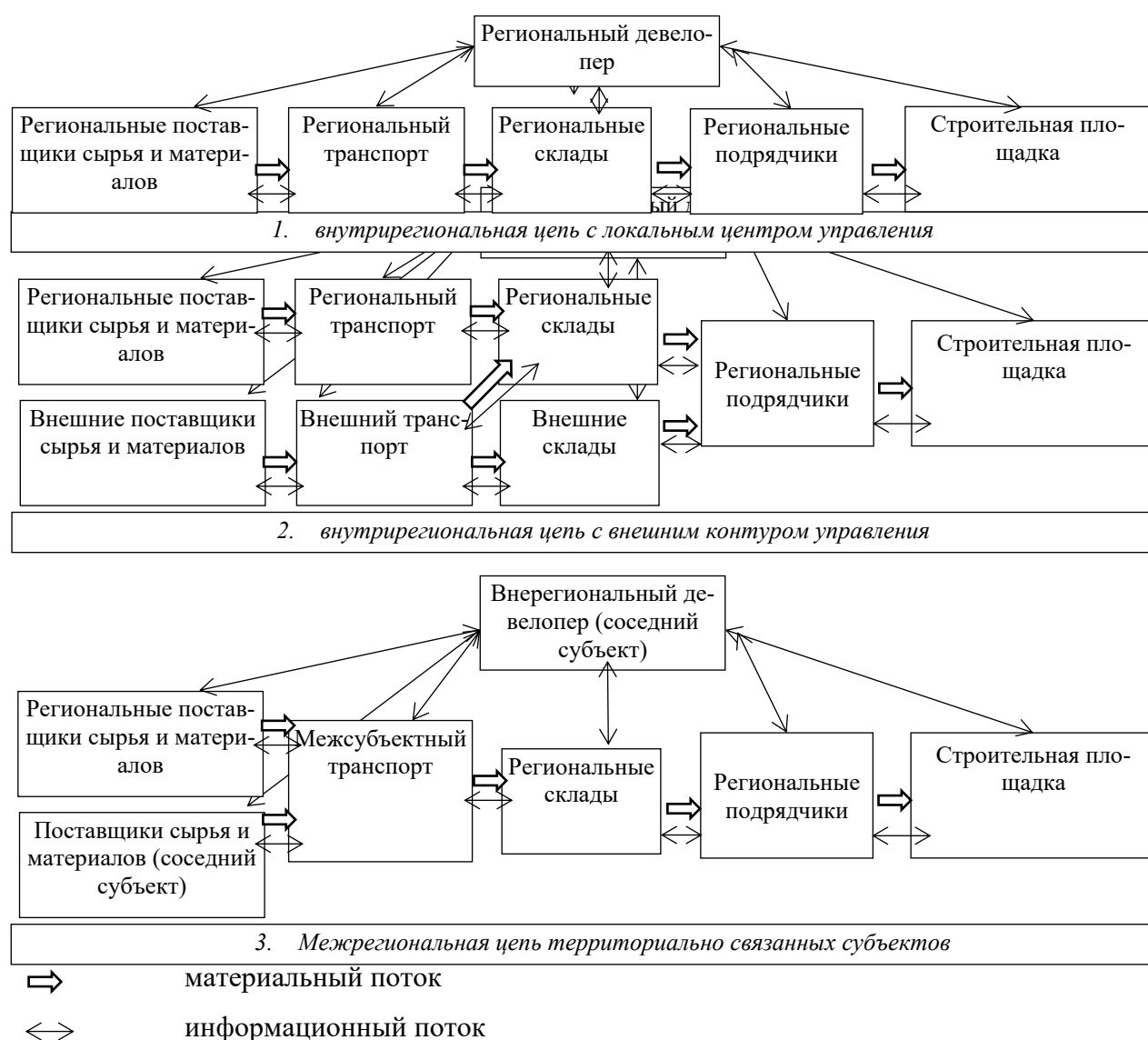
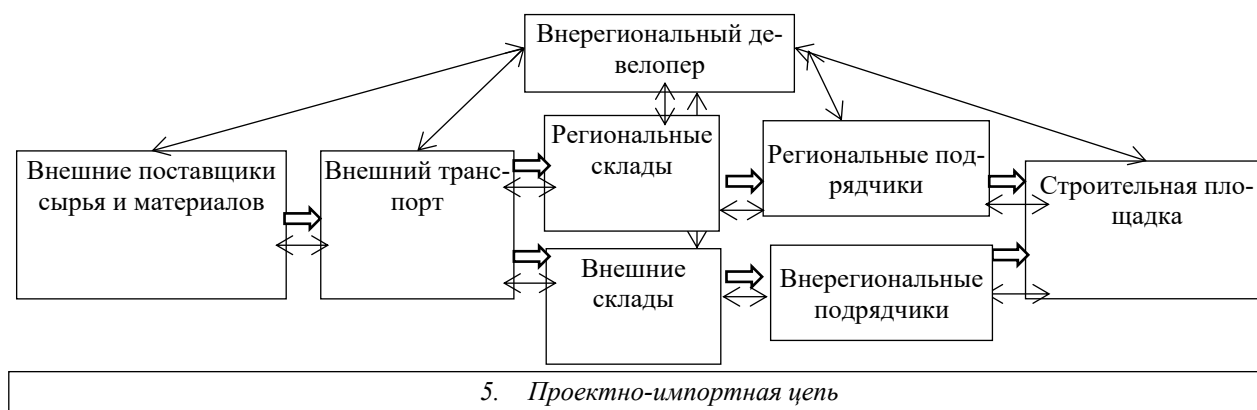
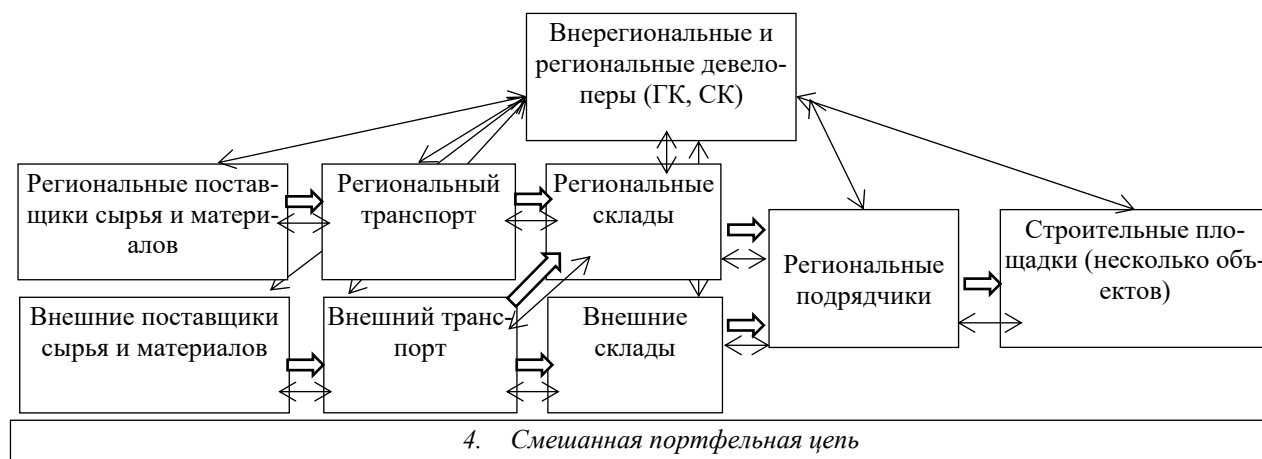


Рисунок 2.25 – Построение цепей поставок для внутрорегиональных и межрегиональных связей

– внутрорегиональная цепь с локальным контуром управления

- внутрирегиональная цепь с внешним контуром управления
- межрегиональная цепь территориально связанных субъектов
- смешанная цепь
- проектно-импортная цепь.



⇒ материальный поток
 ⇔ информационный поток

Рисунок 2.26 – Построение цепей поставок для смешанной и проектно-импортных цепей

Первый тип, представленный в виде внутрирегиональной цепи с локальным центром управления, где девелопер и ключевые функции согласования поставок находятся в регионе реализации проекта, а контуры снабжения преимущественно, собираются на базе региональных поставщиков и подрядчиков, здесь точка напряжения чаще лежит в ограниченности местной ресурсной базы и в необходимости поддерживать ритм поставок при узком поле замещения контрагентов. Внутрирегиональная цепь с внешним центром управления, как

представленный второй тип реализуется, когда объект строится в регионе, но управленческий контур локализован вне региона, тогда поставки могут идти локально и межрегионально, однако ключевым становится не расстояние, а качество сопряжения процедур планирования потребности и подтверждения поставок между площадкой и внешним центром согласования.

Третий тип, межрегиональная цепь территориально связанных субъектов — это условная агломерация на уровне регионов, где управленческий центр и часть контрагентов закреплены в соседнем регионе, а снабжение организуется через устойчивые маршруты и распределительные узлы ближайшего макро-рынка. В такой конфигурации усиливается роль транспортной связанности и согласования календаря поставок с режимами работы логистической инфраструктуры соседнего субъекта.

Смешанная портфельная цепь формируется, когда в пределах одного региона одновременно работают несколько девелоперов с разной локализацией управленческих центров, и в результате региональная строительная система включает параллельные внутренние и внешние цепи, конкурирующие за одни и те же мощности поставщиков, транспорта и складов. Здесь критичны эффекты конкуренции за ресурсы и перераспределение потоков в периоды пикового спроса.

Последний вид, проектно-импортная цепь, характеризуется тем, что значимая часть материалов и оборудования не может быть закрыта локальным рынком и по определению поступает извне, поэтому управление концентрируется на буферизации запасов, точности спецификаций и контроле сроков поставки по критическим позициям, влияющим на технологическую последовательность работ.

Таблица 2.7 – Характеристика потоковых процессов типологии цепей поставок в строительстве

Тип цепи поставок	Движение потоков
Внутрирегиональная с локальным центром управления	Материальные потоки преимущественно короткоплечевые, с частыми поставками малыми или средними партиями, информационные потоки замкнуты в региональной сети, скорость согласований выше, но чувствительность к ошибкам учета на площадке выше, финансовые потоки чаще распределены между множеством

	локальных контрагентов, усиливается роль платежной дисциплины по мелким поставкам
Внутрирегиональная с внешним центром управления	Материальные потоки приобретают смешанный характер: критические позиции чаще идут межрегионально, массовая номенклатура может закрываться локально информационные потоки более формализованы регламентами и согласованиями, риск рассогласования графика работ и сроков поставок выше финансовые потоки часто укрупнены и централизованы, но возрастает стоимость координации и требования к прозрачности исполнения по срокам
Межрегиональная цепь территориально связанных субъектов (условная агломерация связанных субъектов)	Материальные потоки устойчиво межрегиональны, но с относительно коротким плечом и высокой частотой рейсов информационные потоки двуцентровые с частью согласований вне региона, критично точное планирование окон поставки и разгрузки финансовые потоки распределяются между базовым и локальным рынками, усиливается значение единых правил по качеству, приемке и закрывающим документам
Смешанная портфельная цепь (несколько управленческих контуров в одном регионе)	Материальные потоки разнонаправленные и часто конфликтуют за инфраструктурные ресурсы, такие как. окна доставки, складские мощности, подрядные бригады, а информационные потоки неоднородны по уровню формализации, возрастает вероятность несинхронности планов поставок между проектами финансовые потоки могут вытеснять малых контрагентов и предпочитать крупных подрядчиков, что влияет на устойчивость локального сегмента поставщиков
Проектно-импортная цепь (вынужденная межрегиональность)	Материальные потоки по критическим позициям идут длиннее и менее гибко, поэтому требуется буферизация и раннее планирование информационные потоки должны быть максимально точными по спецификациям и комплектности финансовые потоки по специализированным поставкам более концентрированы и чувствительны к изменениям цен, сроков, возрастает значимость графиков оплат и гарантий качества

В строительном комплексе управление цепями поставок становится механизмом согласования проектной логики инвестиционно-строительного процесса с логикой движения материальных, а в целом материально-технических ресурсов, услуг субподрядчиков и производственных мощностей, что логично объясняется отраслевыми особенностями: территориальной разобщенностью участников и площадок, высокой материалоемкостью, широким ассортиментом материалов с различными требованиями к хранению, значительным числом участников инвестиционного процесса и множественностью альтернатив по поставщикам и видам транспорта, что делает проектирование управления цепями поставок вариативным и сетевым по своей природе [106]. В такой конфигурации ключевая стратегическая развилка проявляется между стихийно сложившимися

логистическими связями и целенаправленным формированием цепей поставок как управляемой системы, где объект управления задается не отдельной поставкой, а устойчивостью и синхронностью потоков в течение всего жизненного цикла проекта. Так, если рассматривать стратегии управления цепями поставок в строительном комплексе как совокупность управленческих контуров, то базовым становится контур структурирования цепи, где наиболее адекватной отраслевой спецификой выступает сетевая модель цепи поставок: она позволяет держать одновременно многоканальность ресурсного обеспечения, параллельность работ, проектную уникальность объектов и неритмичность потоков, характерную для строительства [174].

На этом уровне стратегия фактически сводится к тому, как именно будет задана архитектура взаимодействий с поставщиками ресурсов, подрядчиками и субподрядчиками, арендодателями техники, транспортными операторами, складской инфраструктурой, какие узлы цепи станут точками концентрации решений и как будет выстроена координация в условиях неполной информации и разнесенной ответственности. В качестве методической основы здесь часто берут модель Supply Chain Operations Reference (SCOR), которая является эталонной моделью операций цепи поставок), как каркас для детализации метрик и адаптации показателей формируется под специфику реализуемой бизнес-модели и проектно-процессной природы строительной деятельности. Второй блок стратегий связан с целевым профилем управления потоками, где в строительной фирме типично конкурируют, с одной стороны, через ориентации на удержание затрат движения экономических потоков, материалов, трудовых ресурсов, техники, а с другой, проявляется ориентация на повышение гибкости реагирования на запросы заказчика и изменение характеристик объекта на разных этапах проекта. На практике это означает, что стратегия по затратам задает жесткие ограничения на логистические решения, требуя организацию продвижения потоков так, чтобы не превышался достигнутый уровень издержек, тогда как стратегия усиления взаимодействия с потребителем ожидает способности быстро формировать новые материальные и трудовые потоки и, по сути, переносит акцент в

сторону управляемой вариативности цепи. Важно, что в строительстве эти стратегии существуют сопричастно и взаимосвязанно и сокращение сроков ввода объекта нередко становится формой неценовой конкуренции и вынуждает принимать управленческие решения в зоне компромисса срока, стоимости и надежности, где даже допустимое увеличение издержек может быть рационализировано через экономику проекта [83]. Третья группа стратегий, а именно измерительно-контрольный подход, является необходимым элементом системы управления, поскольку в условиях дискретных, стохастических и неритмичных логистических потоков, характерных для строительной отрасли, отклонения на отдельных этапах цепи поставок напрямую приводят к увеличению совокупной стоимости реализации проекта и нарушению графика строительных работ. При отсутствии имплементированных инструментов диагностики и оценки такие процессы утрачивают управляемость и смещаются в плоскость реагирования на последствия, а не предотвращения причин, смещая логику стратегического управления к построению системы показателей, которая одновременно чувствительна к изменению параметров цепи, позволяет выявлять направленность влияния параметров на итоговую эффективность и выделяет элементы и процессы цепи, оказывающие наиболее существенное воздействие на результат [178]. В прикладной плоскости это проявляется в использовании метрик, ориентированных на эффективность внутренних бизнес-процессов, в том числе через Balanced Scorecard (BSC), сбалансированную систему показателей, а также в оценке отдачи от инвестиций в логистические активы через показатели окупаемости и прибыльности, сопрягаемые с динамикой деловой активности.

Стратегии, связанные с управлением строительной логистикой как пространственно-временной системы, в которых ограниченные характеристики строительной площадки, пересечение материальных и технологических потоков, а также необходимость синхронизации поставок с ходом производственных процессов, обуславливают повышенные требования к координации логистических операций по параметрам номенклатуры и сроков и по способу размещения и способу перемещения ресурсов в пределах объекта. Building Information Modelling

(BIM), информационное моделирование зданий в формате 4D BIM, BIM с временным измерением, здесь выступает инструментом стратегического управления производственной логистикой на площадке и применяется для формирования трехмерных планов размещения, четырехмерной координации процессов и общего оборудования, актуализации логистического плана по мере хода проекта и организации совместной координации на базе BIM-моделей, что, по оценкам практиков, повышает безопасность, понятность логистической информации и общую эффективность организации работ. Одновременно исследования фиксируют типичный барьер реализации этой стратегии в недостатке обучения и мотивационных механизмов внедрения, а также в разрыве понимания в коллективах, где часть специалистов продолжает опираться на 2D-документы и привычные схемы работы, что снижает фактическую отдачу от 4D-координации при формально декларируемой цифровизации [214].

Организационно-инфраструктурные стратегии в городской среде, где стоимость строительных материалов составляет значимую долю издержек, а пространственные ограничения и внешние эффекты перевозок, например, перегрузка улично-дорожной сети, выбросы, шум, риски аварийности, усиливают требования к умной логистике [218] нередко опираются на Construction Consolidation Center (CCC), строительный консолидационный центр и на Decision Support System (DSS), систему поддержки принятия решений, позволяющую сравнивать сценарии ограничений по типам транспорта и организации консолидации по набору операционных, экологических и социально-медицинских индикаторов, переводя обсуждение мер из уровня общих предпочтений в режим доказательного выбора. Существенно, что здесь объект управления расширяется и помимо интересов строительной компании появляются цели муниципальных и общественных стейкхолдеров, и стратегическое управление ЦП приобретает многокритериальный характер.

Наконец, самостоятельным направлением становится стратегия замыкания потоков в строительстве, в которых управление цепями поставок выходит на уровень замкнутой цепи поставок и обратной, реверсивной логистики и

содержание уже переходит к системной организации возвратных потоков материалов и компонентов из объектов, подлежащих демонтажу, реновации, с их последующим повторным использованием, переработкой или вовлечением на вторичные рынки [219]. Рассмотренные автором исследования указывают, что, несмотря на формируемый интерес к повторному использованию строительных материалов, отрасль в большинстве случаев не располагает интегрированной системой обратной логистики, сопряженной с традиционной прямой логистической инфраструктурой и в этих условиях разработка стратегии в сфере возвратных потоков требует не нормативных деклараций, а четкого проектирования распределения функций между участниками, регламентов по демонтажу и отбору пригодных ресурсов, инфраструктурных решений по их сбору и обработке, а также механизмов включения вторичных материальных потоков в цепи поставок новых проектов.

Если собрать предложенные стратегии в единую логику, то управление цепями поставок в строительном комплексе рационально трактовать как систему согласования сетевой структуры участников, целевого профиля «стоимость – срок – сервис», измерительного контура показателей, информационно-координационного контура на базе BIM-подходов и инфраструктурно-экологического контура CCC и DSS, дополняемую контуром обратной логистики, где устойчивость цепи обеспечивается не одной лучшей практикой, а связностью решений на уровнях проекта, организации и территории (табл. 2.8).

Таблица 2.8 – Ключевые современные концепции управления цепями поставок в строительстве

Уровень стратегии управления цепями поставок в строительном комплексе	Управленческий фокус	Ключевые характеристики уровня
1. Структурирование цепи и архитектуры взаимодействия [178]	Проектирование конфигурации цепи поставок как сети	Сетевая модель цепи поставок соответствует специфике строительства адаптация эталонной модели операций цепи поставок под бизнес-модель и отраслевую логику учет дискретных, неритмичных потоков и территориальной рассредоточенности объектов

	участников и связей	
2. Целевой профиль стратегии (выбор логики конкуренции цепи) [83]	Баланс стоимость–сервис–срок как управленческая доминанта	Стратегический выбор между бережливой стратегией управления затратами и снижения стоимости, динамической стратегией с максимизацией удовлетворенности потребителей, стратегией интеграции с кооперацией между звеньями цепи, обмене информацией и ресурсами эффект ожидается в снижении издержек и рост качества, а также в сокращении сроков
3. Измерительно-контрольный контур эффективности [178]	Управляемость через показатели и обратную связь	Чувствительность показателей к параметрам цепи выявление направленности и степени влияния параметров выделение элементов, процессов, наиболее влияющих на результат оценка затрат, функций и итоговой эффективности, в том числе по модели Дюпона
4. Пространственно-временная координация логистики стройплощадки [214]	Синхронизация поставок, размещения и фронтов работ в месте и времени	Применение BIM для строительной логистики основные применения для 3D-планов размещения, 4D-координации процессов и общих ресурсов, обновления логистического плана по мере хода проекта, совместной координация эффекты, а именно повышения безопасности, понимания логистической информации, эффективности на площадке барьеры, недостаток обучения, мотивации и разрыв понимания у персонала
5. Инфраструктурно-городская стратегия, строительная логистика в городе [218]	Снижение издержек и внешних эффектов городских поставок при дефиците пространства на площадке	Высокая доля, до 30-40%, материалов в стоимости строительства ограниченность пространства необходимость мер со стороны публичных и частных участников применение системы поддержки принятия решений для доказательного выбора мер логика консолидации поставок через строительный консолидационный центр
6. Замыкание потоков: обратная логистика и замкнутые цепи [219]	Организация возвратных потоков и повторного использования ресурсов	Переход от прямой цепи к практике закрытого цикла управление потоками материалов при демонтаже, реновации увязка проектных решений с возможностью извлечения, повторного использования потребность в интеграции дизайна под обратную логистику и сбор информации по материалам

Концептуализируя направление исследования, автору кажется необходимым выделить базовые классические стратегии управления, которые показывают свою эффективность в строительной отрасли, агрегируя их в смысловые группы, к одной из которых можно отнести «точно в срок» и его более позднюю трансформацию в бережливое производство, фокус которых концентрируется на устранении потерь, сокращении бесполезных операций, снижение буферных запасов и выравнивание потоков поставок под производственный ритм работ, а

эффект достигается за счет стандартизации операций и более строгой синхронизации поставок с календарно-сетевым планом. Стратегия интеграции через модели проектной кооперации, направленные на интеграцию цепи, обеспечивается инструментами планирования и контрактно-организационными механизмами совместного принятия решений, распределения рисков и выстраивания устойчивых отношений между заказчиком, генподрядчиком и ключевыми поставщиками, так как именно качество отношений в цепи способно определять итоговую результативность системы реализации проекта. Отдельным направлением обоснованно выделить стратегию развития базы поставщиков и организованного сознательного инвестирования в подтягивание поставщиков по качеству, срокам, дисциплине поставок и совместимости процессов, рассматривая это как вход в полноценное управление цепями поставок в строительстве. Как самостоятельная группа выделяется и стратегия управления запасами и снабжением через перераспределение ответственности за пополнение, применяемая для мелкоштучной номенклатуры и регулярных потребностей, когда поставщик берет на себя поддержание целевых уровней запасов у строительной организации, на объекте, преследуя цель снижения транзакционных потерь, дефицитов и организационной нагрузки на площадку. Параллельно этому, особенно в работах последних лет, автор выявил тенденцию оформляется стратегий устойчивости и риск-ориентированного управления цепью, где ключевые решения описываются как механизмы восстановления и варианты защиты, а также как методы формального учета неопределенности. И, разумеется, в научных обзорах последнего десятилетия устойчиво фиксируется зеленая и возвратная стратегия управления цепями поставок строительства, где фокус переносится на устойчивые закупки, управление воздействиями на жизненном цикле, снижение отходов и выбросов, а также на координацию участников по экологическим критериям эффективности.

Полученные результаты авторского исследования раскрывают суть управляемости цепей поставок в строительном комплексе через согласованность субъектной конфигурации, внутри которой формируются и проходят материальные и информационные потоки. Территориальная принадлежность застройщиков и

распределение объемов строительства между региональными и внерегиональными участниками выступают устойчивыми маркерами локализации центров принятия решений и, как следствие, различий в логике формирования номенклатуры, режимов обеспечения и способов увязки поставок с календарно-сетевой моделью работ. В исследованных выборках фиксируется характерная асимметрия между численностью компаний и концентрацией площади, вследствие чего ключевые параметры ресурсного обеспечения нередко задаются теми участниками, которые не составляют большинство по количеству, но определяют основной объем строительства, тем самым усложняя сопряжение процедур планирования потребности, выбора поставщиков и подрядчиков, согласования условий поставок и оперативной диспетчеризации. Наиболее чувствительная зона отклонений формируется на стыке проектного графика и фактического движения ресурсов, в которой проявляются разрывы по срокам и комплектности, возрастает потребность в заменах номенклатуры, ускорениях и поддержании запасов, а транзакционные затраты координации начинают оказывать прямое влияние на стоимость и длительность реализации проектов. В результате проведенная авторская типологизация цепей поставок по признакам территориальной локализации управленческого центра и структуры участников позволяет обоснованно различать режимы, где доминируют внутрирегиональные связи и ограничения локальной ресурсной базы, и режимы, в которых значимую роль играют межрегиональные каналы и требования к согласованию решений между различными управленческими контурами именно это различие задает рамку для выбора и обоснования стратегий управления цепями поставок в строительстве и определяет, какие механизмы обеспечивают устойчивость календаря работ и снижение потерь на стыках снабжения и выполнения строительно-монтажных работ.

2.3 Стратегические приоритеты организации логистической экосистемы поставок

С развитием цифровой экономики меняются принципы организации межфирменного взаимодействия и все большее распространение получают бизнес-

экосистемы, объединяющие предприятия различных отраслей на основе общих экономических интересов и взаимодополняющих компетенций. В центре данной концепции находится совместное создание ценности, выходящее за пределы деятельности отдельной компании, в котором участники экосистемы сохраняют хозяйственную самостоятельность, используя возможности кооперации для разработки продуктов и услуг, отвечающих комплексным потребностям потребителей. Для строительного комплекса, реализация проектов в котором изначально зависит от согласованной работы множества организаций, различающихся по специализации, ресурсным возможностям и характеру участия в производственном процессе, такой подход имеет потенциал. Современный этап развития строительства характеризуется существенными изменениями организационных и технологических условий хозяйственной деятельности, связанными с цифровой трансформацией, повышением требований к устойчивому развитию и усложнением сложившихся форм межфирменного взаимодействия. В этих обстоятельствах обращение к экосистемной модели видится автору закономерным направлением эволюции организационных структур, поскольку позволяет рассматривать кооперацию, совместное формирование ценности и адаптацию к изменениям внешней среды в пределах единой системы экономических отношений, а непосредственное перенесение концептуальных положений бизнес-экосистем, первоначально получивших развитие преимущественно в высокотехнологичных отраслях, на строительное производство требует учета его отраслевой специфики проектного характера организации деятельности, при котором состав участников и содержание возникающих между ними взаимосвязей определяются особенностями конкретного объекта, а взаимодействие осуществляется на протяжении всего его жизненного цикла. Рассмотренное обстоятельство, как видится автору, во многом определяет специфику формирования экосистемных структур в строительном комплексе.

В строительном комплексе становление экосистемных форм организации хозяйственной деятельности обнаруживает существенные отличия от процессов, характерных для отраслей, в которых интеграция участников осуществляется

преимущественно вокруг цифровых платформ и сервисных инфраструктур, в частности информационных технологий и розничной торговли. Исторически сложившаяся фрагментированность строительного производства, территориальная закреплённость объектов и проектный характер межорганизационных взаимодействий обусловили преобладание сравнительно локализованных форм кооперации, представленных отраслевыми кластерами, временными проектными альянсами, объединениями подрядных организаций и поставщиков материально-технических ресурсов, из-за чего непосредственное распространение существующих теоретических представлений о бизнес-экосистемах на строительную отрасль представляется методологически недостаточным без соответствующего уточнения понятийного аппарата и подходов к оценке экосистемных конфигураций, особенно с учетом цифровизации процессов проектирования, материально-технического снабжения, непосредственного строительства и последующей эксплуатации объектов. Несмотря на это накопленные научные разработки, затрагивающие отдельные аспекты цифровой трансформации строительного производства и организационных механизмов кооперации, пока не позволяют говорить о достаточной разработанности целостного подхода к исследованию отраслевых бизнес-экосистем, что, в свою очередь, определяет необходимость более последовательного рассмотрения условий их формирования и функционирования, выделения характерных признаков, систематизации существующих организационных моделей и оценки возможностей применения экосистемного подхода в строительном комплексе в условиях продолжающихся цифровых преобразований.

Первоначально сформировавшееся в биологической науке понятие экосистемы получило экономическую интерпретацию в работе Джеймса Ф. Мура, опубликованной в 1993 году [227], в которой предложенное им понимание бизнеса предполагало обращение к представлению о динамически развивающемся сообществе взаимосвязанных хозяйствующих субъектов, деятельность которых осуществляется в условиях взаимной зависимости и определенного единства процессов создания ценности, тем самым в научный оборот была введена

концептуальная модель, позволяющая рассматривать организацию экономических взаимодействий за пределами традиционных границ отдельной фирмы. Множественность самостоятельных участников, различающихся по функциональной специализации, располагаемым ресурсам и характеру возникающих между ними зависимостей, закономерно обусловила развитие исследований, направленных на классификацию бизнес-экосистем.

Но все же существующие подходы к их типологизации не обнаруживают единства в выборе исходных оснований разграничения и в одних случаях определяющее значение придается архитектуре создания ценности, в других, распределению управленческих полномочий и степени централизации ресурсов, тогда как отдельное направление исследований исходит из особенностей организации взаимодействий между участниками. Среди предложенных классификационных подходов представляется целесообразным подробнее рассмотреть следующие. Значительный интерес в этой связи представляет типология Ж. Кенига [224], в основу которой положено положение о многообразии организационных конфигураций бизнес-экосистем и, соответственно, отсутствии единой универсальной модели их построения. Разграничение экосистем автор осуществляет через два классификационных измерения, первое из которых объясняет распределение контроля над ключевыми ресурсами в диапазоне от централизованной до децентрализованной организации, тогда как второе отражает характер взаимозависимости участников, предполагающий различие прямых и косвенных взаимодействий с учетом их множественности. Сочетание этих характеристик позволяет автору выделить четыре типа бизнес-экосистем в контексте организации:

1. Система поставки представляет собой централизованную конфигурацию бизнес-экосистемы, в пределах которой контроль над ключевыми ресурсами сосредоточивается у ведущего хозяйствующего субъекта, определяющего состав участников и основные направления их взаимодействия. Такая модель предполагает формирование сравнительно ограниченного круга партнеров, привлекаемых центральной компанией для реализации общей стратегии, причем распределение функциональных ролей и ответственности осуществляется

преимущественно посредством механизмов иерархической координации. В этом отношении система поставки обнаруживает существенное сходство с традиционными цепями создания стоимости, характерными, в частности, для автомобильной промышленности, где ведущая организация определяет архитектуру взаимодействий, закрепляя за отдельными контрагентами выполнение заранее установленных операций, и здесь высокая степень централизации управленческих решений, обеспечивая относительную предсказуемость и согласованность деятельности участников, способна ограничивать инновационный потенциал экосистемы и вследствие институционального разграничения функций формирования стратегического замысла, сохраняемых за центральным актором, и непосредственного исполнения, возлагаемого на партнерские организации. Такое распределение полномочий ограничивает возможности совместной разработки инноваций, потому что создание ценности в данной модели строится преимущественно на вертикальных связях, что способствует повышению операционной эффективности, но снижает гибкость системы при технологических и организационных изменениях.

2. Платформенная экосистема также предполагает централизованный контроль над ключевыми ресурсами, однако отличается большей открытостью для независимых участников. Центральная организация владеет платформой или управляет ее инфраструктурой, предоставляя партнерам доступ на основе установленных правил и технических стандартов, а за участниками сохраняются самостоятельность в разработке продуктов, оказании услуг и выборе направлений инновационной деятельности. Таким образом, централизованное управление инфраструктурой сочетается с децентрализованным принятием решений в рамках общей платформы, соответствуя модульной структуре создания ценности, предполагающей функциональную обособленность отдельных компонентов при сохранении возможности их технологического сопряжения посредством стандартизированных интерфейсов, в результате чего формируется система, в которой централизованное управление базовой инфраструктурой сочетается с децентрализованным характером разработки дополнительных решений, а

множественность независимых участников становится одним из условий расширения функциональных возможностей экосистемы. Такая организационная логика получила широкое распространение в современных цифровых экосистемах, развитие которых во многом определяется возможностями подключения новых участников и интеграции создаваемых ими продуктов и сервисов.

3. Так называемые в профильной литературе, сообщества судьбы относятся к децентрализованным организационным конфигурациям, объединяющим сравнительно ограниченное число участников, взаимозависимость которых формируется вне отношений исключительного контроля над ключевыми ресурсами. Основанием возникновения таких объединений выступает общность обстоятельств, интересов либо стратегических ориентиров, обусловленная территориальной принадлежностью, отраслевой специализацией или наличием общей цели, достижение которой предполагает необходимость устойчивого взаимодействия самостоятельных организаций. Отсутствие единого управляющего центра, однако, не означает полного равенства фактического влияния участников и некоторые организации все еще могут занимать более значимое положение вследствие располагаемых компетенций, ресурсов или характера выполняемых функций, тогда как принятие решений и поддержание кооперационных связей осуществляются преимущественно на коллективной основе. В таких экосистемах механизмы неформальной координации, основанные на взаимном доверии, разделяемых нормах поведения и признании общности долгосрочных интересов, носят особую функцию. Архитектура создания ценности в данном случае отличается меньшей определенностью функциональных границ, поскольку результаты взаимодействия формируются посредством взаимодополняющего вклада участников, а устойчивость объединения непосредственно зависит от сохранения условий сотрудничества, при этом инновационный потенциал подобных сообществ характеризуется определенной противоречивостью: сложившиеся отношения способны создавать благоприятную среду для совместной разработки новых решений, однако возникающие изменения могут встречать сопротивление, если их реализация нарушает существующее распределение интересов и

установившийся организационный баланс. Таким образом, сообщества судьбы представляют собой сетевую форму кооперации, в которой воспроизводство межорганизационных связей обеспечивается преимущественно долгосрочной взаимной заинтересованностью и многосторонним характером взаимодействий.

4. Расширяющиеся сообщества по Кенингу характеризуются децентрализованной организацией взаимодействий при значительной численности участников, объединяемых возможностью использования общего ресурса, инфраструктуры либо системы стандартов, доступ к которым не предполагает исключительного владения со стороны отдельной организации. В отличие от ранее перечисленных конфигураций с ограниченным составом участников, подобные экосистемы ориентированы на относительно свободное расширение сообщества, вследствие чего условия присоединения новых субъектов определяются преимущественно соблюдением установленных правил совместимости и участия. Организационная структура расширяющихся сообществ, согласно типологии Ж. Кенинга, характеризуется отсутствием централизованного координатора и пуловой формой взаимозависимости, при которой многочисленные участники осуществляют деятельность на основе общих ресурсов, сохраняя самостоятельность принимаемых решений [224]. Создание ценности здесь характеризует эмерджентный характер, поскольку совокупный результат формируется посредством распределенного вклада множества хозяйствующих субъектов, использующих существующую инфраструктуру и одновременно участвующих в ее дальнейшем развитии. Устойчивость таких структур зависит от наличия общих правил взаимодействия, единых стандартов совместимости и механизмов коллективного регулирования. В отсутствие централизованного управления их соблюдение становится необходимым условием сохранения общих ресурсов и стабильной работы экосистемы. По своей организации данная модель близка к открытой бизнес-экосистеме, развитие которой происходит за счет привлечения новых участников и использования внешних инноваций, а ее гибкость и возможности дальнейшего расширения определяются способностью участников совместно поддерживать

принятые стандарты, распределяя ответственность и согласовывая решения без единого управляющего центра.

В 2019 году консалтинговая компания Boston Consulting Group провела крупное исследование более 40 бизнес-экосистем и предложила более прикладной, но ставший популярным в академических кругах подход, делящий бизнес-экосистемы на два основных типа. По данным BCG, первым являются экосистемы решений, формируемые вокруг предоставления комплексного продукта, решения пользователю через координацию нескольких компаний, где имеется ядро, выполняющее роль оркестратора, который объединяет нескольких комплементарных партнеров для совместного создания конечного продукта или услуги. Альтернативой являются транзакционные экосистемы, где на первый план выходит цифровая платформа, связывающая две или более стороны рынка для совершения транзакций, управляемые платформенной компанией, предоставляющей общую инфраструктуру для множества внешних участников. Если экосистема решений похожа на вертикально интегрированную партнерскую сеть, то экосистема транзакций, скорее тяготеет к горизонтальной платформе, открытой для широкого круга партнеров. В терминах архитектуры ценности, решение-ориентированная экосистема создает ценность через глубокую интеграцию дополняющих активов, а транзакционная через агрегацию множества участников и облегчение между ними обмена. Деления BCG описывает структурные особенности экосистем как отличные от классических иерархий или рынков. Обследовав более 40 экосистем, подчеркивается модульность экосистем, где компоненты предложения могут разрабатываться независимо разными участниками, но должны стыковаться в единое целое для клиента. Экосистемы предполагают многосторонние отношения: взаимодействия не сводимы к сумме парных контрактов, поскольку, например, платформа электронной коммерции одновременно координирует продавцов, покупателей, службы доставки, платежные системы и проч., формируя сложную сеть, что генерирует особые механизмы координации вместо прямого командно-контрольного управления через введение общих стандартов, правил и процессов, обеспечивающих согласованность

действий множества независимых участников, делая степень открытости экосистемы становится важным отличительным фактором, при влиянии которого закрытые экосистемы ограничивают круг участников и жестко контролируются одним владельцем, тогда как открытые экосистемы допускают сторонних партнеров на базе публично объявленных, недискриминационных критериев участия.

Переходя к раскрытию отечественного вклада в развитие теории типологий экосистем, отметим, что Банк России в 2021 г. предложил регуляторно разделять доминирующие экосистемы на закрытые и открытые, где открытая представлена платформой с публичными и равными правилами доступа для внешних сервисов, с учетом того, что признак открытости или закрытости пересекается с другими типологиями расширенные экосистемы по своей природе более открыты, тогда как системы поставки закрыты и эксклюзивны.

Исходя из представленной логики автору видится логичным трактовать логистической экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе как развертывание устойчивой сети взаимосвязанных участников и подсистем, в которой материальные, информационные, финансовые и трудовые, а также сервисные потоки управляются согласованно и в привязке к технологической структуре строительного процесса, так строительный комплекс проявляется как многоузловая производственно-сбытовая среда, в которой строительные объекты, предприятия стройиндустрии и поставщики ресурсов, транспортные и складские звенья, подрядные организации, а также внешние ограничения городской среды и регуляторные требования, которые задают коридор допустимых решений по поставкам, хранению и перемещению материалов [135]. Экосистемный подход здесь важен, по мнению автора, именно тем, что позволяет рассматривать обеспечение стройки ресурсами как систему межсистемных связей, а не как сумму разрозненных закупок и перевозок: любое несогласование графика работ, поставок и складирования трансформируется в простои, лишние перемещения, повреждения материалов и рост косвенных затрат, что напрямую сказывается на сроках и качестве исполнения.

Как отмечают исследователи Кулапов М.Н., Переверзева Е.И. и Кириллова О.Ю., бизнес-экосистемы представляют собой динамичные формы кооперации, сочетающие институциональную гибкость с цифровыми возможностями взаимодействия [96]. Применительно к строительной отрасли наиболее адаптированной является модель интегрированной экосистемы, в которой взаимодействие осуществляется между девелоперами, проектировщиками, подрядчиками, поставщиками и регулирующими органами на основе цифровых платформ и унифицированных процедур. В работе Исаевой А.Э. и Воронова А.С. же подчеркивается, что цифровизация в строительной сфере способствует усилению горизонтальных связей и переходу от иерархических моделей управления к сетевым формам кооперации. Это предполагает изменение принципов координации участников – от контрактной дисциплины к институционализированному обмену данными и интеграции процессов через цифровые ядра [68].

Исходя из отраслевого анализа предыдущего параграфа и исследования теоретических аспектов, автор наблюдает сохранение ряда институциональных барьеров, таких как фрагментарность рынка, преобладание краткосрочных контрактов, слабая цифровизация региональных подрядчиков и ограниченная нормативная поддержка экосистемных форм, так основными ограничителями развития экосистем в строительстве являются отсутствие цифровых стандартов взаимодействия, слабая интеграция логистических звеньев и недостаточный уровень доверия между участниками [17]. Все же, тем не менее в крупных городах, Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, формируются зачатки экосистемных моделей через использование цифровых платформ управления проектами, создание объединений поставщиков, осуществления перехода к модульным архитектурам взаимодействия. Такие элементы отражают потенциал формирования региональных строительных экосистем, что вторит выводам автора о необходимости институционального сопровождения цифровых инициатив [96].

Таким образом, обсуждение текущего исследования показывает, что экосистемный подход в строительстве требует институциональной поддержки, цифровой зрелости участников и согласованности механизмов взаимодействия и

преодоление фрагментации и усиление кооперационных механизмов становится важнейшим направлением развития строительной отрасли в логике устойчивого роста. Автором установлено, что строительные бизнес-экосистемы в российской практике носят преимущественно фрагментарный характер и формируются вокруг девелоперских компаний или крупных подрядчиков, обладающих доступом к капиталоемким ресурсам и взаимодействующих с ограниченным кругом поставщиков и субподрядчиков. При этом характерными чертами выступают: низкий уровень цифровизации взаимодействий, отсутствие сквозных контрактных механизмов и преобладание традиционной линейной модели организации процессов.

В результате контент-анализа отечественной и зарубежной научной литературы автором концептуализированы базовые модели строительных экосистем, формализованные или BIM-центрированные, основанные на совместной цифровой платформе, объединяющей архитекторов, проектировщиков, подрядчиков и заказчиков в едином цифровом пространстве преобладающие в международной практике и поддерживаются механизмами распределения ответственности по жизненному циклу проекта. Контрактные или сетевые, возникающие вокруг долгосрочных соглашений между ключевыми участниками рынка, при этом основа взаимодействия остается нецифровой, характерные для региональных кластеров в России, где застройщики кооперируются с локальными поставщиками без цифровой интеграции. Наконец, цифрово-финансовые, также платформенные экосистемы, организуемые крупнейшими застройщиками или холдингами, имеющими собственные цифровые решения, логистические цепочки и финансовые сервисы. Примером может служить группа «ПИК», развивающая внутреннюю экосистему поставок, логистики и сервисов, включая страхование и технадзор.

Сравнительный анализ этих моделей выявил различия по уровню цифровой интеграции, автономии участников, горизонт кооперации и институциональная зрелость. В соответствии с рассмотренным подходом Кулапова М.Н. и соавторов, только модели, сочетающие наличие цифрового ядра, распределенную архитектуру взаимодействий и контрактную устойчивость, могут быть отнесены к

зрелым экосистемным структурам [96], а в регионах с высокой концентрацией строительных активов наблюдаются отдельные элементы экосистемного подхода, цифровое управление проектами, координация поставщиков через платформенные инструменты и попытки формирования объединений подрядчиков в логике сквозной кооперации, однако, такие практики не носят массового характера и не сопровождаются нормативной и институциональной поддержкой [60].

Формирующиеся экосистемы остаются слабо связанными с механизмами государственного регулирования, как отмечается Исаевой А.Э. и Вороновым А.С., участие государства в поддержке бизнес-экосистем в строительстве ограничено, что снижает потенциал масштабируемости успешных инициатив [68]. Наконец, обобщение результатов позволило выделить автору признаки зрелой строительной бизнес-экосистемы, на которые видится целесообразным сосредоточиться:

- наличие единого цифрового ядра (BIM, ERP, CRM)
- институционализированное распределение ролей в том числе через контракты нового типа
- устойчивые горизонтальные связи между участниками, поддерживаемые цифровыми инструментами
- экономическая взаимозависимость, проявляющаяся в совместных инвестиционных и логистических проектах
- вовлечение конечного потребителя в проектирование и эксплуатацию объектов через платформы обратной связи и постгарантийного обслуживания.

Таким образом, результаты научно-отраслевого исследования позволяют утверждать, что развитие строительных бизнес-экосистем в России возможно только при условии формирования цифрового ядра взаимодействия на базе платформ, при институционализации кооперационных связей через долгосрочные контракты и в условиях преодоления барьеров доверия между участниками. Наиболее перспективным представляется путь постепенной интеграции

региональных инициатив в единую архитектуру экосистемного взаимодействия при условии включения государственных механизмов поддержки и развития цифровой инфраструктуры.

Полученные результаты подтверждают возможность и целесообразность перехода от линейной цепочки создания строительной продукции к экосистемной модели, ориентированной на совместное создание ценности, гибкость и устойчивость, а ключевым условием такой трансформации выступает цифровая зрелость участников и наличие институциональных механизмов поддержки долгосрочной кооперации.

Результаты проведенного исследования дают основания рассматривать бизнес-экосистемы в качестве перспективной формы организации хозяйственных взаимодействий в строительном комплексе, развитие которой открывает возможности для преобразования традиционных цепей создания строительной продукции в более устойчивые конфигурации цифровой и институциональной кооперации. Для строительной отрасли, отличающейся разобщенностью участников и проектным характером хозяйственных связей, экосистемный подход открывает возможности для снижения совокупных издержек, сокращения сроков строительства и развития устойчивого межорганизационного взаимодействия. Международный опыт показывает, что формирование подобных структур связано с внедрением цифровых платформ и развитием контрактных отношений, охватывающих весь жизненный цикл строительного объекта. В России экосистемные модели пока развиваются преимущественно в рамках отдельных девелоперских компаний и региональных проектов, и более широкое их распространение требует совершенствования институциональных условий и механизмов координации участников. При этом выбор конкретной модели экосистемной организации зависит от совокупности экономических, технологических и институциональных факторов и требует самостоятельного обоснования, выходящего за рамки настоящего исследования.

Формулирование конкретных научно обоснованных рекомендаций применительно к регионам Южного федерального округа на основании полученных

результатов представляется преждевременным. Хотя указанное ограничение, впрочем, не препятствует рассмотрению инвариантных характеристик архитектуры строительных экосистем, сохраняющих свое значение независимо от особенностей их конкретной организационной конфигурации, но требует ряда условий, к числу которых следует отнести развитие цифровой платформенной инфраструктуры, поддержку региональных кластерных образований, формирование стимулов к долгосрочной межорганизационной кооперации и институциональное закрепление единых стандартов взаимодействия участников строительного комплекса. Такое последовательное развитие указанных механизмов может создать необходимые предпосылки для распространения экосистемных форм управления строительными проектами и, в более отдаленной перспективе, повышения конкурентоспособности отрасли в условиях цифровой трансформации экономики.

3. ИНТЕГРАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПОСТАВОК МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

3.1. Обоснование многоуровневой реализации экосистемных решений в строительном комплексе

В рамках настоящего исследования логистическая система Южного федерального округа рассматривается применительно к строительному комплексу как территориально локализованная, обладающая межрегиональным охватом и выраженной отраслевой принадлежностью макрологистическая система, что, в свою очередь, требует некоторого понятийно-методического уточнения, поскольку с позиций традиционной иерархии экономических систем такая территориально-отраслевая конфигурация формально относится к мезологистическому уровню, но, в то же время, характер возникающих хозяйственных взаимосвязей, а также масштаб ресурсного обеспечения и последствия функционирования выявляют ряд признаков, придающих ей макроэкономическое значение. В первую очередь мы говорим о пространственном масштабе и степени связности логистической инфраструктуры, охватывающей восемь субъектов России, в пределах которых осуществляют деятельность многочисленные производственные, строительные, транспортные, складские и торговые организации, участвующие в рассматриваемой цепи поставок. Их взаимодействие, как отмечалось, сопровождается формированием устойчивых межрегиональных хозяйственных связей, обеспечивающих движение материально-технических ресурсов между различными звеньями строительного комплекса, в то время как именно экономические последствия организации логистических процессов распространяются уже за пределы отдельных предприятий и региональных рынков. Сокращение транзакционных издержек, ускорение товарооборота и повышение эффективности ресурсного обеспечения оказывают влияние на конкурентоспособность территорий, инвестиционную привлекательность округа и совокупные показатели валового регионального продукта входящих в его состав субъектов.

Не менее существенным представляется положение округа в системе межрегиональных и международных товаропотоков. Участие транспортно-логистической инфраструктуры округа в обеспечении внешнеэкономических связей, в том числе в рамках международного транспортного коридора «Север - Юг», обуславливает ее значение для сопряжения локального производства с внешними рынками. Возникающие при этом эффекты приобретают более широкий экономический характер, поскольку развитие отдельных инфраструктурных звеньев способно изменять условия функционирования хозяйственных субъектов, непосредственно с ними не связанных. Особого внимания заслуживает и эмерджентность рассматриваемой системы. Формирование логистических кластеров, развитие совместной инфраструктуры, устойчивых механизмов межорганизационной координации следует рассматривать в качестве результатов системного взаимодействия, которые не могут быть сведены к сумме экономических эффектов отдельных участников. Наконец, сама логистическая система функционирует в условиях двусторонней зависимости от макроэкономической среды, государственная экономическая политика, состояние транспортной инфраструктуры и таможенное регулирование определяют возможности ее развития, тогда как сложившаяся конфигурация логистических связей, в свою очередь, влияет на условия реализации крупных инвестиционных и строительных проектов в пределах округа.

Таким образом, отнесение территориально-отраслевой логистической системы округа к объектам макроэкономического рассмотрения обосновано масштабом межрегиональных взаимодействий и характером возникающих общесистемных эффектов и в принятой исследовательской постановке данное обстоятельство позволяет рассматривать логистику строительного комплекса округа в качестве потенциального объекта экосистемной трансформации, однако обоснованию соответствующих преобразований должно предшествовать определение допустимых форм экосистемной организации, включая модели взаимодействия участников цепей поставок материально-технических ресурсов. В противном случае выбор организационной архитектуры становится ситуативными

ограничивает возможности распространения отдельных управленческих решений на уровень макрорегиона.

Экосистемная трансформация логистики строительного комплекса, предполагающая развитие цифровых механизмов взаимодействия и постепенную конвергенцию внутриорганизационных и межорганизационных процессов участников цепей поставок, требует согласования управленческих решений на нескольких уровнях. Их разграничение обусловлено различиями горизонтов планирования, состава участников, характера принимаемых решений и способов воздействия на материальные потоки, но формирование интегрированного пространства взаимодействий должно осуществляться с учетом основных направлений развития макрологистической системы, независимо от организационной принадлежности отдельных звеньев и ранее рассмотренных во второй главе уровней цепей поставок. Для строительного комплекса данное положение имеет особую значимость ввиду временного характера многих проектных объединений, территориальной обособленности объектов и неоднородности используемых схем материально-технического обеспечения, что логично диктует необходимость разработки единой методической основы формирования логистических экосистем, допускающей вариативность конкретных организационных решений при сохранении общих принципов интеграции и координации.

Вопрос о выделении уровней управления цепями поставок материальных ресурсов строительного производства представляется принципиальным прежде всего с позиций разграничения управленческих воздействий, различающихся по продолжительности планового горизонта и масштабу возникающих экономических последствий. Результативность функционирования цепи при этом определяется согласованностью решений, принимаемых участниками на разных организационных уровнях. Специфика строительного производства исключает возможность рассмотрения материального потока вне календарно-сетевой последовательности выполнения работ и пространственно-технологических ограничений площадки. Нарушение согласованности управленческих контуров проявляется в расхождении между расчетной потребностью в ресурсах и фактической

динамикой их поступления, вследствие чего возникают отклонения от календарных графиков, нарушения комплектности и дополнительные координационные издержки. Уровневое представление позволяет разграничить решения, формируемые в масштабе межорганизационной сети, корпоративного портфеля строительных проектов, отдельного объекта и непосредственно производственной площадки. Такое разграничение необходимо и для последующего определения критериев оценки, поскольку объединение разнородных управленческих задач в пределах единой системы показателей без учета их функциональной принадлежности затрудняет установление причин возникающих отклонений.

На межорганизационном уровне цепь поставок рассматривается в качестве сети самостоятельных хозяйствующих субъектов, деятельность которых осуществляется в общей институциональной и территориальной среде с вопросами устойчивости межфирменных взаимодействий, согласования регламентов, обеспечения совместимости информационных систем и преодоления ограничений доступа к логистической инфраструктуре. Возникающие на границах организаций потери имеют преимущественно системный характер, поскольку их устранение нередко выходит за пределы компетенций отдельного участника, соответственно, объектом управленческого воздействия становятся условия координации всей сети и механизмы согласования принимаемых решений. Стратегический, или корпоративно-портфельный, уровень характеризуется иным содержанием управленческих задач формирования воспроизводимых моделей материально-технического обеспечения, применимых к совокупности строительных проектов организации, где определяются типовые конфигурации цепей поставок для отдельных групп материальных ресурсов, устанавливаются принципы выбора контрагентов и транспортно-логистических схем, разрабатываются механизмы управления затратами и рисками с возможностью использования накопленного организационного опыта при реализации последующих проектов, что позволяет сокращать зависимость снабженческих решений от индивидуальных практик отдельных исполнителей. На тактическом, проектном уровне содержание логистического управления определяется требованиями конкретного

строительного объекта, где календарно-сетевые параметры выполнения строительно-монтажных работ преобразуются в количественные и временные характеристики потребности в материальных ресурсах, устанавливаются последовательность, периодичность и комплектность поставок с учетом принятой организационно-технологической схемы и фактических ограничений площадки. Согласованность действий подрядчиков, поставщиков и логистических посредников приобретает непосредственное значение для соблюдения проектных сроков, поскольку возникающие отклонения затрагивают взаимосвязанные производственные операции. Наконец, операционный уровень охватывает процессы непосредственного движения материальных ресурсов в границах строительной площадки: приемку, размещение, внутриплощадочное перемещение, подачу к местам производственного потребления и обеспечение непрерывности выполнения работ. Здесь последствия несогласованности проявляются наиболее непосредственно, принимая форму простоев, дополнительных перемещений, потерь рабочего времени и нарушения последовательности технологических операций, причем даже достаточно высокая точность предварительного планирования не исключает возникновения подобных отклонений, когда фактическое исполнение логистических операций не соответствует нормам оперативного контроля.

Таким образом, исследование уровней управления дает исследователю возможность систематизировать их, соотнеся каждый уровень с собственным объектом управления, горизонтом решений, результативным критерием и набором механизмов. Межуровневая согласованность при этом сделать проверяемой через систему показателей, создавая основу для последующей фиксации в виде таблицы 3.1 и сопоставления стратегий, применимых на разных контурах управления.

Таблица 3.1 - Уровни управления цепями поставок в строительном комплексе и их характеристики

Уровень	Объект управления	Горизонт решений	Управленческий фокус	Типовые управленческие механизмы	Примеры показателей
---------	-------------------	------------------	----------------------	----------------------------------	---------------------

Межорганизационный экосистемный	Сеть поставщиков, подрядчиков, логистических операторов, регуляторные и городские ограничения	долгосрочный	Согласованность правил взаимодействия, устойчивость цепи, снижение системных потерь	соглашения о сотрудничестве и распределении ответственности стандартизация обмена данными согласование логистических регламентов в городской среде	доля поставок в окно, уровень сбоев по внешним причинам, суммарные потери от простоев, штрафов, устойчивость цепи
Стратегический (корпоративный, портфельный)	Корпоративная логистика и закупки, типовые цепи по группам материалов и проектам	средне- и долгосрочный	Перевод логистики от проектной импровизации к тиражируемым решениям	политика категорийных закупок развитие поставщиков внедрение сервисов управления запасов централизация, аутсорсинг отдельных функций логистики	совокупная стоимость владения по категориям, надежность поставщиков, доля централизованных поставок, уровень запасов по портфелю
Тактический проектный	Логистика проекта площадка–склад, хаб–поставщик, календарь работ и поставок	средне-срочный	Синхронизация графика, поставок и ограничений площадки (место, безопасность, доступность техники)	планирование поставок по этапам выбор поставщиков и схем доставки решения по консолидации, киттингу координация участников через единый контур данных	отклонения по срокам поставок, выполнение графика, потери от нехватки материалов, доля доставок без доработок, перекомплектации
Операционный на уровне площадки, смены)	Приемка, внутривыпускная логистика, выдача материалов в работу	краткосрочный	Минимизация потерь времени на поиск, перемещения, ожидание поток материалов в точку потребления	управляемые запасы на площадке стандартизированная приемка до поставка к месту работ контроль по слотам и маршрутам	время на поиск, получение позиции, доля срочных заказов, простои бригад из-за материалов, точность комплектности

Практически значимая часть реализации экосистемы поставок в строительстве формируется в сопряжении тактического и оперативного контуров управления, сохраняя четырехуровневую архитектуру экосистемы в полном объеме. Так межорганизационный и стратегический контуры задают рамочные правила взаимодействия, принципы типизации решений и параметры ответственности участников, а тактический и оперативный контуры обеспечивают перевод этих

установок в режим ресурсного обеспечения, непосредственно связанный с календарно-сетевым графиком работ и фактическим движением материальных потоков.

В исследованиях по оптимизации строительной логистики показано, что на тактическом уровне рационально решать задачу укрупненного согласования календарного плана работ с потребностью в ресурсах, решениями по размещению и хранению, а также с объемами перевозок, а на оперативном уровне требуется ежедневная или сменная оптимизация доставок и перемещений [231]. Такое управление корректно описывать задачей маршрутизации поставок с учетом запасов, ориентированной на обеспечение поставок без дефицита при ограничениях складской емкости и транспортных ресурсов [231], а связка тактического и оперативного уровней выступает механизмом устойчивого исполнения в строительной среде. Тактический контур фиксирует работы, временные окна поставок и лимиты по приемке и хранению, а оперативный обеспечивает стабильность исполнения при неизбежных отклонениях из-за климатических или транспортного факторов и прочих нарушений на площадке и ограничений сити-логистики.

Таким образом, содержательно экосистема поставок материальных ресурсов в строительном комплексе проявляется как совокупность взаимосвязанных подсистем, каждая из которых выполняет собственную функцию и формирует результат только при сопряжении с другими элементами управления потоками. Подсистема планирования и диспетчеризации обеспечивает перевод календарно-сетевой модели работ в график снабжения и тем самым задает требования к ритмичности, последовательности и допустимым отклонениям поставок подсистема поставщиков и производственной кооперации формирует качество, комплектность, партийность и технологическую готовность ресурсов, определяя возможность их использования в заданной технологической последовательности транспортно-распределительная подсистема организует маршруты, временные окна доставки, использование парков и режимы последней мили, обеспечивая соответствие фактических поставок ограничениям территории и площадки складская и внутривплощадочная логистика отвечает за буферизацию запасов,

организацию зон разгрузки, применение вертикального транспорта и маршрутизацию перемещений внутри объекта, то есть за доведение ресурсов до точки потребления без потерь времени на ожидание и поиск информационно-аналитическая подсистема поддерживает единое поле данных, мониторинг и прогнозирование отклонений, обеспечивая сопоставимость плановых и фактических параметров движения ресурсов отдельное значение приобретает подсистема обеспечения устойчивости, в рамках которой обратная логистика выступает механизмом замыкания материальных потоков по возвратам, повторному использованию и переработке, что снижает потери и повышает предсказуемость ресурсного обеспечения при проектной вариативности строительства [135, 220]. Для строительной сферы принципиально важно, что данная экосистема функционирует в среде множества участников без жестко заданной иерархии, где при наличии генерального подряда значительная часть участников сохраняет экономическую самостоятельность и собственные критерии результативности, вследствие чего требуется механизм координации правил взаимодействия, доступа к сопоставимой информации и распределения ответственности за отклонения, иначе возникает асимметрия информации и формируется локальная оптимизация решений, при которой улучшение отдельных участков цепи приводит к ухудшению ее общей траектории по срокам, комплектности и затратам. В табл. 3.2 предлагается структурная схема, которая показывает, какие узлы должны входить в логистическую экосистему поставок материальных ресурсов в строительном комплексе, и какие управленческие решения сделают связи между узлами рабочими рис. 3.1 иллюстрирует четырехуровневую организацию экосистемы.

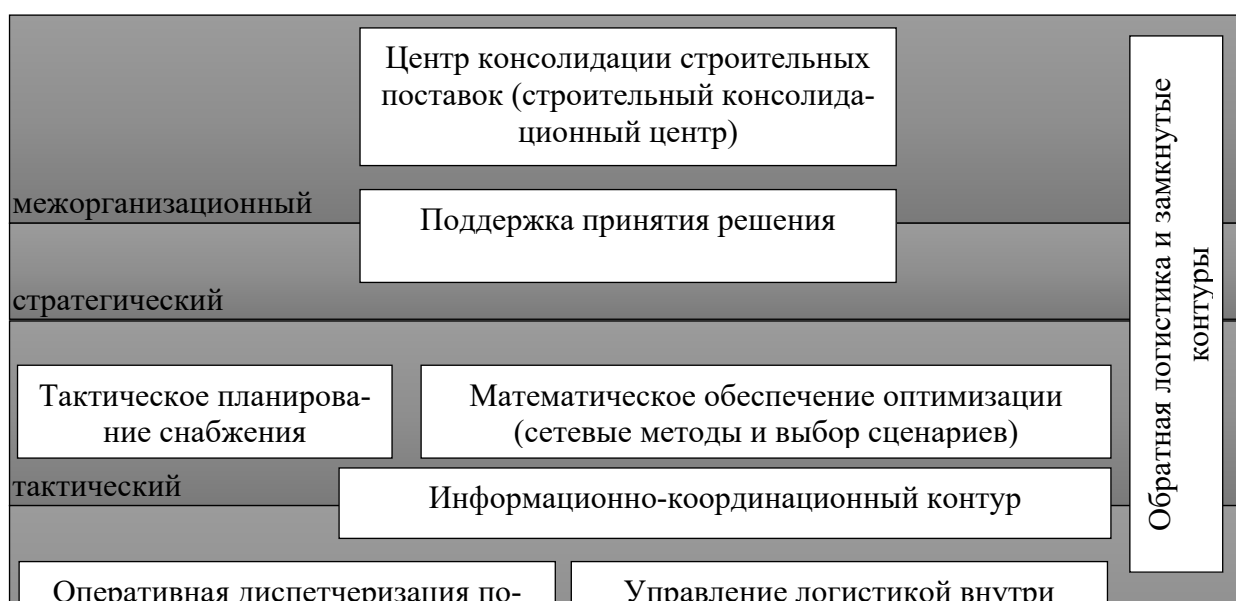


Рисунок 3.1 – Каркас построения логистической экосистемы в строительном комплексе в разрезе уровней

Привязка подсистем экосистемы поставок к уровням управления позволяет зафиксировать различие управленческих горизонтов и, как следствие, различие критериев результативности, через которые оценивается качество функционирования цепей поставок в строительном комплексе. На межорганизационном уровне в фокус попадают такие узлы, которые по своей природе не могут быть сведены к рамкам отдельного проекта или площадки, поскольку они формируют режим взаимодействия сети участников и инфраструктурные условия движения потоков.

Таблица 3.2 – Основные узлы логистической экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе

Подсистема (узел экосистемы)	Функция в системе поставок	Типовые управленческие решения	Информационные и организационные решения	Примеры показателей
Тактическое планирование снабжения	Синхронизация календарного плана строительно-монтажных работ с потребностью в материалах и мощностями хранения, транспорта	Недельная увязка фаз работ и поставок выбор сценариев поставок и буферов правила окон	Двухуровневое планирование: тактика и ограничения для оперативного уровня [229]	Доля поставок в окно число сдвигов работ из-за снабжения загрузка зон хранения
Оперативная диспетчеризация доставки	Стабилизация исполнения по факту и минимизация потерь от ежедневных отклонений	Маршруты, последовательность доставок, объемы партий, приоритеты по фронтам	Модели маршрутизации с учетом запасов и ограничений площадки [229]	Время ожидания разгрузки число внеплановых рейсов доля доставок без повреждений
Центр консолидации строительных поставок	Снижение числа въездов на площадку, консолидация партий, безопасное хранение и выдача точно вовремя	Локация, правила приемки, комплектование, расписания отгрузок на площадку	Инструменты оценки и выбора ССС, анализ затрат, выгод, локаторы и планировщики [217,218]	Количество рейсов в город, на площадку простои у ворот уровень сервисности
Управление внутриплощадочной логистикой	Преобразование доставлено на площадку в точку потребления	Схемы разгрузки, маршруты перемещения, временные склады, приоритеты подъемных механизмов	3D, 4D координация площадки, актуализация логистического плана по мере продвижения [210,214,216,229,239]	Время перемещения до фронта работ конфликты пространства, времени простои бригад из-за материалов
Информационно-координационный контур	Единая картина, согласование действий участников, повышение интерпретируемости логистической информации	Обновление логистических сценариев, выявление конфликтов до факта, согласование общих ресурсов	Информационное моделирование зданий в 4D для логистики, совместная координация [210,214,216,229,239]	Количество коллизий, выявленных до работ точность планов поставок показатели безопасности

Поддержка принятия решений	Обоснование мер город-площадка-цепь поставок и оценка эффектов по экологии, здоровью, операциям	Выбор мер ограничения транспорта, ССС, сценарии, сравнение «что-если»	Наборы DSS для публичных и частных стейкхолдеров, оценка политик и мер [217,218]	CO ₂ , РМ суммарный пробег число доставок интегральные показатели воздействия
Обратная логистика и замкнутые контуры	Возвраты, повторное использование, переработка, снижение захоронения и потерь стоимости материалов	Деконструкция, отбор пригодных материалов, вторичные рынки, площадки	Связка прямой и обратной логистики, роли участников и барьеры внедрения [220]	Доля повторно использованных материалов объем отходов на захоронение доход, экономия от возвратов
Математическое обеспечение оптимизации	Формализация решений, снижение субъективности, поддержка ресурсных и временных компромиссов	Выбор методов (линейное, нелинейное программирование, управление запасами, критический путь)	Использование оптимизационных моделей и сетевых методов для увязки сроков и ресурсов [161]	Сокращение простоев отклонение от бюджета, сроков устойчивости планов к вариативности

В этом контуре центр консолидации строительных поставок выступает инструментом согласования логистических режимов на стыке города и региона и строительных площадок, поддержка принятия решений обеспечивает обоснование мер и сопоставление альтернатив в масштабе системы звеньев логистической цепи, а обратная логистика и замкнутые контуры задают возможность управляемого возврата ресурсов и снижения потерь стоимости материалов, что требует согласования ролей и организационных процедур между участниками. Перечисленные подсистемы объединяет то, что их эффекты проявляются как системные параметры устойчивости цепи, выраженные в снижении внешних потерь, упорядочивании доступа и обеспечении совместимости режимов работы участников.

Стратегический, корпоративно-портфельный уровень фиксирует переход от ситуативной организации снабжения к воспроизводимым решениям, которые тиражируются на группе проектов и обеспечивают сопоставимость затрат, рисков и показателей выполнения. В данном контуре поддержка принятия решений применяется как инструмент выбора и закрепления портфельных сценариев и мер, обратная логистика рассматривается как элемент корпоративной политики ресурсной эффективности и управления возвратами, а центр консолидации включается в управленческую модель как вариант сервисной конфигурации снабжения с заданными требованиями к уровню обслуживания и экономическим параметрам. Существенно, что на стратегическом уровне формируется рамка требований к качеству поставок и к организационным процедурам, которая далее спускается в проектные решения и в операционное исполнение.

Тактический, проектный уровень концентрирует подсистемы, непосредственно связывающие календарно-сетевой график строительно-монтажных работ с планом обеспечения ресурсами и ограничениями площадки. Тактическое планирование снабжения формирует укрупненные решения по этапам выполнения строительных работ, сценариям поставок, буферизации и правилам временных окон, тем самым задавая параметры управляемости материального потока

на горизонте, достаточном для согласования участников и подготовки исполнения. Переход от одной фазы работ к другой изменяет состав, объем и сроки потребности в материальных ресурсах, что требует соответствующей корректировки режима снабжения. Такое понимание тактического планирования согласуется с результатами анализа строительного комплекса ЮФО, где различия в масштабах, структуре и интенсивности строительной деятельности определяют неодинаковые требования к организации материальных потоков по территориям и периодам реализации проектов. Информационно-координационный контур на базе информационного моделирования зданий (Building Information Modelling, BIM) в 4D обеспечивает сопоставимость временных и пространственных параметров работ и поставок, повышая точность согласования ресурсов и снижая вероятность конфликтов до начала фактического исполнения. Математическое обеспечение оптимизации в проектной постановке позволяет формализовать компромиссы по срокам и ресурсам, включая сетевые методы увязки работ и потребности, что повышает устойчивость проектных решений к вариативности входных условий.

Операционный уровень, локализованный на площадке и в сменном цикле управления, включает подсистемы, через которые плановые параметры превращаются в фактическое движение ресурсов и их подачу к фронтам работ. Оперативная диспетчеризация доставок обеспечивает очередность, маршрутизацию, партийность и приоритетность поставок, ориентируясь на минимизацию потерь времени при ежедневных отклонениях. Управление внутриплощадочной логистикой доводит материальный поток до точки потребления, включая приемку, размещение, перемещения и переработку с использованием погрузо-разгрузочной техники, что непосредственно влияет на непрерывность выполнения работ и исключение простоев бригад из-за отсутствия материалов нужного качества в необходимом количестве. Информационно-координационный контур на основе Building Information Modeling (BIM) и четырехмерного моделирования (4D) используется для уточнения фактического состояния работ, согласования действий участников и проверки решений в пространственно-временных ограничениях

площадки. Математическое обеспечение на этом уровне связано с оперативными расчетами маршрутов, очередностью подачи ресурсов и приоритетами выполнения операций в условиях ограниченного времени на принятие решений и постоянного изменения производственной ситуации.

Авторская группировка подсистем демонстрирует участие разных уровней управления в формировании и удержании логистических потоков. Верхние уровни задают организационные условия, правила взаимодействия участников и режим управления портфелем проектов. Проектный уровень согласует календарь работ, потребность в ресурсах и параметры снабжения. Операционный переводит эти решения в фактическое исполнение, как именно материалы принимаются, перемещаются по площадке и доводятся до точки использования в строительном процессе и так далее.

Несмотря на достаточную полноту исследования, переход от разработки такой структурной схемы к механизму формирования экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе диктует необходимость учета того, что строительная площадка выступает зоной концентрации пространственно-временных ограничений, определяющих режим ресурсного обеспечения. И тут уже управленческий объект не может быть сведен к поставке как единичному факту поступления материалов. Для выполнения строительно-монтажных работ значима обеспеченность фронта работ ресурсом в требуемом объеме, комплектности и технологической готовности в конкретной точке потребления и в заданный временной интервал, а значит, предмет управления будем задавать как согласованный режим движения материалов, в котором внешние поставки должны быть сопряжены с календарно-сетевой структурой проекта, ограничениями по приемке и хранению, требованиями безопасности, а также доступностью внутриплощадочных ресурсов перемещения и подъема.

Содержательная специфика строительного комплекса проявляется в том, что материальный поток проходит последовательность трансформаций. Так транспортная партия, удобная для поставщика и перевозчика, должна быть приведена к формату, соответствующему логике выполнения работ, а именно

обеспечению технологических комплектов, этапности и ритмичности потребления, заключая потребность в операциях консолидации и буферизации в качестве инструментов согласования неоднородных ритмов внешней логистики потоков и внутреннего режима площадки. Без такого согласования возникает разрыв между поставкой и фактической готовностью фронта работ. Материал может прибыть на объект в установленный срок, но оказаться преждевременным или запоздавшим для конкретной операции. В первом случае он занимает ограниченное пространство площадки и требует дополнительных перемещений. Во втором случае задерживает бригады и нарушает календарь работ. Поэтому устойчивость снабжения зависит не только от надежности поставщиков и перевозчиков. Не менее важна согласованность поставок с реальными ограничениями площадки: пропускной способностью зон разгрузки, наличием мест временного хранения, очередностью операций и доступностью подъемно-транспортных механизмов.

В городской среде ограничения территории напрямую входят в параметры ресурсного обеспечения строительного проекта. Режим движения транспорта, временные окна въезда, экологические требования, шумовые ограничения, правила безопасности и порядок доступа к строительной зоне меняют допустимые маршруты, частоту рейсов и условия разгрузки, поэтому снабжение строительного объекта должно соотноситься с календарем работ и пропускной способностью прилегающей улично-дорожной сети, доступностью подъездов, режимом работы площадки и возможностями временного размещения материалов. При такой организации внешние ограничения становятся параметрами, оказывающими влияние на стоимость поставок, вероятность задержек и устойчивость календарного плана строительства. В этих условиях центры консолидации строительных поставок (Construction Consolidation Center, CCC) следует рассматривать как инфраструктурный элемент цепи поставок, который обеспечивает перераспределение потоков между городским транспортным контуром и строительной площадкой, снижает число въездов за счет укрупнения и комплектования партий, повышает управляемость запасов и создает предпосылки для доставки в заранее согласованные временные окна, приближая снабжение к режиму точно в срок

[217,218,229]. При этом функциональная роль центра не исчерпывается операцией хранения: в действии экосистемы он выступает узлом согласования требований площадки к комплектности и последовательности выдачи с возможностями поставщиков и перевозчиков, а также с ограничениями городской логистики, обеспечивая тем самым управляемость материального потока как процесса, а не как совокупности разрозненных доставок.

Исследования, посвященные системам поддержки принятия решений, показывают, что управленческие меры, воспринимаемые как однозначно рациональные на уровне отдельного ограничения, в условиях строительной логистики нередко приводят к нелинейным и, в предельном случае, к противоположным ожидаемым результатам. Это связывается с тем, что вмешательство в один параметр системы автоматически перестраивает поведение участников цепи поставок и изменяет конфигурацию потоков. Например, ограничение типа транспорта, вводимое в административном порядке, может снижать нагрузку на городскую среду в одной точке, но одновременно провоцировать увеличение числа рейсов за счет снижения грузоподъемности, удлинение маршрутов из-за обходных траекторий, рост времени ожидания в зонах разгрузки и увеличение потребности в буферных запасах на площадке, а в результате формально экологическая или транспортная мера способна повлечь ухудшение показателей проекта через рост затрат на доставку, усиление вариативности сроков поставок и повышение вероятности сдвигов работ при ограниченности пространства хранения и пропускной способности площадки. Системная природа такого эффекта проявляется через перераспределение рисков между участниками. При жестком ограничении транспортных режимов поставщики и перевозчики стремятся компенсировать неопределенность за счет укрупнения партий либо, наоборот, за счет дробления поставок и резервирования дополнительных слотов, меняя профиль нагрузки на приемку и внутриплощадочную логистику. Зеркально повышение требований к точности поставок без изменения инфраструктуры консолидации и без настройки процедур комплектования, может приводить к росту числа незапланированных корректировок, делая отклонения менее компенсируемыми и

требуют оперативной перестройки графиков. И следовательно, для рассматриваемой отраслевой экосистемы поставок материальных ресурсов характерен эффект взаимного усиления ограничений. Транспортные режимы городской среды, параметры площадки по хранению и приемке, календарная структура работ и организационная модель взаимодействия участников образуют связку, в которой оптимизация по одному критерию без учета остальных критериев формирует системные потери и ухудшает интегральный результат, поэтому экосистема поставок не может опираться исключительно на регламенты и формальные правила доступа, даже если они методически корректны и обеспечивают единообразие процедур. Регламент задает допустимое поведение, но все же не дает инструментария оценить, какие изменения в конфигурации потоков и в структуре затрат возникнут при выборе той или иной меры, и каким будет итоговое воздействие на соблюдение календарного плана, объем незапланированных простоев, уровень транспортной нагрузки и экологические эффекты. В этой логике аналитический слой, реализуемый через системы поддержки принятия решений, выполняет функцию не дополнительного инструмента, а необходимого механизма системной сопоставимости альтернатив: он позволяет формировать сценарии «что, если...», увязывать показатели различных контуров (город – транспорт – консолидация – площадка – график работ), выявлять компромиссы между целями и оценивать совокупные последствия решений до их внедрения [24, 218]. Существенным становится и то, что аналитический слой обеспечивает интерпретируемость результатов для разных участников: меры, которые улучшают показатели одного звена цепи, могут ухудшать показатели другого, и только сценарное сравнение позволяет корректно распределять ответственность и выбирать режимы, минимизирующие системные потери при сохранении реализуемости строительных проектов.

Информационно-координационный слой в рамках экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе должен рассматриваться как контур поддержки управления, обеспечивающий воспроизводимость решений и сопоставимость плановых и фактических параметров движения ресурсов. В

данной постановке принципиально важно, что речь идет не о внедрении информационных решений как самоцели, а о формировании такой структуры данных и процедур их ведения, которая позволяет удерживать непрерывность материального потока в привязке к календарно-сетевой модели работ и к ограничениям строительной площадки. Управляемость в данном контуре определяется последовательностью формализованных переходов: фиксация потребности должна иметь установленного владельца, временную привязку и документируемое основание далее потребность должна быть преобразована в заказ с заданными параметрами номенклатуры, комплектности и времени поставки подтверждение поставщиком должно фиксироваться как обязательное состояние, влияющее на корректировку графика снабжения резервирование временного окна доставки должно рассматриваться как управленческое решение, сопрягаемое с режимами доступа, доступностью зон разгрузки и пропускной способностью площадки контроль разгрузки и приемки должен формировать достоверные данные о фактическом поступлении и качестве комплектности далее критично обеспечить отражение размещения ресурса и его доступности для конкретной технологической операции, поскольку именно эта стадия отделяет формальную поставку на объект от реального обеспечения фронта работ.

Системная значимость раскрывается так, что информационные разрывы на любом из перечисленных переходов имеют тенденцию трансформироваться в материальные потери, фиксирующиеся уже на уровне выполнения работ. Несвоевременно уточненная потребность приводит к избыточным или дефицитным поставкам, неподтвержденный заказ порождает ложное ощущение обеспеченности, неуправляемые окна доставки формируют очереди и простои у ворот, а отсутствие достоверной фиксации размещения на площадке увеличивает время поиска, кратность перемещений и вероятность конфликтов использования общих ресурсов. Автор видит в информационно-координационном слое выполнение функции механизма предотвращения асимметрии информации и локальной оптимизации, когда отдельные участники действуют в логике собственных показателей, не имея сопоставимой картины ограничений и приоритетов проекта, что в

строительной логистике форсируется множественностью участников и высокой долей оперативных решений, принимаемых в условиях неопределенности, поэтому нормативность процедур фиксации и подтверждения данных становится базовым условием устойчивости календаря работ и контроля затрат. С учетом этого контекста информационное моделирование зданий в 4D автор рассматривает как методически оправданный инструментобеспечивающий связность пространственной модели объекта и календарной структуры работ, позволяя описывать логистику как встроенный в пространственно-временную организацию строительства процесс. Сопряжение такой 4D-модели с логистическими сценариями способствует согласовыванию планировки и организации площадки, проверяемости реализуемости маршрутов движения материалов во времени, распределения использования общих ресурсов, включая подъемные механизмы и зоны разгрузки, а также выявления коллизии, которые, в противном случае, проявились бы уже на стадии исполнения в форме остановок и вынужденных перестроек. Важно отметить, что 4D-подход способствует актуализации логистического плана по мере продвижения проекта, а именно изменения фронтов работ, переносы этапов, уточнение потребности и корректировки доступности ресурсов, которые могут быть отражены в едином контуре, снижая вероятность множественных ошибок и расхождения между плановыми и фактическими состояниями системы снабжения.

Практический эффект применения рассматриваемого инструментария заключается в первую очередь в повышении интерпретируемости логистической информации для участников и в снижении транзакционных потерь координации. Для процесса строительства это означает, что когда временные окна поставок, ограничения по хранению и разгрузке, маршруты перемещений и очередность использования общих ресурсов представлены в единой пространственно-временной логике, уменьшается вероятность противоречивых решений, повышается предсказуемость исполнения и становится возможным управление безопасностью как параметром логистического процесса. В подтверждение сказанному, эмпирические результаты исследований подтверждают, что применение BIM и

4D в задачах строительной логистики связано с улучшением понимания логистической информации, а также с повышением эффективности организации площадки и усилением аспектов безопасности, способствуя требованиям к экосистемам поставок, ориентированным на устойчивость исполнения и снижение потерь на стыках потоков [214].

В строительном комплексе устойчивость экосистемы поставок материальных ресурсов определяется в возрастающей степени способностью управлять и прямым потоком на пути цепи «сырье - площадка – объект» и обратными ее контурами, возникающими в процессах демонтажа, ремонтов, реконструкций и завершения жизненного цикла объектов. Несмотря на то, что для строительной отрасли обратная логистика имеет специфически развитый характер по сравнению с традиционными цепями поставок, поскольку возвратный поток формируется как переменная по составу и качеству масса материалов, конструктивных элементов и оборудования, пригодность которых к повторному использованию требует отбора, классификации и подготовки, строительство исторически слабее других отраслей организует обратные сети и, парадоксально, почти не связывает их с прямой логистикой, хотя потенциал повторного использования, замыкания контуров и снижения потерь стоимости материалов, очевидно, является значительным. И тут ключевым становится методический момент, что стартовой точкой обратного потока является системная деконструкция, трактуемая как обратная сборка, в рамках которой демонтаж осуществляется как управляемое извлечение элементов и материалов с сохранением их идентифицируемости и последующей возможности вовлечения во вторичный оборот, вопреки традиционному понятию разрушения. Такая связь обратной логистики с прямой цепью поставок в экосистемной постановке, являясь слабым местом, проявляется через необходимость создания общего информационного и организационного контура. Но при этих итерациях модернизации, без классификаторов материалов, процедур оценки пригодности, правил маркировки и прослеживаемости обратный поток остается неучтенным, а потому не может быть включен в планирование потребности и в решения по замещению первичных ресурсов. Но в то же время

вторичные площадки и рынки справедливо рассматриваются как инфраструктурные элементы экосистемы, обеспечивая буферизацию, сортировку и перераспределение возвратного потока, превращая его из разрозненных остатков в управляемый ресурсный контур. Но следует заключить, что наличию заявленного контура повышается устойчивость ресурсного обеспечения в ситуациях дефицита или ценовой волатильности по отдельным категориям материалов, снижаются потери на захоронение и формируются дополнительные экономические эффекты за счет повторного использования и переработки, в результате чего замкнутые контуры перестают быть внешним экологическим дополнением и становятся элементом логистической устойчивости, расширяя набор допустимых сценариев обеспечения проекта и снижая зависимость от исключительно первичных поставок при сохранении требований к срокам, безопасности и технологической готовности ресурсов.

Следуя такой авторской логике построения макрологистической системы в строительном комплексе необходимо зафиксировать, что результативность цепи поставок определяется в первую очередь степенью согласованности управленческих воздействий на потоки ресурсов в масштабе сети участников и в разрезе горизонтов принятия решений, что в строительной, вследствие проектной природы деятельности и доминирования календарно-сетевой модели работ, критично, так как материальный поток не существует автономно, выступая функциональным продолжением технологической последовательности строительно-монтажных операций. Любое рассогласование управленческих контуров проявляется как разрыв между плановой потребностью и фактическим режимом поставок, трансформируясь в сдвиги сроков, нарушения комплектности и рост координационных издержек, исходя из чего формирование единого интегрированного поля взаимодействия должно рассматриваться как методическое основание экосистемной трансформации цепей поставок в строительстве, позволяя через него достигать воспроизводимость управленческих решений и сопоставимость результатов при множественности экономически самостоятельных участников и высокой доле межорганизационных стыков.

Итогом проведенной декомпозиции управления становится выявление многоуровневой природы логистической интеграции строительного комплекса, которая не может быть обеспечена единым набором инструментов без различения объектов управления и критериев результативности в каждом контуре. Наоборот, такая межорганизационность задает рамочные условия устойчивости цепи поставок в институциональной и городской среде для согласования регламентов доступа, требований к совместимости обмена данными и инфраструктурных режимов, в которых реализуется последняя миля. Рассматривая по уровням, стратегический, корпоративно-портфельный обеспечивает переход от ситуативных проектных схем снабжения к тиражируемым моделям, позволяя удерживать сопоставимость затрат, рисков и качества обслуживания по портфелю проектов и снижая зависимость управленческого результата от индивидуальной конфигурации конкретного объекта. Тактически-проектный уровень формирует синхронизацию календаря работ и графика снабжения в привязке к ограничениям площадки, переводя спецификации и временные параметры в требования к последовательности и комплектности поставок, а операционный уровень, локализованный на площадке и в сменном цикле, способствует превращению плановых решений в фактическую обеспеченность текущей работы, где несоответствие статуса и реального состояния ресурса напрямую конвертируется в простои и потери рабочего времени. В результате чего межуровневая согласованность становится проверяемым условием устойчивости цепи поставок, задающим необходимость системного набора показателей и процедур контроля, разделяющих ответственность и фиксирующих эффекты по каждому горизонту решений.

Содержательно, критичная зона функционирования экосистемы поставок материальных ресурсов заключается в сопряжении тактического и оперативного контуров за счет небесшовного перехода от недельных решений и ограничений к ежедневному исполнению в условиях неопределенности поставок и вариативности строительной среды. Двухуровневая постановка управления позволяет удерживать календарно-сетевую структуру работ и одновременно обеспечивать реактивную подстройку при отклонениях, не разрушая логику план-факт

сопоставления и не переводя систему снабжения в режим компенсаторной срочности. При этом управленческий объект в строительстве корректно определяется не как отдельная поставка, а как режим обеспеченности технологических операций ресурсами в конкретной точке потребления и в заданном интервале времени, что принципиально отличает строительную логистику от трактовок, ориентированных на факт доставки как конечный результат.

В городской среде общественные регламенты быстро переходят в ограничения самого строительного проекта. Режим движения транспорта, временные окна въезда, требования по выбросам и шуму, правила безопасности и порядок доступа к площадке меняют частоту рейсов, маршруты подвоза и условия разгрузки. Поэтому такие решения, как центры консолидации строительных поставок, становятся не дополнительным элементом логистики, а узлом, через который можно согласовать поставщиков, транспорт, складирование и потребность объекта в материалах. При этом необходимо проводить оценку опираясь на принцип оптимизации совокупных издержек системы. В строительной отрасли, например ограничение типа транспорта может снизить нагрузку на улицы рядом с объектом, но одновременно увеличить число рейсов. Не смотря на то, что требование точных поставок уменьшает запасы на площадке, без нормальной инфраструктуры комплектования и разгрузки оно способно увеличить ожидание транспорта и потребность в буферных запасах, и, как итог, решение, являющееся рациональным внутри одного параметра, ухудшает общий результат через рост простоев, усложнение организации подвоза, увеличения затрат и снижения процента реализации календарного плана, и, следовательно, экосистема не может опираться исключительно на регламентирующий контур аналитический слой, реализуемый через системы поддержки принятия решений. Все это выдвигает требования к некому механизму сценарного сравнения альтернатив и оценки совокупных последствий управленческих воздействий до их внедрения, обеспечивающему сопоставимые эффекты для различных участников и предотвращающему локальную оптимизацию, ухудшая общую траекторию цепи поставок.

Отдельно следует остановиться на фиксации роли информационно-координационного контура для управленческого основания воспроизводимости решений, основанного на дисциплине данных и процедурной связности статусов, обеспечивающих однозначную интерпретацию переходов от потребности к доступности ресурса для выполнения операции. При наличии множественности участников и высокой доли оперативных решений, характерных для исследуемой строительной отрасли, отсутствие событийной достоверности и сопоставимости данных неизбежно трансформируется в материальные потери, такие как, например, ложная обеспеченность, неуправляемые окна поставок, очереди у ворот, рост кратности перемещений и снижение эффективности использования общих ресурсов и другие. От информационного моделирования зданий в 4D ожидается, в таком случае пространственно-временная координация и сопряжение календарной структуры работ с планировкой площадки и логистическими сценариями, позволяющие выявлять коллизии до стадии фактического исполнения и снижать транзакционные потери координации при условии регулярной актуализации модели и обеспеченного качества исходной информации.

Отдельно стоит обратиться к включению обратной логистики и замкнутых контуров в жизненном цикле строительных объектов как способа расширения границ экосистемного управления. В строительстве возвратный поток имеет переменный состав и качество, требует отбора пригодности и поддерживается технологическими операциями и организационными и информационными механизмами прослеживаемости. Если обратная логистика остается вне общего контура данных и ответственности, она сохраняет статус внепроектных отходов и не может быть включена в планирование потребности и замещение первичных ресурсов при включении же в экосистему она становится источником повышения ресурсной устойчивости цепи поставок, снижая потери стоимости материалов и расширяя набор допустимых сценариев обеспечения проектов в условиях дефицитов и ценовой волатильности. Тем самым подтверждается, что методическая база построения логистических экосистем поставок материальных ресурсов в строительном комплексе должна обеспечивать согласованность управленческих

контуров, событийную достоверность и сопоставимость данных, сценарную проверку мер в городской среде и расширение управления потоками до замыкания материальных контуров, поскольку именно такая системная постановка формирует устойчивый, воспроизводимый и управляемый режим функционирования цепи поставок в строительстве.

3.2. Информационные регламенты экосистемной трансформации логистики цепей поставок

Экосистема поставок материальных ресурсов в строительном комплексе воспроизводится и сохраняет управляемость за счет дисциплины данных и институционально закрепленных правил координации и при большом количестве звеньев цепи поставок, программный продукт является носителем, тогда как результативность ожидаемо определяется тем, насколько единообразно участники формируют и интерпретируют данные о ресурсах, работах и процессе снабжения. Если справочные материалы и работы не унифицированы, одинаковые позиции начинают существовать в системе как разные единицы данных с разными маркировочными данными, разрушая сопоставимость плановой потребности и фактических поставок, затрудняя управление комплектностью и делая невозможной корректную агрегацию показателей по проекту и портфелю. По аналогии, отсутствие единых правил фиксации статусов способствует субъективным трактовкам типовых управленческо-логистических статусов, таких как, например, «заказ оформлен», «заказ подтвержден», «в пути», «на площадке», «принят», «размещен», «доступен к операции», которые превращаются в произвольные отметки, не обеспечивающие достоверного основания для диспетчеризации, переноса окон поставок или корректировки графика работ. Существенным элементом дисциплины данных является ответственность за обновление модели: при отсутствии владельцев данных и регламента обновления любая модель неизбежно отстает от фактического хода работ, а информационный контур утрачивает функцию управления и начинает выполнять преимущественно презентационную роль, не влияя на реальные материальные потоки.

В результате методически значимым становится построение правил координации, которые обеспечивают непрерывность информационного цикла «потребность-заказ оформлен-заказ подтвержден-в пути-принят-размещен-доступность к операции» и закрепляют обязательность переходов между состояниями. В такой логике дисциплина данных выполняет функцию снижения асимметрии информации между участниками: поставщик, перевозчик, складской узел, площадка и производственный контур работ опираются на единый набор оснований для принятия решений, что снижает число пересогласований, уменьшает долю незапланированных корректировок и поддерживает устойчивость календарно-сетевой модели. Отсюда следует, что цифровое решение в экосистеме является эффективным только при наличии согласованных справочников, единых процедур фиксации статусов и механизмов ответственности в противном случае технологическая надстройка усиливает иллюзию прозрачности, не меняя структуру потерь, поскольку не влияет на ключевое – на своевременность и интерпретируемость данных, инициирующих движение материального потока.

Формирование дисциплины данных в экосистеме поставок материальных ресурсов строительного комплекса корректно рассматривать как организационно-методическое основание логистической интеграции, поскольку именно единое поле данных обеспечивает сопоставимость управленческих решений и согласованность потоков между участниками, процессами и уровнями управления. Логистическая интеграция в данной предметной области проявляется через устойчивую согласованность календарно-сетевой модели работ, параметров ресурсной потребности, режимов транспортно-распределительного обеспечения и внутриплощадочной логистики, при которой плановые и фактические состояния цепи поставок описываются в единых категориях и допускают однозначную интерпретацию. При наличии большого количества участников и звеньев цепи поставок, а также при экономической самостоятельности контрагентов, неизбежно формируются различия в целях и информационных основаниях принимаемых решений, вследствие чего при отсутствии унифицированной семантики и единых процедур фиксации статусов возникает асимметрия информации и

накапливаются расхождения между планом и фактом. Далее такие расхождения переходят в зону координационных потерь, выражаясь в повторных согласованиях, вынужденной буферизации запасов, росте транзакционных издержек взаимодействия и снижении устойчивости календаря работ.

В этой логике дисциплина данных выступает механизмом сквозной связности управленческих действий по контурному переходу от проектной потребности к фактической доступности ресурса в точке выполнения операции. Для обеспечения такой связности требуется, чтобы потребность фиксировалась на формализованном основании и была привязана к этапу, фронту и времени потребления ее преобразование в заказ происходило по унифицированным правилам с заданной структурой параметров подтверждение поставщика оформлялось как обязательное состояние, влияющее на дальнейшее резервирование ресурсов и транспортных мощностей резервирование временного окна доставки учитывало ограничения площадки по приемке, хранению и доступности общих ресурсов приемка и разгрузка фиксировались как события, формирующие достоверный факт поступления размещение отражалось с привязкой к зоне хранения и маршрутам перемещения доступность материала для конкретной операции подтверждалась как отдельное состояние, отделяющее формальное нахождение ресурса на площадке от его реальной готовности к использованию на фронте работ. При соблюдении данной последовательности сопоставимость плановых и фактических параметров во всех звеньях цепи становится уже реальной, координируя решения по снабжению и диспетчеризации без разрушения календарной логики проекта при возникновении отклонений. Таким образом, правила единого поля данных задают интеграционную базу экосистемы поставок материальных ресурсов, обеспечивая единство терминологии и статусов, закрепляя ответственность за актуальность информации, повышая проверяемость управленческих действий и создавая условия для согласованного управления материальными потоками в масштабе сети участников и конкретного проекта. И исходя уже из этого автор может обобщить ключевые правила формирования дисциплины

данных и поддержания логистической интеграции экосистемы поставок строительного комплекса:

Правило 1: унификация справочников. Это правило предполагает ведение единой номенклатуры материалов, изделий и оборудования, а также единого перечня работ, единиц измерения, площадок, зон хранения и ключевых ресурсов, для того чтобы одна и та же экономическая сущность в разных звеньях цепи поставок фиксировалась одинаково и оставалась сопоставимой для планирования и контроля исполнения.

Правило 2: уникальный идентификатор и прослеживаемость изменений закрепляет, в реализации которого каждой сущности присваивается устойчивый ID, не подменяемый альтернативными наименованиями, а корректировки атрибутов ведутся как управляемые изменения с указанием причины, даты и ответственного лица, обеспечивая воспроизводимость и доказуемость принятых решений.

Правило 3: регламент фиксации потребности, устанавливающий потребность на формализованном основании и привязывающий ее к этапу работ, месту потребления и времени, исключая произвольное заведение заявок, не опирающихся на календарно-сетевую структуру проекта и спецификации.

Правило 4: единый жизненный цикл статусов снабжения, который задает унифицированную последовательность переходов от потребности к доступности ресурса в работе и закрепляет условия присвоения статусов, обеспечивая однозначность интерпретации состояния заказа и поставки всеми участниками цепи.

Правило 5: событийность фиксации и регламент корректировок, в рамках которого статусы отражают факт наступления события и фиксируются в момент его возникновения, а внесение изменений задним числом допускается только как исключение по установленной процедуре с обязательной регистрацией основания и ответственного.

Правило 6: разграничение состояний закрепляет необходимость отражения поступления ресурса на строительный объект, а также его фактическую

готовность к использованию на конкретном фронте работ, что является критичным для оценки обеспеченности календаря.

Правило 7: назначение владельцев данных и регламент актуализации предполагают закрепление ответственности за создание и обновление каждого класса данных, а также установление сроков актуализации, так как практически любая задержка обновления информации непосредственно трансформируется в потери времени и рост координационных издержек.

Правило 8: контроль качества данных включает требования к полноте обязательных атрибутов, логической непротиворечивости статусов и параметров, а также процедуры валидации, позволяющие предотвращать накопление ошибок до того, как они перейдут в материальные отклонения и простои.

Правило 9: процедура управления исключениями закрепляет отклонения по срокам, комплектности, качеству и маршрутам, которые фиксируются как управленческие инциденты с определением ответственного, сроков закрытия и результата корректирующего воздействия.

Правило 10: разграничение прав доступа и ответственности, которое определяет, что изменения в данных вносит только субъект, наделенный соответствующей ролью и ответственностью, соблюдая статусы и ограничения для всех участников, вовлеченных в согласование и исполнение.

Правило 11: принцип единого источника истины, который требует к критическим статусам и параметрам снабжения согласованности контура и не дублированности в параллельных несинхронизированных учетах, сохраняя и поддерживая сопоставимость плановых и фактических состояний.

Правило 12: согласованные интерфейсы обмена обеспечивают синхронизацию между используемыми системами, включая BIM, 4D, ERP, WMS, TMS), на основе единых справочников, идентификаторов и событийных форматов, что позволяет удерживать целостность данных и непрерывность управленческих процессов по всей цепи поставок.

Данный список правил, разумеется, может быть дополнен и расширен, но перечисленные выше правила необходимы как база для исполнения, а

методическая привязка правил к уровням управления через каркас экосистемы (см. рис. 3.1) и подсистемам представлена на рис. 3.2. Содержательные комментарии по реализации правил приводятся в табл. 3.3.



Рисунок 3.2 – Выполнение правил интеграции в каркасе логистической экосистемы в строительстве

Таблица 3.3 – Реализация правил информационной интеграции в каркасе логистической экосистемы поставок материальных ресурсов в строительстве

Подсистема	Реализация правила в узле в логике управляемости потоков
------------	--

Тактическое планирование снабжения	На тактическом уровне критично, чтобы потребность формировалась на формализованном основании и в сопоставимой номенклатуре, поскольку любые расхождения в справочниках и идентификаторах разрушают связь между календарем работ и ресурсным обеспечением. Единый жизненный цикл статусов и событийность фиксации обеспечивают контролируемый переход от потребности к заказу и подтверждению, а назначение владельцев данных и контроль качества удерживают актуальность плановых параметров. Принцип единого источника истины и согласованные интерфейсы обмена обеспечивают результат – тактический план опирается на единый массив данных, а не на параллельные учеты
Оперативная диспетчеризация доставок	Оперативная диспетчеризация опирается на статусы окна, прибытия, приемки и фактического исполнения, поэтому событийность и однозначность статусов являются необходимыми условиями управляемости. Разграничение состояний «на площадке» и «доступно к операции» предотвращает подмену фактической обеспеченности фронта работ формальным фактом прибытия. Назначение владельцев данных, контроль качества и процедура исключений необходимы для корректной обработки отклонений, а разграничение прав доступа снижает риск несанкционированных корректировок статусов, влияющих на маршрутизацию и приоритеты
Центр консолидации строительных поставок	Для центра консолидации строительных поставок критична унификация номенклатуры и идентификаторов, поскольку консолидация предполагает приведение разнотипных поставок к единому режиму комплектования и выдачи. Единые статусы и событийность обеспечивают управляемую приемку, комплектование и отгрузку на площадку, а контроль качества и управление исключениями удерживают корректность данных о комплектности и состоянии партий. Разграничение прав доступа важно в силу участия нескольких субъектов (поставщик, оператор, перевозчик, площадка), а принцип единого источника истины и интерфейсы обмена обеспечивают связность данных между узлами
Управление логистикой внутри площадки	Внутриплощадочная логистика требует фиксации поступления, размещения, перемещений и фактической доступности ресурса для операции, поэтому разграничение состояний и событийность здесь определяют качество управления. Контроль качества данных и управление исключениями фиксируют отклонения по комплектности, повреждениям и конфликтам пространства и времени. Единый контур данных и интерфейсы обмена критичны для сопряжения внутриплощадочных событий с тактическими и диспетчерскими решениями
Информационно-координационный контур	Снимает разночтения в описании операций между участниками проекта, для чего используются единые справочники, идентификаторы материалов и работ, а также единая трактовка статусов Разделение состояний делает сопоставимыми плановое и фактическое состояния материального потока в логике BIM и четырехмерного моделирования, без которых поставка может числиться выполненной, хотя материал еще не принят, не размещен на площадке или недоступен для бригады Закрепление владельцев данных, порядка обновления и контроля качества информации не дает модели превратиться в формальное описание, оторванное от хода работ, а разграничение прав доступа и единый источник актуальных данных сохраняют управляемость совместной

	работы при большом числе подрядчиков, поставщиков и проектных участников
Поддержка принятия решений	Событийная фиксация операций позволяет сверять расчетные допущения с фактическим ходом материального потока и уточнять, на каком участке возникает отклонение, при поставке, разгрузке, размещении или передаче ресурса в работу Достоверность модели обеспечивается порядком обращения с данными, включая закрепление ответственных владельцев, контроль качества, регистрацию исключений и правила обновления спорных значений Единый источник актуальных данных и согласованные интерфейсы обмена снижают риск дублирования, повторного ввода и смысловых расхождений между подсистемами, что особенно важно при участии нескольких подрядчиков, поставщиков и служб строительного проекта
Обратная логистика и замкнутые контуры	Для обратных потоков критична унификация номенклатуры и идентификаторов, поскольку возвраты и повторное использование требуют прослеживаемости происхождения, состояния и пригодности материалов Единые статусы и событийность фиксируют переходы от демонтажа и отбора к размещению на вторичных площадках и повторному использованию, а контроль качества и управление исключениями необходимы из-за вариативности качества и состава возвратного потока, а разграничение прав доступа обеспечивает корректность фиксации пригодности и решений о списании, переработке
Математическое обеспечение оптимизации	Оптимизационные модели требуют строгой сопоставимости сущностей и параметров, поэтому унификация справочников и идентификаторов выступает обязательным условием корректного расчета. Регламент основания потребности и единые статусы обеспечивают корректность входных данных, а событийность позволяет калибровать модели по фактическим событиям Контроль качества и фиксация исключений необходимы для отделения системных закономерностей от единичных сбоев, а единый источник истины и интерфейсы обмена обеспечивают целостность данных для расчетов и интерпретации результатов

Выполненная автором систематизация правил дисциплины данных в привязке к узлам экосистемы поставок материальных ресурсов фиксирует методическое положение, значимое для дальнейшего исследования главы: логистическая интеграция в строительном комплексе складывается посредством воспроизводимой согласованности решений и потоков, опирающихся на единое поле данных и процедурную связность управленческих действий. В условиях множественности участников и звеньев цепи поставок при доминирующей роли календарно-сетевой модели работ как временного ограничителя, неоднозначность в номенклатуре, статусах и распределении ответственности, приводит к разрыву

интеграции, поскольку плановые и фактические состояния перестают быть сопоставимыми, а переход от потребности к доступности ресурса утрачивает управляемость, дисциплина данных при этом уже перестает быть обслуживающим элементом информационного контура и выступает интеграционным механизмом, обеспечивающим удержание единой траектории материального потока в условиях вариативности исполнения и воздействия ограничений строительной площадки и городской среды.

При рассмотрении узла тактического планирования снабжения интеграция выявляется через семантическую и процессную совместимость, а унификация справочников и устойчивость идентификаторов обеспечивают единый объект управления для закупок, логистики, строительной площадки и подрядных подразделений. Одновременно регламент основания потребности и единый жизненный цикл статусов задают сопоставимый переход от календарной потребности к заказу и его подтверждению, а тактический контур связывает календарь работ с логистическим обеспечением, формируя систему ограничений, которые оперативный уровень принимает как исходные параметры управления. И поскольку распад единой семантики или размывание статусов приводят к переходу к компенсаторной модели, при которой накапливаются повторные согласования, усиливается буферизация запасов и возрастает доля внеплановых доставок, нарушение указанных условий на ранней стадии меняет характер управления. Так интеграция фактически редуцируется до оперативного устранения последствий несогласованности плановых данных, утрачивая функцию опережающего согласования, не обеспечивая устойчивость логистического контура.

Оперативная диспетчеризация поставок и управление логистикой внутри строительной площадки раскрывают интеграцию через событийную связность и достоверность фактических состояний. Ключевым здесь становится разграничение состояний движения материального потока как статусов выполнения операций над ним: «прибыл», «принят», «размещен» и «доступность к операции». Именно на этом уровне осуществляется переход от внешнего перемещения ресурса к его фактическому потреблению на фронте работ. В строительстве

формальное прибытие материала на объект не означает обеспеченность работ, и подмена указанных состояний приводит к искажению интеграционной логики: календарно-сетевой план начинает опираться на фиктивную обеспеченность, что увеличивает вероятность сдвигов сроков и простоев при формально корректных статусах. Непрерывность интеграции в этих условиях поддерживается за счет событийной фиксации, управления исключениями и разграничения прав доступа. Это позволяет фиксировать отклонения в момент их возникновения, локализовать источник нарушения и сохранять сопоставимость плановых и фактических состояний без изменения уже зафиксированных данных.

Центр консолидации строительных поставок выявляет интеграционную роль инфраструктурного посредника, который, одновременно, и сокращает число въездов на площадку, и формирует стандарт исполнения для разных поставщиков и перевозчиков. Включение центра в экосистему поставок материальных ресурсов делает правила унификации номенклатуры, идентификаторов, статусов и контроля качества особенно значимыми, поскольку консолидация по определению требует приведения разнотипных потоков к единому формату комплектования, приемки и выдачи. В узле консолидации интеграция выходит на межорганизационный уровень, где данные о комплектности, состоянии партий, расписаниях отгрузок и готовности к выдаче становятся общими параметрами для нескольких субъектов, где без единого источника истины и согласованных интерфейсов обмена неизбежно формируются расхождения, трансформирующиеся в потери времени и в дублирование операций на стыках узлов.

Информационно-координационный контур на базе информационного моделирования зданий 4D представляет собой узел, в котором интеграция приобретает форму совместной интерпретации и согласования ресурсов во времени и пространстве, а говоря отраслевыми ожиданиями, обеспечивает согласованность календарной структуры работ и пространственной организации площадки, позволяя выявлять конфликты еще до стадии исполнения, формируя логистические сценарии с учетом ограничений по зонам разгрузки, маршрутам перемещения и доступности общих ресурсов. Важно учитывать, что интеграционная роль

контура реализуется при условии соблюдения дисциплины данных, при которой унифицированные справочники, устойчивые идентификаторы и единые статусы, а также закрепленная ответственность за актуализацию информации создают условия, при которых модель отражает фактическое состояние системы снабжения и используется как основание для управленческих решений. Ослабление этих требований приводит к утрате управленческой функции, так как рассогласование плановых и фактических данных нарушает координацию участников, а модель фактически переходит в режим визуализации, не влияя на движение материального потока.

Поддержка принятия решений, в свою очередь, отражает аналитический уровень интеграции, формирующийся при выборе мер в условиях инфраструктурных ограничений городской среды, строительной площадки и цепи поставок. Сценарное сравнение остается возможным при сопоставимости исходных данных и наличии единого статуса фактического состояния, поскольку, в противном случае, результаты моделирования теряют интерпретируемость и воспроизводимость. Так дисциплина данных объединяет показатели различных подсистем и обеспечивает их сопоставление по времени, стоимости, экологическим и операционным параметрам в едином пространстве анализа, а событийная фиксация и учет исключений позволяют корректно отражать вариативность исполнения и исключать искажения, возникающие при работе с неполными или несопоставимыми данными., тем самым рассматриваемый узел связывает принимаемые меры с их последствиями, выраженными в параметрах фактических потоков и действующих ограничений.

Контур обратной логистики и замкнутых потоков расширяет представление об интеграции за пределы прямого движения материалов, фиксируя необходимость управляемой взаимосвязи прямых и обратных потоков в жизненном цикле строительных объектов. Без прослеживаемости происхождения и состояния материалов обратный поток не может быть включен в планирование и замещение первичных ресурсов, поэтому на правилах унификации номенклатуры, идентификаторов и контроля качества следует заострить внимание, а интеграция

выражается в способности экосистемы удерживать единый контур данных и ответственности для материалов, переходящих из режима эксплуатации и демонтажа в режим повторного использования, переработки или вывода на вторичные площадки, что повышает устойчивость ресурсного обеспечения и снижает потери стоимости.

В целом: полученные автором результаты исследования уже позволяют сформулировать вывод о том, что логистическая интеграция в экосистеме поставок материальных ресурсов в строительном комплексе опирается на три взаимосвязанных основания: семантическую совместимость объектов управления, процессную связность жизненного цикла снабжения и институциональную обеспеченность ответственности. При соответствии этим трем основаниям, технологические решения, включая информационный контур и центр принятия решений, выполняют функцию усиления управляемости, а инфраструктурные узлы, такие как центр консолидации строительных поставок, становятся механизмами стандартизации потоков и снижения потерь на стыках, а при ослаблении дисциплины данных интеграция деградирует до обмена несопоставимыми сведениями, увеличивая издержки на координацию и повышая вероятность отклонений по срокам и затратам. Именно поэтому в исследовательской логике управление цепями поставок в строительстве следует рассматривать через экосистемную призму интеграции, где качество данных и процедур их ведения является не вспомогательным элементом, а одним из ключевых факторов устойчивости и эффективности всей системы.

Значимость правил дисциплины данных по уровням управления раскрывается через различие управленческого горизонта и различие того, что именно на каждом уровне считается объектом регулирования и результатом управления. В этой связи стоит рассмотреть, как правила будут реализованы на различных уровнях управления, применяя нумерацию, размещенную при перечислении правил. На межорганизационном (экосистемном) уровне дисциплина данных выполняет функцию интеграционного языка взаимодействия участников, поскольку именно здесь возникает потребность в сопоставимости правил, статусов

и идентификаторов между независимыми субъектами цепи поставок. При наличии большого количества участников и звеньев цепи поставок единый контур данных становится условием согласуемости режимов работы: без унификации справочников и устойчивых идентификаторов (1-2) невозможно обеспечить совместимость требований к номенклатуре, комплектности и форматам поставок без единого жизненного цикла статусов и событийной фиксации (4-5) межорганизационная координация деградирует до параллельных трактовки «заказ подтвержден», «в пути», «прибыло», что формирует асимметрию информации и наращивает потери на стыках. На этом уровне принцип единого источника истины и согласованных интерфейсов обмена (11–12) имеет системообразующее значение, поскольку именно он предотвращает расслоение системы на автономные учеты, в которых одно и то же событие снабжения приобретает разные значения для поставщика, перевозчика, узла консолидации и площадки. Дополняющим, но принципиальным компонентом выступают правила ролей и ответственности (7, 10), так как экосистемная координация требует данных и фиксации информации, кто является владельцем отдельных классов информации, и кто имеет право изменять статусы, влияющие на движение материального потока. В результате межорганизационный уровень держит дисциплину данных как рамку совместимости, которая делает возможным управление экосистемой через согласованные регламенты и сценарные решения, а не через ситуативные согласования.

На стратегическом (корпоративно-портфельном) уровне правила дисциплины данных обеспечивают тиражируемость управленческих решений и сопоставимость результатов по портфелю проектов. Здесь основной риск связан не столько с единичными отклонениями в конкретной поставке, сколько с накоплением системных расхождений между проектами, когда разные правила кодирования ресурсов, разные статусы и разные процедуры фиксации приводят к невозможности агрегировать показатели, сравнивать эффективность поставщиков и оценивать совокупные затраты и риски. Поэтому унификация справочников и идентификаторов, пункт 1 и 2, на стратегическом уровне становится механизмом

формирования единой базы категорий, материалов и типовых цепей снабжения, а правила единого жизненного цикла статусов, пункт 4, и запрет произвольной ретроспективной корректировки, пункт 5, обеспечивают сопоставимость управленческих состояний во времени и между проектами. Принцип единого источника истины, пункт 11, в портфельной логике выступает условием корректности корпоративной отчетности и аналитики, тогда как контроль качества данных и управление исключениями, пункты 8 и 9, обеспечивают отделение системных проблем от единичных случаев. Назначение владельцев данных и регламенты актуализации седьмого пункта задают институциональную устойчивость цифрового контура, при котором данные становятся корпоративной нормой, поддерживающей воспроизводимость решений и снижение транзакционных издержек взаимодействия на протяжении портфеля.

Тактический уровень связывает дисциплину данных с календарно-сетевой моделью работ и переводит ресурсную потребность в план снабжения, которым можно управлять. На этом уровне особенно важны правила, определяющие, как возникает потребность и как она дальше проходит через проектный контур. Регламент фиксации потребности (3) определяет, что потребность формируется на формализованном основании, привязанном к этапу, месту и времени потребления, а не как произвольная заявка унификация справочников и идентификаторов (1–2) удерживает сопоставимость потребности, заказа и поставки в рамках проектной спецификации. Единый жизненный цикл статусов (4) и событийность фиксации (5) обеспечивают управляемость переходов «потребность-заказ-подтверждение-окно», что особенно важно в строительстве, где тактическая синхронизация зависит от дисциплины подтверждений и временных ограничений. Принцип единого источника истины и интерфейсы обмена (11–12) на проектном уровне выполняют роль связующего механизма между планом (включая BIM, 4D-контур, если он используется), логистическими решениями и фактом исполнения, предотвращая ситуацию, когда календарный план обновляется в одном контуре, а статусы снабжения продолжают существовать в другом. Контроль качества (8) и фиксация исключений (9) в проектной логике имеют прямое влияние

на устойчивость графика, поскольку позволяют выявлять и фиксировать отклонения как управленческие события, требующие корректировки сценария снабжения, а не как естественный фон строительного процесса.

Операционный (площадка, смена) уровень предъявляет к дисциплине данных требования максимальной событийной точности, поскольку на этом уровне любое расхождение между статусом и фактом непосредственно конвертируется в простои, потери времени на ожидание, повторные перемещения и нарушения ритма работ. Здесь системообразующими становятся правила событийности, (5) и разграничения состояний «прибыло-принято-размещено-доступно к операции», шестой, так как именно они отделяют формальное поступление на объект от реальной обеспеченности фронта работ. Единый жизненный цикл статусов обеспечивает, что оперативная диспетчеризация опирается на однозначные состояния и не вынуждена интерпретировать неформальные сообщения участников. Контроль качества данных, 8 пункт, и управление исключениями, 9, на операционном уровне превращаются в механизм удержания достоверности: отклонения по комплектности, повреждениям, невозможности разгрузки, конфликтам пространственно-временных ограничений должны фиксироваться как инциденты с ответственным и результатом, иначе они растворяются в операционной рутине и воспроизводятся. Разграничение прав доступа, пункт 10 и назначение владельцев данных, 7 пункт, важны не формально, а функционально через оперативный контур, который требует изменения критических статусов тем субъектом, который несет ответственность за событие, поскольку произвольные корректировки создают ложное основание для решений и повышают риск срывов по календарю. Принцип единого источника истины и согласованных интерфейсов обмена 11 и 12 пунктов обеспечивает нелокальность площадочных событий, а возвращают в общий контур планирования и координации, поддерживая интеграцию между фактом исполнения и проектной моделью. В общей интерпретации правила дисциплины данных по уровням управления образуют вертикаль логистической интеграции, в котором межорганизационный уровень закрепляет совместимость и сопоставимость между участниками, стратегический уровень,

ниже иерархией: обеспечивает тиражируемость и сопоставимость по портфелю, тактический уровень связывает календарь работ с планом снабжения, а операционный уровень обеспечивает достоверный факт и реальную доступность ресурсов для выполнения работ, позволяя трактовать дисциплину данных как управленческую инфраструктуру экосистемы.

Эти правила дисциплины данных в экосистеме поставок в целях исследования дальше можно интерпретировать как механизм, определяющий качество входов и воспроизводимость выходов в каждом узле экосистемы, что является принципиальным для логистической интеграции, поскольку устойчивость сопряжения узлов достигается тогда, когда входные данные и ограничения поступают в узел в однозначной семантике, с устойчивыми идентификаторами и в формализованных статусах, а выходные решения фиксируются как события и состояния, которые могут быть непосредственно использованы в соседних контурах без дополнительного перевода и пересогласования. Соответственно, правила унификации справочников и идентификаторов задают сопоставимость объектов управления, правила жизненного цикла статусов и событийности обеспечивают связность переходов от плановых параметров к фактическим состояниям, а правила ответственности, контроля качества и единого источника истины предотвращают расслоение системы на параллельные учеты, в которых одно и то же событие получает разные трактовки. Такая функциональная роль узлов, их входы и выходы описываются в табл. 3.4. и как инструмент управления она позволяет методически показать, где дисциплина данных выступает критическим условием управляемости, а именно на стороне входов как требование к полноте, актуальности и однозначности исходных ограничений и параметров, на стороне выходов как требование к формализации решений и их последующей прослеживаемости в виде статусов и событий, и в части стыковок как условие интеграционной совместимости, при которой результат одного узла становится корректным входом для другого. В дальнейшем это дает возможность автору перейти уже к конкретным точкам контроля интеграции, выделяя для каждого узла минимально необходимый набор входных данных и обязательных

выходных состояний, обеспечивающих непрерывность материального потока и устойчивость календаря работ в условиях отклонений.

Таблица 3.4 – **Параметры входа и выхода в узлах экосистемы**

Узел экосистемы	Входы	Выходы
Тактическое планирование снабжения	Календарный план укрупненные ведомости потребности лимиты складирования, окон правила поставки и приоритизации	Недельные, двухнедельные рамочные планы поставок лимиты по транспортам и хранению сценарии буфер или без буфера
Оперативная диспетчеризация	Фактическое продвижение работ фактические запасы статусы транспорта доступность материала по периодам	Динамическая корректировка дат, маршрутов и партий минимизация простоев из-за дефицита снижение сверхзатрат
Центр консолидации поставок	Поставки от производителей и дистрибьюторов графики окон требования к комплектности ограничения города	Снижение числа въездов на площадку, управляемое хранение, комплектация и отправка в нужной очередности, повышение реактивности на срочные потребности
Управление логистикой внутри площадки	План площадки зоны разгрузки маршруты перемещения график использования общих механизмов	Планировка и режимы перемещения, снижение коллизий и простоев, управляемость общих ресурсов
Информационно-координационный контур	Модель объекта график работ данные о логистических операциях и ресурсах статусы изменений	3D-схемы площадки 4D-планы логистики улучшение понимания логистической информации повышение эффективности и безопасности при наличии дисциплины данных
Система поддержки принятия решений	Параметры проекта набор переменных ситуации варианты мер данные затрат и выгод экологические и операционные показатели	Подбор мер оптимизации оценка сценариев политик и ограничений расчет выгод, издержек ССС (в т.ч. через компоненты затрат и экономии)
Контур обратной логистики и замыкания материальных потоков	Источники демонтажа, реконструкции классификация пригодности требования к повторному использованию каналы переработки	Потоки возвратов повторное использование, переработка снижение отходов расширение ресурсной устойчивости цепи

После концептуализации правил дисциплины данных методически необходимо как эти правила выполняют защитную функцию по отношению к логистической интеграции в экосистеме поставок. В строительном комплексе интеграция проявляется через устойчивость переходов между узлами и контурами управления, когда входные параметры поступают в систему в сопоставимом виде, а выходные решения оформляются как однозначные состояния и события,

пригодные для дальнейшей синхронизации. При нарушении этой логики система теряет связность в стыках, например календарные ограничения перестают транслироваться в режим снабжения, подтверждения поставок и окна доставки начинают трактоваться неодинаково разными участниками, факт поступления на площадку критично подменяется предположением о доступности ресурса для операции, а корректировки принимаются на основе разрозненных источников и несопоставимых статусов, создавая системные разрывы, воспроизводимые в проекте и накапливающиеся в масштабе сети участников, формируя устойчивые потери по срокам, стоимости и управляемости материального потока.

В табл. 3.5 в виде матрицы представлен свод таких уязвимостей логистической интеграции, который фиксирует типовые риски формирования экосистемы поставок материальных ресурсов как проявления нарушенной связности входов и выходов на ключевых стыках контуров управления. По задумке автора, отклонение трактуется как системный разрыв, имеющий определенную причину, конкретное последствие для функционирования экосистемы, управленческую меру восстановления связности и измеримые индикаторы контроля, позволяя перейти от нормативной постановки дисциплины данных к инструментальному уровню анализа, где правила интерпретируются через их способность предотвращать воспроизводимые отказные сценарии и поддерживать непрерывность сопряжения узлов экосистемы в условиях ограничений площадки и внешней среды.

Таблица 3.5 – Матрица уязвимостей логистической интеграции экосистемы

Риски и разрыв при формировании экосистемы	Узел и стык экосистемы, где проявляется разрыв	Системная причина	Последствие для экосистемы	Критичные правила дисциплины данных (№)
Разрыв между графиком работ и графиком поставок	Стык тактического планирования и оперативной диспетчеризации	План и исполнение ведутся в разнесенных временных контурах статусы потребности, заказа,	Нарушается стыковка контуров и сопоставимость план-факт по обеспеченности выход	3, 4, 5, 6, 11, 12

	контур обеспечения (МТО)	подтверждения и окон не образуют единой цепочки переходов	тактики не становится устойчивым входом для оперативного контура	
Невозможность эффективного складирования на площадке (ограниченное пространство)	Стык консолидационного центра и площадки внутриплощадочная логистика	Пространственные ограничения площадки не согласованы с режимом партийности и последовательностью работ, отсутствует управляемое разделение буфера и оперативного потребления	Нарушается сопоставимость входных ограничений по хранению и выходных режимов поставки интеграция укрупнение партии – доступность к операции деградирует в режим мелкопартийности	1, 2, 4, 5, 6, 11, 12
Локальные ограничения городской среды дают контрпродуктивный эффект	Стык центра принятия решений и институционально-организационного контура городские ограничения – проект	Ограничивается один параметр без оценки системы в целом отсутствует сценарная проверка и учет взаимных компенсаций мер	Нарушается сопоставимость сценариев и причинно-следственная связь «мера-интегральный эффект» выход регуляторного решения не согласуется с режимом последней мили	1, 2, 4, 8, 11, 12
Центр консолидации строительных поставок внедрен, но не работает как экосистемный узел	Стык центр – оперативная диспетчеризация – площадка институциональные правила сервиса	Не определены правила сервиса, масштаб, распределение выгод и затрат и ответственность за статусы и качество данных	Нарушается стыковка узла консолидации с оперативным и площадочным контуром выход ССС не превращается в гарантированную доступность ресурса для операции	4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Низкая применимость информационного контура в 4D для логистики на практике	Стык BIM, 4D – тактический, оперативный, площадка	Недостаток обучения и регламентов низкое качество входной информации отсутствует ответственность за актуализацию модели и статусов	Нарушается событийная достоверность выходов координации 4D-планы не становятся устойчивым входом для решений по ресурсам и маршрутам	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 12
Потери на стыке «доставка на площадку - доставка в точку потребления»	Стык оперативной диспетчеризации и внутриплощадочной логистики	Не учтены ограничения общих ресурсов (подъемные механизмы, маршруты, зоны разгрузки) нет событийной фиксации размещения и	Нарушается событийная достоверность выходов площадочного контура статус «на площадке» подменяет статус «доступно к	4, 5, 6, 8, 9, 11, 12

		доступности к операции	операции», что разрушает сопоставимость обеспеченности работ	
Обратная логистика не встроена в контур поставок	Стык RL – планирование снабжения – контур обеспеченности	Обратные потоки исключены из планирования отсутствуют роли, каналы возврата и требования к фиксации пригодности	Нарушается сопоставимость объектов управления между прямым и обратным потоками выход RL не включается во входы планирования и контроля обеспеченности	1, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12
Информационные потоки не поддерживают управляемость	Стык всех узлов через контур обеспеченности институциональный контур – операционный контур	Нет единого режима фиксации статусов, дефицитов и приоритетов межсистемная связность нарушена учеты дублируются	Нарушается сопоставимость входов и событийная достоверность выходов во всех узлах интеграция замещается ручной приоритизацией и реактивными решениями	1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12

Переходя к выводу, отметим, что логистическая интеграция экосистемы поставок в строительном комплексе имеет информационно-институциональную природу и обеспечивается воспроизводимой согласованностью семантики, статусов и процедур фиксации событий, через которые материальный поток переводится в управляемую траекторию относительно календаря работ. Единое поле данных, поддерживаемое унифицированными справочниками и устойчивыми идентификаторами, формирует сопоставимость объекта управления между участниками, а регламентированный жизненный цикл снабжения и фиксация статусов превращают информационные состояния в управленческие основания, позволяющие синхронизировать решения по снабжению, транспортно-распределительному обеспечению и внутриплощадочной логистике без разрыва календарно-сетевой модели. Тем самым механизмом снижения асимметрии информации и минимизации координационных потерь выступает дисциплина данных, которая через сокращение числа повторных согласований, снижает вероятность субъективной интерпретации обеспеченности, ограничивает возникновение

параллельных учетов и поддерживает воспроизводимость план-факт сопоставления на уровне проекта и на уровне портфеля объектов.

Проведенная автором привязка правил к узлам экосистемы и их последующая инструментализация через параметры входов и выходов показывают место формирования интеграции на стыках контуров управления, где результат одного узла должен становиться корректным входом для следующего. При нарушении унификации и процедурной связности в этих швах происходит деградация управляемости в виде системных разрывов, то есть тактические ограничения не транслируются в оперативное исполнение, факт поступления подменяет обеспеченность операции, инфраструктурные узлы консолидации утрачивают функцию стандартизации, а координационные инструменты в 4D-логике теряют достоверность из-за неактуальности и неответственного ведения данных. Разработанная автором матрица уязвимостей логистической интеграции становится логическим переходом к последующему анализу, фиксируя типовые разрывы возникают при недостаточной дисциплине данных, на каких стыках экосистемы они локализуются и обозначая критичность правил для их предотвращения. Следовательно, дальнейшее развитие модели управления экосистемой поставок целесообразно вести через выявление точек контроля интеграции в каждом узле и на каждом переходе «вход-выход», поскольку именно эти переходы определяют устойчивость календаря работ и экономическую результативность материально-технического обеспечения проекта в условиях вариативности исполнения и ограничений строительной площадки и городской среды.

3.3. Методические рекомендации по оценке логистического потенциала цепи поставок в строительстве

Понятие логистического потенциала целесообразно вводить как категорию, которая описывает способность системы управления удерживать требуемый режим движения потоков при заданных ограничениях. В этой трактовке показательно определение Проценко И.О., согласно которому логистический потенциал понимается как «способность успешно решать комплекс

взаимосвязанных логистических задач в заданном режиме времени по рациональной организации управления внутренними и внешними потоковыми процессами» [133, с. 68]. Данная формулировка методически важна тем, что фокус смещается на воспроизводимость управленческого результата во времени: потенциал проявляется не тогда, когда отдельная поставка состоялась, а тогда, когда цепь поставок системно обеспечивает согласованное прохождение материального потока через звенья снабжения, транспорта, складирования и внутриплощадочных перемещений, сохраняя сопоставимость фактических состояний с плановой потребностью и обеспечивая корректную переработку отклонений в управленческие решения.

В строительстве такое понимание логистического потенциала приобретает прикладной смысл вследствие проектного характера деятельности и доминирования календарно-сетевой логики работ, в рамках которой ресурсное обеспечение выступает не автономной функцией, а ограничителем выполнения технологических операций. Потенциал цепи поставок здесь выражается в способности удерживать связность перехода от потребности к доступности ресурса в точке выполнения операции, поскольку именно этот переход определяет, превращается ли формально материальный поток в определенном звене логистической цепи в реальную материальную обеспеченность работ. При наличии пространственных ограничений площадки, ограничений городской среды и большого числа экономически самостоятельных участников потенциал становится характеристикой интегрированности управленческих контуров: насколько устойчиво согласуются решения тактического горизонта и оперативного исполнения, насколько однозначно интерпретируются статусы снабжения, насколько быстро система реагирует на дефициты, сбои и изменения последовательности работ без накопления координационных потерь, которые далее трансформируются в срочность, избыточные перемещения и простои. В этом смысле логистический потенциал выступает измеримой границей управляемости цепи поставок: чем выше способность системы решать взаимосвязанные задачи в заданном режиме времени, тем ниже вероятность, что отклонения будут компенсироваться

исключительно за счет неформальных согласований и затратной буферизации, и тем выше устойчивость траектории материального потока относительно календаря работ.

Методические рекомендации по оценке логистического потенциала цепи поставок в строительстве целесообразно формировать, исходя из того, что в строительном комплексе объектом управления выступает не отдельная поставка как завершённый факт перемещения, а режим обеспечения календарно-сетевой модели работ материальными ресурсами в условиях пространственно-временных ограничений площадки, многообразия участников и высокой доли межорганизационных стыков. В предметной области отрасли строительства логистический потенциал корректно трактовать как способность цепи поставок воспроизводимо поддерживать согласованность между графиком работ и графиком снабжения, обеспечивая переход от проектной потребности к фактической доступности ресурса в точке выполнения операции, удерживая устойчивость решений при возникновении отклонений, неизбежных для строительной среды. Отсюда становится очевидным, что оценка потенциала переходит от традиционного фиксирования объемов поставок или мощности отдельных звеньев. Поскольку такие параметры без увязки с управляемостью статусов, событийностью факта и сопоставимостью данных не позволяют сделать вывод о способности системы минимизировать координационные потери и предотвращать срывы запланированных мероприятий и показателей, в условиях экосистемной организации поставок материальных ресурсов важнее перейти к оценке логистического потенциала через выявление уязвимости логистической интеграции, так как именно они обнаруживают типовые точки разрыва связности между контурами управления и позволяют задать измеримую основу для диагностики. Так как такой разрыв в данной логике рассматривается как воспроизводимый дефект сопряжения входов и выходов узлов экосистемы, что влечет за собой нарушение синхронизации планирования и диспетчеризации, ограниченность складирования на площадке, контрпродуктивность отдельных мер в городской среде, несостоятельность центра консолидации строительных поставок как инфраструктурного узла, низкая

применимость информационного моделирования зданий в 4D для логистики без дисциплины данных, потери на переходе от разгрузки к доставке в точку потребления, невстроенность обратной логистики и деградация информационных потоков до несопоставимых параллельных учетов. В таком случае логистический потенциал раскрывается через сопряженные измерения наличия управленческих механизмов, способных восстанавливать связность контуров при отклонениях, и наличия индикаторов контроля, позволяющего наблюдать степень устойчивости режима снабжения, стоимость отклонений и скорость реакции системы.

Содержательно это означает, что методическая база оценки строится как связка «разрыв - управленческая мера - индикаторы контроля», дополненная указанием критичных правил дисциплины данных, без которых показатели нельзя интерпретировать однозначно и сопоставимо в масштабе проекта и сети участников. Именно дисциплина данных задает единый жизненный цикл статусов снабжения и обеспечивает событийную достоверность состояния «потребность - заказ - подтверждение - резервирование окна - приемка - размещение - доступность к операции», тем самым формируя основания для корректного план-факт сопоставления и для перехода от фиксации отклонений к их управленческой переработке.

Прикладной каркас методических рекомендаций по оценке логистического потенциала цепи поставок в строительстве задает табл. 3.6, которой агрегируются типовые разрывы формирования экосистемы поставок, меры их нивелирования и контрольные индикаторы в привязке к критичным правилам дисциплины данных.

Таблица 3.6 – Меры нивелирования разрывов и контрольные индикаторы

Разрыв при формировании экосистемы	Управленческая мера	Индикаторы контроля
Разрыв между графиком работ и графиком поставок	Двухуровневое управление: тактика задает рамки и ограничения, оперативный контур корректирует исполнение в скользящем горизонте по факту	Доля поставок в окно, % частота экстренных доставок, шт./нед. время простоя по причине снабжения, час. дополнительные затраты на срочность, руб.
Невозможность эффективного	Перенос буфера в ССС режимы хранения по этапам выполнения	Частота рейсов на единицу объема, рейс/1000 м ² доля доставок без

складирования на площадке (ограниченное пространство)	работ укрупнение доставок при допустимости по фронтам и ограничениям	дефицита при режиме ЛТ, % время ожидания разгрузки, мин. стоимость транспорта, руб./м ²
Локальные ограничения городской среды дают контр-продуктивный эффект	Предварительная оценка сценариев через центр принятия решений выбор комбинаций мер с учетом компромиссов по показателям	Частота доставок, шт./сут. суммарный пробег, км время доставки/ожидания, мин. удельные затраты на доставку, руб./ед.
Центр консолидации строительных поставок внедрен, но не работает как экосистемный узел	Обоснование через затраты и выгоды настройка размерности закрепление сервисной модели и регламента статусов, включая ответственность участников	Доля OTIF, % частота простоев у ворот, шт./нед. время простоя у ворот, мин. изменение совокупной логистической стоимости, руб./м ² (при необходимости – NPV проекта центра)
Низкая применимость информационного контура в 4D для логистики на практике	Обучение регламент обновления закрепление ответственности за качество входов и совместную координацию	Доля актуализированных элементов модели, % частота выявленных коллизий до работ, шт./период время согласования изменений, час. частота инцидентов, шт./период
Потери на стыке «доставка на площадку - доставка в точку потребления»	3D-планировка площадки + 4D-координация общих ресурсов актуализация логистического плана по продвижению проекта	Время от ворот до фронта работ, мин. частота очередей на разгрузке, шт./смену время простоя бригад из-за материалов, час. частота инцидентов, шт./период
Обратная логистика не встроена в контур поставок	Встраивание RL в экосистему: правила отбора пригодности, каналы повторного использования и переработки, информационное сопровождение	Доля повторно использованных материалов, % частота возвратных партий, шт./период время обработки возврата, сут. экономия и доход от возвратов, руб.
Информационные потоки не поддерживают управляемость	Программная поддержка расчетов обеспеченности и приоритизации регулярная оценка дефицитов и сроков в связке с технологией работ стандартизация статусов и контроль качества	Точность план-факт по обеспеченности, % частота дефицитов, шт./период время реакции на дефицит, час. дополнительные затраты из-за отклонений МТО, руб.

После построения системы показателей, распределенных по узлам и уровням управления, методически необходим следующий шаг – перевод измерений в контур диагностики. В строительной цепи поставок показатели фиксируют состояние потоков и управленческих режимов, однако без привязки к типовым разрывам интеграции они остаются набором разрозненных наблюдений: значение ключевых показателей эффективности (KPI) может ухудшаться, но причина ухудшения и точка возникновения нарушения в экосистеме остаются

неидентифицированными. По этой причине в логике оценки логистического потенциала показатели должны интерпретироваться как индикаторы нарушений связности между контуром планирования работ, контуром снабжения, транспортно-распределительным обеспечением и внутриплощадочной логистикой. Иными словами, измерение необходимо дополнить инструментом, который задает причинно-следственную рамку: где возникает разрыв, за счет каких системных причин он формируется, в какие последствия он трансформируется для календаря и затрат, и какими управленческими мерами восстанавливается сопряжение узлов.

Матрица уязвимостей логистической интеграции выполняет функцию структурирования наблюдаемых отказов связности в экосистеме поставок и, тем самым, задает методическое основание для построения системы показателей логистического потенциала. Поскольку логистический потенциал цепи поставок в строительстве раскрывается как совокупность управленческих возможностей поддерживать структуру работ при ограничениях площадки, транспорта, хранения и городской среды, его оценка требует таких индикаторов, которые фиксируют одновременно устойчивость плановых решений и качество их исполнения по факту. В этой связи необходимым становится перевод каждого выявленного системного разрыва в измеримые параметры, позволяющие, с одной стороны, обнаруживать нарушение сопряжения контуров управления, а с другой – проверять, восстанавливается ли связность после управленческого воздействия. В представленной таблице показателей (табл. 3.7) эта логика реализуется через разнесение индикаторов по уровням и узлам экосистемы: тактический контур удерживает измеримость устойчивости недельного плана и временно-стоимостного компромисса, контур обеспеченности фиксирует план-факт готовности ресурсов в привязке к срокам и технологии работ, оперативный контур отражает пунктуальность поставок по окнам и распределение отклонений по срокам доставки, узел консолидации позволяет оценивать интенсивность консолидации, число доставок, пробег и коэффициент загрузки как параметры управляемости последней мили, экологический и социальный контур обеспечивает сопоставимость

внешних эффектов между сценариями, BIM, 4D-контур делает измеримой актуальность пространственно-временной координации и характер коллизий, а обратная логистика формирует показатели замыкания материальных потоков и снижения потерь стоимости. Таким образом, система ключевых показателей эффективности выступает инструментом оценки логистического потенциала потому, что она описывает потенциал через наблюдаемую способность экосистемы переводить плановые ограничения и решения в воспроизводимое исполнение без разрыва связности на стыках изменения статуса процессов, а также через способность сохранять управляемость при отклонениях, фиксируя их не как разрозненные события, а как параметры, сопоставимые между периодами и сценариями управленческих решений.

Таблица 3.7 – Система показателей (KPI) оценки логистического потенциала экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе по подсистемам и горизонту контроля

Векторы оценки	Показатель (KPI)	Операционализация	Ед. изм.	Рекомендуемая частота контроля	Значение показателей
Тактическое планирование строительной логистики (недельный уровень)	Стабильность недельного графика работ и снабжения	Доля задач и фаз, у которых недельные решения по срокам и ресурсам не пересматривались в пределах недели план-факт по ключевым вехам	% шт.	Недельная	Фиксирует несущую конструкцию плана, на которую затем опирается оперативный контур
Тактическое планирование	Временно-стоимостной компромисс	Плановая стоимость логистических решений и ускорений задач в увязке с длительностью проекта, фаз сопоставление сценариев по стоимости и времени	Руб. дни	Недельная (с пересчетом при изменении ограничений)	Позволяет «не выкупать срок ценой неконтролируемых затрат и удерживать рациональность решений

Тактическое планирование + обеспеченность	Обеспеченность объектов материальными ресурсами по срокам и технологии	Доля позиций, работ, обеспеченных в требуемые сроки с учетом технологии регистрации дефицитов по критическим позициям	% шт.	Недельная	Делает управляемой связку «объект - заводы стройиндустрии» и переводит неопределенность в измеримый риск обеспеченности
Оперативная диспетчеризация (ежедневное исполнение в скользящем горизонте)	Пунктуальность поставок по окнам разгрузки	Доля поставок, прошедших в согласованное окно, дату отдельный учет «в окно без очереди» или «с ожиданием»	%	Ежедневная	Прямой индикатор того, насколько логистика поддерживает производственный ритм площадки, а не разрушает его
Оперативная диспетчеризация	Отклонение по сроку доставки	Среднее, медианное отклонение факта от плана по дням, часам выделение хвоста распределения (критические опоздания)	часы, дни	Ежедневная	Удерживает качество сервиса поставок как функцию, а не как эпизодический факт
Оперативная диспетчеризация + запасы	Соблюдение ограничений складирования на площадке	Контроль, что запас не превышает максимально допустимый объем хранения фиксация случаев, когда хранение на площадке невозможно	факт, не факт % дней	Ежедневная	Ключевой ограничитель для городских и стесненных площадок напрямую связан с решениями о вынесении буфера в центре консолидации строительных поставок
Центр консолидации строительных	Интенсивность консолидации	Доля потоков, проходящих через центр (входящие-исходящие), и доля сборных партий, а также прямых поставок	%	Ежедневная, недельная	Отражает, работает ли центр как узел экосистемы или остается надстройкой без реального

поста- вок					влияния на поток
центр консо- лида- ции строи- тель- ных поста- вок + транс- порт	Количество до- ставок	Общее число доставок за период по объек- там, материалам от- дельно – мелкие до- ставки	шт.	Ежедневная, недельная	Базовый опе- рационный индикатор, который дол- жен сопостав- ляться со сце- нариями огра- ничений и по- литик, чтобы избегать не- контролируе- мого увеличе- ния количе- ства рейсов
центр консо- лида- ции строи- тель- ных поста- вок + транс- порт	Пробег и время	Суммарный пробег и, или время на доставку в разрезе вход, выход и по поставщикам	км часы	Ежедневная, недельная	Позволяет од- новременно видеть эконо- мику и внеш- ние эффекты городского строительства
Центр консо- лида- ции строи- тель- ных поста- вок + транс- порт	Коэффициент загрузки	Отношение фактиче- ской загрузки к номи- нальной вместимости по типам транспорта и плечам	%	Недельная	Показывает качество кон- солидации именно этот показатель растет при грамотной настройке центр и пло- щадка
Эколо- гиче- ский и соци- альный контур	Выбросы и ме- дико-социаль- ный эффект	CO ₂ , PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO ₂ , CO и риск здо- ровью по Р 2.1.10.1920-0. расчи- тываются сопоста- вимо между сценари- ями политики (тип ТС, стандарт, распо- ложение центра)	С _{тах} , ПДК _{мр} C _{ss} , ПДК _{сс} число, доля превы- шений, пе- риод, по при- оритет- ным	Недельная, по сценарию	Нужен как критерий вы- бора между вариантами: одиночные ограничения могут ухуд- шать систему, увеличивая число рейсов и совокупный ущерб

			веществам зона, доля объектов с HI>1		
Информационное моделирование зданий в 4D для логистики	Актуальность 4D-плана логистики	Доля элементов, операций, у которых 4D-план обновлен по факту продвижения время запаздывания обновления	% дни	Ежедневная, недельная	Переход от витрины к управлению: 4D-план должен успевать за изменениями площадки
ВМ-контур + площадка	Коллизии и потери из-за пространственно-временных конфликтов	Число выявленных коллизий, конфликтов на стадии 4D-проверки и число конфликтов, дошедших до площадки	шт.	Недельная	Напрямую связано с тезисом о том, что 4D-моделирование облегчает обнаружение конфликтов и повышает эффективность планирования логистики
ВМ-контур + кадры	Уровень готовности персонала к 4D-логистике	Доля участников, прошедших обучение и реально использующих 4D-инструменты учет барьеров «недостаточный уровень обучения, низкое качество информации»	%	Ежемесячная, квартальная	Это скрытый КРІ внедрения: в исследовании барьеры применения прямо связаны с обучением и качеством информации
Обратная логистика в жизненном цикле строительства	Доля возврата, повторного использования	Доля материалов, направленных на повторное использование, переработку, и доля закрытия цикла по позициям	% т	Недельная, помесечная	Переводит отходы в управляемый обратный поток и формирует замыкание цепи поставок в строительстве как расширение экосистемы

Логистический потенциал применительно к строительству предлагается рассматривать как устойчивую способность системы управления воспроизводимо обеспечивать заданный режим движения материальных и сопровождающих информационных потоков в условиях жестких пространственно-временных ограничений строительной площадки, регламентов городской среды и высокой доли межорганизационных стыков. В данной постановке потенциал проявляется в сохранении управляемой связности перехода от проектной потребности к фактической доступности ресурса для технологической операции, то есть в способности цепи поставок поддерживать гарантированность поставок при неизбежной вариативности исполнения и изменения внешних требований, не допуская накопления координационных потерь, трансформирующихся в вынужденную срочность, избыточные перемещения и простои производственных звеньев.

Предложенный набор индикаторов принципиален тем, что переводит категорию потенциала из описательной плоскости в измеримую, задавая наблюдаемость ключевых механизмов управляемости в каждом узле экосистемы. На тактическом горизонте потенциал фиксируется через показатели устойчивости недельных решений, через параметризацию временно-стоимостных компромиссов и через обеспеченность работ ресурсами по срокам и технологии тем самым измеряется способность управленческого контура формировать рамочные ограничения и поддерживать их согласованность с календарной структурой работ. На оперативном горизонте потенциал раскрывается через показатели соблюдения окон разгрузки, распределения отклонений по срокам доставки и соблюдения предельных режимов складирования на площадке здесь диагностируется способность системы поддерживать исполнение в скользящем режиме и удерживать достоверность статусов, от которых зависят диспетчеризация, перенастройка маршрутов и перераспределение приоритетов по фронтам.

Включение центра консолидации строительных поставок в контур оценки расширяет измерение потенциала до уровня управляемости последней мили и межорганизационного сопряжения потоков: интенсивность консолидации,

количество доставок, пробег, время и коэффициент загрузки описывают, в какой мере инфраструктурный узел выполняет функцию стандартизации партийности, стабилизации комплектности и снижения неопределенности при обеспечении площадки, либо, напротив, становится дополнительным звеном без выраженного эффекта для календаря и совокупной логистической стоимости. Экологический и социальный контур задает измерительную основу внешних ограничений, которые в городской среде выступают параметрами управляемости цепи поставок: сопоставимые индикаторы по приоритетным загрязняющим веществам и рискам для здоровья позволяют оценивать последствия управленческих мер как интегральный эффект сценария, а не как локальную оптимизацию по одному показателю.

Информационно-координационный слой оценивается через актуальность 4D-планов, своевременное выявление несогласованностей между графиком работ, размещением ресурсов и внутриплощадочными перемещениями, а также готовность персонала работать с моделью. Сама модель без фактической связи с ходом работ не будет эффективной. Важно идентифицировать насколько своевременно обновляются данные, видны ли пересечения по зонам, срокам и общим ресурсам, можно ли на основе модели согласовать подачу материалов, работу подъемных механизмов и перемещения внутри площадки, поэтому измеряется в первую очередь способность 4D-модели поддерживать согласованность решений во времени и пространстве.

Показатели обратной логистики расширяют оценку логистического потенциала за пределы текущего снабжения, связывая материальный поток с жизненным циклом строительного объекта, рационализируя возврат, сортировку, повторное использование ресурсов и снижение потерь при демонтаже, реконструкцию или завершении работ. При таком подходе ресурсная устойчивость выражается в способности цепи поставок сохранять часть стоимости материалов и конструкций после их первичного использования, чтобы в совокупности система индикаторов позволила оценивать логистический потенциал через степень согласованности управленческих контуров. Тут же важнее связи между тактическим

планированием и оперативным исполнением, работой узлов консолидации и внутриплощадочным распределением, внешними ограничениями городской среды и фактической организацией поставок, нежели отдельные показатели сами по себе, поэтому информационный контур должен обеспечивать событийную достоверность данных, сопоставимость плановых и фактических состояний, а также возможность быстро увидеть, где именно возникает отклонение в движении материального потока.

Потенциал цепи поставок получает прикладное выражение через наблюдаемую устойчивость режима снабжения и способность системы перерабатывать отклонения в корректировки, сохраняющие календарную траекторию выполнения работ и предотвращающие переход управления в режим неформализованных согласований и затратной компенсации несогласованности, в то время как практическая реализация оценочной процедуры предполагает принятие решений и выработку управляющих воздействий через обратную связь, требуя учета уровневая организация экосистемы (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Алгоритмическая схема принятия решений в логистической экосистеме

Логистическая экосистема функционирует как управляемый цикл преобразования данных в решение и последующее корректирующее воздействие и отклонение фиксируется в том узле, где возникает разрыв между плановым и фактическим состоянием потока, после чего передается на тот уровень управления, который обладает полномочиями для его устранения. За счет этого операционные сбои переводятся в формализованные решения тактического, стратегического или межорганизационного характера, а контур обратной связи по отклонениям предполагает формирование механизма работы с определением отклонений и выработкой управленческих воздействий для достижения заданных параметров.

Механизм управления параметрами относительно планируемого уровня системы иллюстрируется рисунком 3.4. и завершается сохранением требуемого режима функционирования логистической экосистемы, поскольку результатом управленческого цикла выступает восстановление согласованности между плановыми параметрами снабжения, фактическим движением ресурсов, межорганизационными условиями взаимодействия и контролируруемыми показателями выполнения работ. Для проверки эффективности схемы будем использовать оценку продолжительности и трудоемкости управленческого цикла, поскольку эти показатели характеризуют способность логистической экосистемы переводить выявленное отклонение в формализованное решение при меньших временных и трудовых затратах. В рассматриваемой ситуации сопоставляется структура управленческого цикла до и после внедрения алгоритма, а именно от формирования запроса и сбора данных до согласования, выбора сценария, реализации решения и контроля результата. Дополнительно можно оценить снижение числа

повторных согласований и уменьшение потерь от отклонений, что позволит показать эффект во времени и затратах (формула 3.1).

$$T_{\text{уц}} = T_{\text{запр}} + T_{\text{сб}} + T_{\text{согл}} + T_{\text{ан}} + T_{\text{рс}} + T_{\text{р}} + T_{\text{исп}} + T_{\text{к}}, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{уц}}$ – длительность управленческого цикла $T_{\text{запр}}$ – формирование запроса $T_{\text{сб}}$ – сбор данных $T_{\text{согл}}$ – межорганизационное согласование $T_{\text{ан}}$ – аналитическая оценка в системе поддержки принятия решений $T_{\text{рс}}$ – математическая оценка сценариев $T_{\text{р}}$ – принятие решения $T_{\text{исп}}$ – реализация решения $T_{\text{к}}$ – контроль ключевых показателей эффективности.

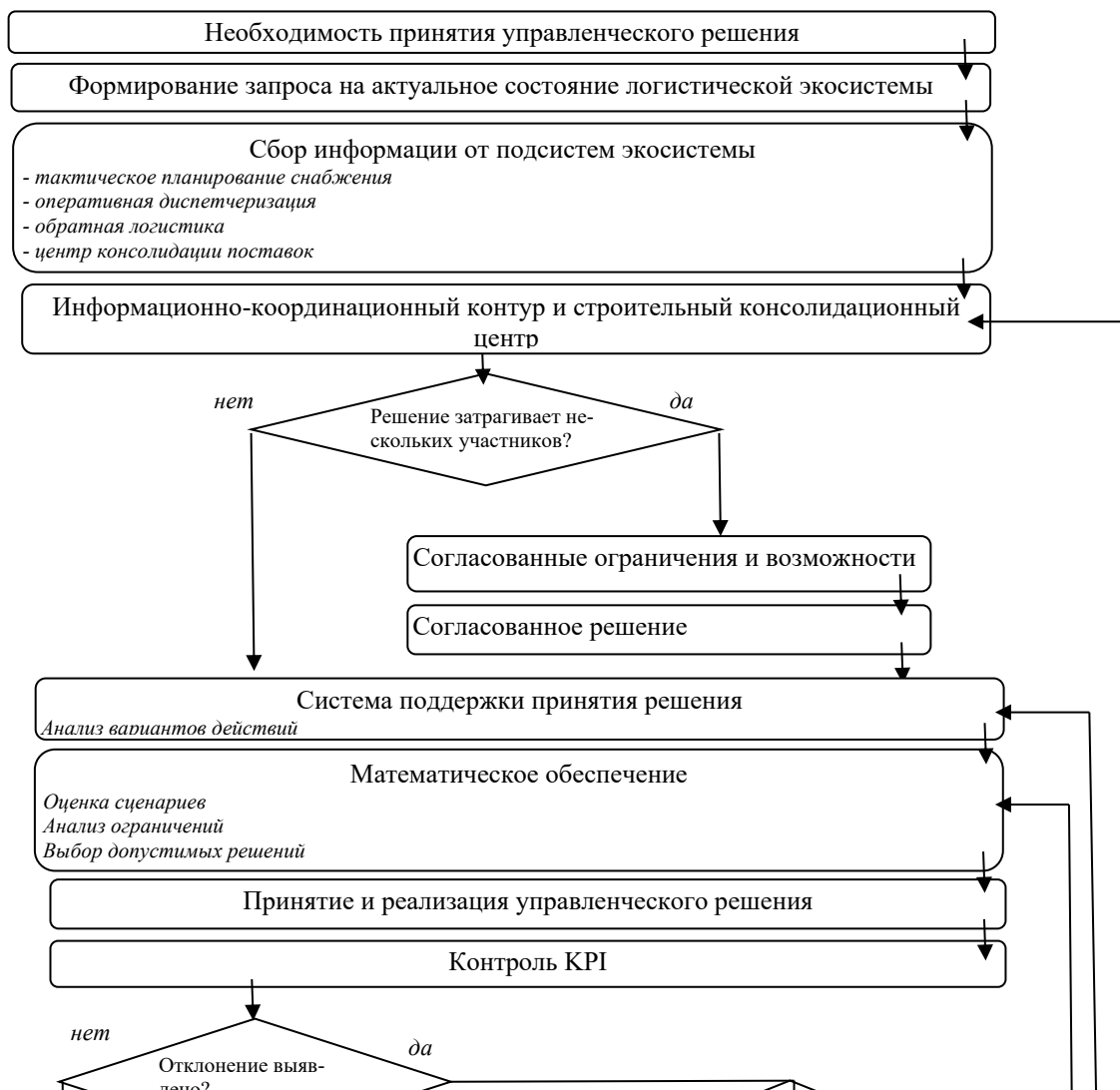


Рисунок 3.4 – Механизм управления параметрами логистической экосистемы

В результате рассчитывается абсолютное сокращение трудоемкости управленческого цикла и относительный эффект от внедрения логистической экосистемы. Показатель абсолютного эффекта отражает разницу между длительностью цикла до и после внедрения предложенного механизма управления (формула 3.2), а относительный показатель характеризует долю сокращения времени в процентах (формула 3.3). Полученные значения позволяют оценить влияние экосистемного подхода на ресурсоемкость преобразования информации в управленческое решение и последующую реализацию корректирующих воздействий, обеспечивающих поддержание требуемых параметров функционирования цепи поставок.

$$\Delta T = T_{\text{уп}}^{\text{до}} - T_{\text{уп}}^{\text{посл}}, \quad (3.2)$$

$$E_T = \frac{T_{\text{уц}}^{\text{до}} - T_{\text{уц}}^{\text{посл}}}{T_{\text{уц}}^{\text{до}}} \times 100\%, \quad (3.3)$$

Фактически ускоряется не сама поставка, а переработка отклонений системы в реализацию управленческого решения на основе информационной интеграции через ключевые уровни и узлы. Для понимания эффекта можно сравнить ускорения логистического цикла поставок. В качестве базы для примера взят первый тип цепей поставок – внутрирегиональной цепи с локальным центром

управления. В данном случае можно увидеть, что даже на коротких плечах поставок и принятии решений территориально внутри одного региона можно получить значительный эффект. Расчетным примером послужил локальный проект одного из регионов ЮФО (Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, объект - строительство здания общеобразовательного учебного заведения, этап работ установка ограждения котлована УИЛ-1, период осуществления работ октябрь-декабрь 2025 г) , в рамках поставки пространственных 219 арматурных каркасов, длина 17,25 м, сопряженных ресурсных потоков (материалы для монтажа и установки: бетонная смесь, доборная арматура и комплектующие) на объект которого проведены расчеты по замерам и расчеты по основным этапам предложенного механизма.

$$T_{\text{уц}}^{\text{до}} = 2 + 8 + 4 + 6 + 4 + 2 + 2 + 8 + 4 = 40 \text{ чел. -ч,}$$

$$T_{\text{уц}}^{\text{посл}} = 2 + 4 + 2 + 3 + 2 + 1 + 1 + 8 + 2 = 25 \text{ чел. -ч.}$$

Этап реализации решения не меняется, поскольку физически перемещение материального потока не ускоряется. Сокращение трудоемкости достигается на этапах сбора информации, формирования единой картины состояния, межорганизационного согласования, анализа в системе поддержки принятия решений, оценки сценариев и контроля исполнения (приложение 2). Часть повторных действий по уточнению статусов и согласованию устраняется еще на стадии формирования решения.

Для наиболее значимого связанного отклонения совокупная трудоемкость управленческого цикла сокращается с 40 до 25 чел.-ч, то есть на 15 чел.-ч, или 37,5 %. При этом основное сокращение приходится на сбор информации, межорганизационное согласование и анализ последствий, тогда как трудоемкость реализации принятого решения сохраняется на прежнем уровне.

Итоговые положения исследования позволяют зафиксировать, что развитие цепей поставок строительного комплекса в направлении макрологистической системы должно трактоваться как процесс трансформации логистики - формирования управляемой экосистемы, в которой результативность определяется степенью согласованности управленческих воздействий на потоки ресурсов в

масштабе сети участников и в разрезе горизонтов принятия решений. Проектный характер строительства и доминирование календарно-сетевой логики работ принципиально меняют предмет управления: материальный поток выступает функциональным обеспечением технологической стадийности, поэтому любые разрывы координации мгновенно переходят из области организационных несогласованностей в область измеримых потерь по срокам, комплектности и совокупным затратам, следовательно, методическая база построения логистической экосистемы в строительстве важно опирать на единую рамку сопряжения контуров управления, обеспечивая тем самым воспроизводимость управленческого результата и сопоставимость эффектов при множественности экономически самостоятельных участников и высокой доле межорганизационных стыков.

Уровневая декомпозиция управления показывает, что логистическая интеграция имеет многоуровневую сущность и требует разведения объектов регулирования и критериев результативности по контурам, в результате чего такая межуровневая согласованность выступает проверяемым условием устойчивости цепи поставок и задает необходимость системной архитектуры контроля, в которой ответственность и эффекты фиксируются по каждому горизонту решений. Критическая зона устойчивости экосистемы проявляется в сопряжении тактического и оперативного контуров, так как именно в синтезе недельные решения и ограничения должны переводиться в ежедневное исполнение без разрушения календарной траектории при неизбежной вариативности строительной среды, и, соответственно, устойчивость цепи поставок задается качеством сопряжения внешних потоков с ограничениями площадки по приемке, хранению и доступности общих ресурсов, а также с внутриплощадочной логистикой, переводящей факт поставки в реальную доступность ресурса для выполнения операции. Городские же ограничения в строительной логистике превращаются в параметры экономической и организационной реализуемости проекта, регламенты движения транспорта, временные окна, требования по выбросам, шуму и безопасности изменяют допустимую частоту и траектории поставок и тем самым воздействуют на календарь работ и стоимость снабжения. Получается, что в этой парадигме

центры консолидации строительных поставок следует рассматривать системными узлами экосистемы, обеспечивающими согласование ритмов внешней логистики и режима площадки, стандартизацию партийности и управляемость последней мили. Локальные управленческие меры, оптимизирующие отдельный параметр, формируют, в свою очередь, контрпродуктивный интегральный эффект за счет нелинейной перестройки поведения участников и конфигурации потоков, а значит, регламентирующий контур важно дополнять аналитическим слоем сценарной оценки, позволяя сопоставлять альтернативы и предотвращать локальную оптимизацию, ухудшающую общую траекторию цепи поставок по срокам и затратам.

Подводя итог исследования логистической интеграции экосистемы отметим, что их выраженная информационно-институциональная природа раскрывается через управляемость, формируемая через воспроизводимую согласованность семантики, статусов и процедур фиксации событий, которые делают материальный поток наблюдаемой и корректируемой траекторией относительно календаря работ. Единое поле данных, поддерживаемое унифицированными справочниками и устойчивыми идентификаторами, обеспечивает сопоставимость объекта управления между участниками, в то время как регламентированный жизненный цикл снабжения и фиксация статусов превращают информационные состояния в управленческие основания синхронизации решений по снабжению, транспортно-распределительному обеспечению и логистике на площадке, снижая посредством дисциплины данных асимметрию информации и минимизируя координационные потери, ограничивающие возникновение параллельных учетов, сокращая повторные согласования и поддерживая воспроизводимость план-факт сопоставления на проектном и портфельном уровне. Инструменты 4D-координации приобретают методическую состоятельность лишь при обеспеченной актуализации модели и качестве исходной информации, поскольку их эффект связан в первую очередь с поддержанием пространственно-временной согласованности решений по общим ресурсам и маршрутам внутриплощадочных перемещений.

Введенное автором понимание логистического потенциала позволяет объединить перечисленные положения через прикладной вектор и раскрытие потенциала как устойчиво воспроизводимой способности системы управления поддерживать заданный режим движения материальных и сопровождающих информационных потоков в условиях пространственно-временных ограничений площадки, регламентов городской среды и высокой доли межорганизационных стыков. Поскольку именно такая параметризация делает наблюдаемой устойчивость тактических решений, качество оперативного исполнения, состоятельность инфраструктурных узлов консолидации, корректность учета внешних ограничений и достоверность информационно-координационного контура, его измерение становится корректным при переводе ключевых механизмов управляемости в систему индикаторов, разнесенных по узлам и горизонтам контроля.

Поскольку включение возвратных потоков в общий контур данных и ответственности превращает их из внепроектных отходов в управляемый ресурсный механизм, снижающий потери стоимости и повышающий предсказуемость обеспечения в условиях дефицитов и ценовой волатильности, авторское дополнение экосистемной модели контуром обратной логистики и замыкания материальных потоков расширяет рамку устойчивости на жизненный цикл строительных объектов. В совокупности данные результаты подтверждают, что устойчивый и экономически результативный режим функционирования цепей поставок в строительстве достигается через системную согласованность управленческих контуров, событийную достоверность и сопоставимость данных, сценарную проверку мер в городской среде и расширение управления потоками до замыкания материальных контуров, поскольку именно такая постановка обеспечивает управляемость экосистемы в условиях вариативности исполнения и множественности участников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экосистемные разработки и решения проводят идею логистической интеграции цепей поставок материальных ресурсов в строительном комплексе на новой предметно-прикладной основе, что выражается содержанием следующих научных и научно-практических положений.

В исследовании доказываем, что логистическая интеграция в строительном комплексе является многоуровневой и не сводится к универсальному набору инструментов: межорганизационный контур задает институционально-городские рамки устойчивости, стратегический контур переводит проектные схемы снабжения в воспроизводимые модели по портфелю, тактический контур синхронизирует календарь работ и график снабжения с ограничениями площадки, а операционный контур обеспечивает фактическую обеспеченность фронта работ, где расхождения статуса и реального наличия ресурсов напрямую дают простои и потери времени отсюда следует, что межуровневая согласованность – это проверяемое условие устойчивости цепи поставок и основа для построения системы показателей и процедур контроля по горизонтам решений.

Доминирование функциональных характеристик строительной логистики может быть реализовано через ее ключевые особенности: значимость диспетчеризации, синхронизации поставок со строительными циклами и зависимость от календарного графика и временных интервалов поставок. Актуальность цифровой интеграции логистики с проектно-сметной документацией, использования BIM и 4D, а также классические JIT и Lean в качестве инструментов управления поставками, усиливают требования к планово-диспетчерскому уровню, ограничивая резервирование и повышая зависимость от транспортной доступности.

В обосновании экосистемных решений предлагается опираться на фиксированный предложенный набор ключевых критериев эффективности, где наряду с издержками и сроками, автор предлагает учитывать сервис, надежность и устойчивость, гибкость, качество и соответствие спецификациям, прозрачность и управляемость потоков, координация участников, ритмичность снабжения по критическому пути, уровень запасов и экологические и социальные параметры. Этот перечень интерпретируется в рамках исследования как отражение перехода

от узкоэкономических трактовок к системным моделям оптимизации в условиях неопределенности и конкуренции, при этом учитывается генез эффективности формирования цепей поставок в строительстве как интегральной категории, объединяющей экономические, временные, качественные и риск-ориентированные критерии, при этом логика оптимальности смещается от статичной минимизации затрат к динамическому обеспечению устойчивости, ритмичности и управляемости процессов.

Представленной аналитикой выявляются тенденции развития строительной отрасли Южного федерального округа: формирование ядра лидеров по масштабу строительства, усиление дифференциации регионов по типу динамики и расхождение между ростом объемов работ и сокращением жилищного строительства, что интерпретируется как сдвиг в пользу инфраструктурных и специализированных объектов для логистики это означает усложнение спроса, рост доли проектно-специфичных поставок и повышение требований к гибкости, синхронизации и территориальной адаптивности. Доказывается, что управляемость цепей поставок определяется не наличием отдельных инструментов, а согласованностью субъектной конфигурации участников и контуров управления, через которые проходят материальные и информационные потоки типологизация цепей по территориальной локализации управленческого центра и структуре участников позволяет различать режимы с доминированием внутрирегиональных связей и режимы с высокой значимостью межрегиональных каналов и межконтурного согласования, что задает рамку выбора стратегий управления и механизмов удержания календаря работ и снижения потерь на стыках снабжения и выполнения строительно-монтажных работ. Дальнейшее развитие видится через обозначение условий формирования строительных экосистем в России с развитием современных информационных решений, через поддержку региональных кластеров, стимулирование долгосрочной кооперации и институционализацию стандартов взаимодействия экосистемное управление трактуется как потенциальный фактор повышения конкурентоспособности отрасли в условиях цифровой трансформации экономики.

Фокусом на многоуровневости природы управления в логистической экосистеме обосновываются роли каждого контура (межорганизационного,

стратегического, тактического и операционного), при этом уточняется, что критическая зона – переход от недельных решений к ежедневному исполнению, а управленческий объект задается как режим обеспеченности операций ресурсами во времени и в точке потребления дополнительно подчеркивается влияние городской среды и необходимость сценарного анализа, а также роль информационно-координационного контура и 4D как инструмента пространственно-временной координации при соблюдении требований к актуальности и качеству данных, включая расширение модели за счет обратной логистики. Интеграция интерпретируется как процесс, формирующийся на стыках контуров управления, при этом выход одного узла должен становиться корректным входом для следующего, а при нарушении унификации и процедурной связности, деградация управляемости проявляется системными разрывами. Разработанная матрица уязвимостей задается автором как инструмент фиксации типовых разрывов, их локализации и критичных групп правил, формируя переход к дальнейшему анализу точек контроля интеграции.

Функционирование экосистемы поставок материальных ресурсов в строительном комплексе раскрывается через категорию логистического потенциала цепи поставок, категоризируемого воспроизводимой способностью системы управления поддерживать заданный режим движения материальных и информационных потоков при пространственно-временных ограничениях площадки, регламентах городской среды и множественности межорганизационных стыков корректное измерение потенциала, требующего перевода механизмов управляемости в систему индикаторов по узлам и горизонтам контроля. Включение обратной логистики расширяет рамку устойчивости на жизненный цикл строительного объекта и превращает возвратные потоки в управляемый ресурс, снижающий потери стоимости и повышающий предсказуемость обеспечения при дефицитах и ценовой волатильности, результирующий выводом о согласованности контуров управления, достоверности данных, сценарной проверки мер и замыкания материальных контуров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агафонова, А.Н. Трансформация форм и методов информационного обеспечения бизнес-процессов в условиях становления неэкономии / А.Н. Агафонова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – № 4(22). – С. 215-218.
2. Алексейцев, А.В. Методический подход к формированию оптимальной структуры управления проектной организации / А.В. Алексейцев, Н.Г. Верстина, В.В. Глазкова // Лидерство и менеджмент. – 2026. – Т. 13, № 2. – С. 173-186. – DOI: 10.18334/lim.13.2.124604. – EDN JBLPTY.
3. Алексейцев, А.В. Экономическая эффективность конструктивных систем промышленных зданий из железобетона с учетом стоимости жизненного цикла и рисков аварий / А.В. Алексейцев, Н.Г. Верстина, В.В. Глазкова // Экономика, предпринимательство и право. – 2026. – Т. 16, № 1. – С. 409-422. – DOI: 10.18334/erpp.16.1.124501. – EDN DOFADG.
4. Альбеков, А.У. Управление цепями поставок в условиях международной экономической интолерантности / А.У. Альбеков, Т.В. Пархоменко // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2022. – № 2 (78). – С. 12-15.
5. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник / Астраханьстат. – Астрахань : Астраханьстат, 2019.
6. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник / Астраханьстат. – Астрахань : Астраханьстат, 2020. – 91 с.
7. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник / Астраханьстат. – Астрахань : Астраханьстат, 2021. – 88 с.
8. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник / Астраханьстат. – Астрахань : Астраханьстат, 2022. – 83 с.
9. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник / Астраханьстат. – Астрахань : Астраханьстат, 2023. – 124 с.
10. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник /

Астраханьстат. – Астрахань : Астраханьстат, 2024. – 124 с.

11. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник / Астраханьстат. – Астрахань : Астраханьстат, 2025. – 126 с.

12. Астраханская область в цифрах : краткий статистический сборник / Астраханьстат. – Астрахань, 2026. – 126 с.

13. Афанасенко, И.Д. Логистика в системе совокупного знания / И.Д. Афанасенко, В.В. Борисова. - СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2013. – 395 с.

14. Афанасенко, И.Д. Логистика в системе совокупного знания: монография / И.Д. Афанасенко, В.В. Борисова. – Москва : Инфра-М, 2021. – 169 с. .

15. Бауэрсокс, Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д.Дж. Бауэрсокс, Д.Дж. Клосс пер. с англ. – Москва: Олимп-Бизнес, 2001. – 639 с. – ISBN 5-901028-22-8.

16. Башкирцева И.В. Методология подхода к оценке строительной логистики для возможности применения специализированных приложений / И.В. Башкирцева // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2025. – Вып. 1(98). – С. 185-196. – DOI: 10.35211/18154360_2025_1_185.

17. Бебко, И.М. Бизнес-экосистемы в России и за рубежом: классификация и виды / И.М. Бебко // Альманах «Крым». – 2023. – № 5 (39). – С. 120-123.

18. Борисова, В.В. Траектории роста логистики в строительной отрасли / В.В. Борисова, А.Н. Будяков // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2024. – Т. 31, № 2 (86). – С. 10-18. – DOI: 10.54220/v.rsue.1991-0533.2024.30.13.001.

19. Борисова, В.В. Логистика изменившегося мира / В.В. Борисова // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика : материалы III Национальной научно-образовательной конференции. Санкт-Петербург, 28 октября 2022 г. В 2-х ч. Часть 1 / ред. кол. : В.В. Щербаков (отв. ред.) [и др.]. – СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2022. – С. 154-159.

20. Борисова, В. В. Проектирование логистических систем цифрового типа / В. В. Борисова // Форсайт логистики: будущее логистики глазами молодых

ученых : сборник материалов международной форсайт-сессии. Санкт-Петербург, 28 февраля 2018 г. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. – С. 53-58.

21. Бочкарев, А. А. Проблемы оценки цепей поставок в условиях «цифровой трансформации» экономики / А. А. Бочкарев, Е. Р. Добронравин // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2022. – Т. 12, № 2-1. – С. 166-179. – DOI 10.34670/AR.2022.65.57.019. – EDN XMJRYE.

22. Бочкарев, А.А. Транспортные задачи в управлении цепями поставок и методы их решения / А.А. Бочкарев, В.А. Нос // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2023. – № 4. – С. 6-14.

23. Бубнова, Г. К толкованию «цифровых» логистических понятий (часть I) / Г. Бубнова, П. Куренков, В. Емец // Логистика. – 2018. – № 5 (138). – С. 44-47.

24. Бубнова, Г.В. Цифровая логистика – инновационный механизм развития и эффективного функционирования транспортно-логистических систем и комплексов / Г.В. Бубнова, Б.А. Левин // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 72-78.

25. Бухвалов, А.В. Л.В. Канторович и экономико-математическое моделирование: синтез реальности, математики и экономики / А.В. Бухвалов // Российский журнал менеджмента. – 2012. – Т. 10, № 3. – С. 3-30.

26. Вдовина, С.Б. Методологические основы проектирования и управления интегрированными цепями поставок / С.Б. Вдовина, И.С. Труфанова // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 2 (104). – С. 249-255.

27. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М. : Наука, 1980. – 208 с.

28. Верескун, В.Д. Оценка перспектив роста грузооборота международного транспортного коридора «Север – Юг» в современных условиях / В.Д. Верескун, Э.А. Мамаев, Д.В. Сорокин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3 (91). – С. 45-56.

29. Верстина, Н.Г. Современный подход к обеспечению устойчивого развития строительных организаций на основе комплекса управленческих инструментов / Н.Г. Верстина, А.Е. Рыбнов // Экономика, предпринимательство и право. – 2025. – Т. 15, № 11. – С. 7225-7240. – DOI: 10.18334/errp.15.11.124321. – EDN KOMZEI.

30. Волгоградская область в цифрах. 2018 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград : Волгоградстат, 2019. – 380 с.

31. Волгоградская область в цифрах. 2019 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград : Волгоградстат, 2020. – 390 с.

32. Волгоградская область в цифрах. 2020 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград : Волгоградстат, 2021. – 384 с.

33. Волгоградская область в цифрах. 2021 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград : Волгоградстат, 2022. – 382 с.

34. Волгоградская область в цифрах. 2022 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград : Волгоградстат, 2023. – 386 с.

35. Волгоградская область в цифрах. 2023 : статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград : Волгоградстат, 2024. – 386 с.

36. Волгоградская область в цифрах. 2024 : статистическое обозрение / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград : Волгоградстат, 2025. – 358 с.

37. Волгоградская область в цифрах. 2025 год : статистическое обозрение / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области. – Волгоград: Волгоградстат, 2026. – 360 с.

38. Высочкин, Д. С. Управление цепями поставок в условиях

современного рынка: ограничения и возможности их преодоления / Д. С. Высочкин, Д. В. Рассамаха, А. С. Сеницына // Актуальные исследования. – 2023. – № 2–1(132). – С. 6-10. – EDN PXWTMP.

39. Галяутдинов, Р. Механизмы взаимодействия потоков и запасов на предприятии с точки зрения логистики / Р. Галяутдинов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2016. – № 1. – С.157-163.

40. Григорян, М.Г. О необходимости развития методов обоснования эффективных логистических схем транспортировки грузов / М.Г. Григорян, А.Н. Гончарова // Транспортное дело России. – 2024. – № 7 (176). – С. 167-170. – EDN FVVMPX.

41. Гвилия, Н.А. Развитие цифровых экосистем корпораций на основе интернета логистики (IoL) / Н.А. Гвилия // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2021. – № 1 (73). – С. 74-81. – EDN PSKZTM.

42. Гвилия, Н.А. Концепция корпоративной цифровой ответственности в управлении мезологистическими системами / Н.А. Гвилия // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2021. – № 3. – С. 88-101. – DOI: 10.24143/2073-5537-2021-3-88-101.

43. Гвилия, Н.А. Факторы принятия решения о целесообразности участия в транспортно-логистической экосистеме / Н.А. Гвилия, Ч. Сун // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2024. – № 2 (146). – С. 105-110. – EDN SOLNYC.

44. Гвилия, Н.А. Консолидированная модель измерения корпоративной цифровой ответственности в цепях поставок / Н.А. Гвилия // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета. – 2026. – Т. 18, № 1. – С. 45-61. – DOI: 10.29039/2949-1258/2026-1/045-061. – EDN XEWASO.

45. Гвилия, Н.А. Устойчивое развитие транспортно-логистического холдинга в условиях цифровой трансформации : монография / Н.А. Гвилия. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2022. – 184 с. – ISBN 978-5-7310-5840-7. – EDN

WJHUXW.

46. Город Севастополь в цифрах. 2018 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Севастополь : Крымстат, 2018. – 193 с.
47. Город Севастополь в цифрах. 2019 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Севастополь : Крымстат, 2020. – 203 с.
48. Город Севастополь в цифрах. 2020 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Севастополь : Крымстат, 2021. – 195 с.
49. Город Севастополь в цифрах. 2021 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Севастополь : Крымстат, 2022. – 199 с.
50. Город Севастополь в цифрах. 2022 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Севастополь : Крымстат, 2023. – 187 с.
51. Город Севастополь в цифрах. 2023 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Севастополь : Крымстат, 2024. – 176 с.
52. Город Севастополь в цифрах. 2024 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Севастополь : Крымстат, 2025. – 158 с.
53. Город Севастополь в цифрах 2025 : краткий статистический сборник / Крымстат. – Севастополь, 2026. – 160 с.
54. Гукова Е.А. Формирование механизма управления цепями поставок в строительной отрасли / Е.А. Гукова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 11. – С. 189-194.
55. Демиденко О.В. Модель функционирования строительных потоков / О.В. Демиденко, В.А. Кагаков, С.М. Кургинцов, А.Е. Алексеев // Вестник Си-бАДИ. – 2016. – № 2 (48). – С. 89-95.

56. Демиденко, О.В. Логистический подход к планированию транспортно-технологического обеспечения строительных потоков / О.В. Демиденко, Н.Е. Алексеев // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2017. – № 1 (27). – С. 195-199. – DOI: 10.17238/issn1998-5320.2017.27.195.

57. Демиденко, О.В. Повышение надежности организации материально-технического обеспечения строительства / О.В. Демиденко // Градостроительство и архитектура. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 61-66. – DOI: 10.17673/Vestnik.2024.02.09.

58. Дмитриев, А.В. Цифровые экосистемы в транспортной логистике : монография / А.В. Дмитриев, В.А. Нос, А.В. Парфенов. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2024. – 180 с. – ISBN 978-5-7310-6375-3. – EDN RZMIB.

59. Дмитриев А.В. Цифровые платформы в транспортно-логистических системах / А.В. Дмитриев // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика: материалы III Национальной научно-образовательной конференции. Санкт-Петербург, 28 октября 2022 г. В 2-х ч. Часть 1 / ред. кол.: В.В. Щербаков (отв. ред.) [и др.]. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022. – С. 248-251.

60. Дударева О.В. Модель оценки динамики зрелости промышленных экосистем / О.В. Дударева, Д.Н. Дударев, А.Ю. Гончаров // Наука Красноярья. – 2021. – Т. 10. – № 1. – С. 38-54.

61. Дыбская В.В. Мировые тренды управления цепями поставок в направлении цифровизации / В.В. Дыбская, В.И. Сергеев, И.В. Сергеев // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика: материалы III Национальной научно-образовательной конференции. Санкт-Петербург, 28 октября 2022 г. В 2-х ч. Ч. 1 / ред. кол.: В.В. Щербаков (отв. ред.) [и др.]. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022. – С. 17-25.

62. Дыбская, В.В. Логистика складирования для практиков / В.В. Дыбская. – Москва: Альфа-Пресс, 2005. – 208 с. – ISBN 5-94280-132-0.

63. Дюкова, О. М. Управление цепями поставок в строительстве в условиях цифровизации / О. М. Дюкова, Е. В. Локтионова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2020. – № 2(122). –

C. 171-175. – EDN EEEYZSJ.

64. Дюкова О.М. Влияние логистической координации на устойчивость цепей поставок / О.М. Дюкова, Цзысюань Ли // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 7. – С. 80-91. – DOI: 10.54861/27131211_2025_7_80.

65. Еремина Е. А. Инструменты оценки эффективности управления цепями поставок / Е. А. Еремина // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2-1. – С. 70-73.

66. Загайнова Е.В. Развитие логистической инфраструктуры и маршрутизации потоков в условиях новой экономической реальности // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2022. – № 4 (80). – С. 111-114.

67. Изотова А.Г. Экосистемный подход как новый тренд развития высшего образования / А.Г. Изотова, Е.С. Гаврилюк // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 1211-1226.

68. Исаева А.Э. Бизнес-экосистема и ее влияние на государственное управление предпринимательской деятельностью: теоретический обзор предметной области / А.Э. Исаева, А.С. Воронов // Государственное управление. Электронный вестник. – 2023. – № 97. – С. 138-154. – DOI: 10.24412/2070-1381-2023-97-138-154.

69. Калмыкия в цифрах. 2018 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. – Элиста : Астраханьстат, 2018. – 140 с.

70. Калмыкия в цифрах. 2019 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. – Элиста : Астраханьстат, 2019. – 173 с.

71. Калмыкия в цифрах. 2020 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. – Элиста : Астраханьстат, 2020. – 136 с.

72. Калмыкия в цифрах. 2021 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской

области и Республике Калмыкия. – Элиста : Астраханьстат, 2021. – 138 с.

73. Калмыкия в цифрах. 2022 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. – Элиста : Астраханьстат, 2022. – 132 с.

74. Калмыкия в цифрах. 2023 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. – Элиста : Астраханьстат, 2023. – 138 с.

75. Калмыкия в цифрах. 2024 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. – Элиста : Астраханьстат, 2024. – 138 с.

76. Калмыкия в цифрах, 2026 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия. – Элиста, 2026. – 126 с.

77. Кириллова Л.К. Глобальная конкуренция как фактор трансформации логистических решений / Л.К. Кириллова // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2014. – № 3(113). – С. 71-75.

78. Киянова, Л. Д. Региональная система в условиях инновационного сценария развития: управленческий аспект : монография / Л.Д. Киянова, И.Л. Литвиненко. – Москва: РИОР : ИНФРА-М, 2020. – 179 с .

79. Козлов, П.А. Системная интеграция в области перевозок / П. Козлов, Н. Тушин // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 9. – С. 68–70.

80. Козлов, П.А. О системах и системности на транспорте / П.А. Козлов // Транспорт Урала. – 2016. – №2. – С.3-8.

81. Козлов, П.А. Поток и бункер-канал в транспортной системе / П.А. Козлов // Мир транспорта. – 2014. – №2(51). – С. 30–37.

82. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова и др. под общ. ред. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 976 с.

83. Кошелев В.А. Управление материальными потоками в строительстве на основе концепции бережливого производства / В.А. Кошелев // Интернет-

журнал «Науковедение». – 2014. – № 5 (24). – С. 1-12. – URL: (<http://naukovedenie.ru>) (дата обращения: 19.08.2025).

84. Кошелев В.А. Экономико-математическое моделирование строительных процессов / В.А. Кошелев, Л.А. Сосунова // Экономические науки. Математические и инструментальные методы экономики. – 2013. – № 1(98). – С. 153-156.

85. Кошелев В.А. Оценка проектных затрат в строительстве с учетом рисков / В.А. Кошелев // Российское предпринимательство. – 2014. – № 5(251). – С. 63-68.

86. Краснодарский край в цифрах. 2018 : статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Краснодар : Краснодарстат, 2019. – 302 с.

87. Краснодарский край в цифрах. 2019 : статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Краснодар : Краснодарстат, 2020. – 315 с.

88. Краснодарский край в цифрах. 2020 : статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Краснодар : Краснодарстат, 2021. – 274 с.

89. Краснодарский край в цифрах. 2021 : статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Краснодар : Краснодарстат, 2022. – 304 с.

90. Краснодарский край в цифрах. 2022 : статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Краснодар : Краснодарстат, 2023. – 263 с.

91. Краснодарский край в цифрах. 2023 : статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Краснодар : Краснодарстат, 2024. – 169 с.

92. Краснодарский край в цифрах. 2024 : статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Краснодар : Краснодарстат, 2025. – 141 с.

93. Краснодарский край в цифрах. 2025 : краткий статистический сборник / Краснодарстат. – Краснодар, 2026. – 138 с.
94. Кристофер М. Логистика и управление цепочками поставок / пер. с англ. под общ. ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2004. – 316 с.
95. Кристофер, М. Маркетинговая логистика / М. Кристофер, Х. Пэк. – М. : Издательский дом «Технологии», 2005. – 200 с.
96. Кулапов, М. Н. Бизнес-экосистемы: определения, типологии, практики развития / М. Н. Кулапов, Е. И. Переверзева, О. Ю. Кириллова // Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 1597-1612. – DOI 10.18334/vines.12.3.115234.
97. Ларин О. Н. Критерии оценки эффективности работы цепей поставок / О. Н. Ларин, Д. В. Капский, М. В. Матосов, Ц. Моонхуу // Транспорт: наука, техника, управление. – 2024. – № 1. – С. 3-11. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-01-1.
98. Логистика и управление цепями поставок : учебник для среднего профессионального образования / В. В. Щербаков [и др.]. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 582 с.
99. Лу, Ц. Формирование логистической стратегии цифровой экосистемы / Ц. Лу, А.В. Парфенов // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2025. – № 3. – С. 11-15. – DOI: 10.56584/1560-8816-2025-3-11-15. – EDN HJYGGD.
100. Лукина С.Г. Модели оптимизации в системе SCM: прогрессивное управление цепями поставок / С.Г. Лукина, А.А. Садыков, Р.В. Файзуллин // Вестник университета. – 2023. – № 8. – С. 116-127. – DOI: 10.26425/1816-4277-2023-8-116-127.
101. Лукинский В.В. Формирование комплексной системы оценки индивидуализированных показателей эффективности в цепях поставок / В.В. Лукинский, А.В. Стримовская // Логистика и управление цепями поставок. – 2017. – № 5 (82). – С. 3-13.
102. Лукинский, В. С. Логистика и управление цепями поставок : учебник

и практикум для среднего профессионального образования / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 359 с.

103. Лукиных, В.Ф. Методология управления многоуровневой региональной логистической системой : монография / В.Ф. Лукиных. – Красноярск: ЛИТЕРА-принт, 2010. – 292 с.

104. Маейрсон П. Управление цепочками поставок и логистикой – простыми словами: Методы и практика планирования, построения, обслуживания, контроля и расширения системы перевозок и снабжения / Пол Майерсон пер. с англ. – М.: Альпина ПРО, 2022. – 366 с.

105. Макаров В.Л. Применение экономико-математических методов и моделей оптимального планирования в цифровой экономике будущего (ЦЭМИ АН СССР и ЦЭМИ РАН: прогностическая интерпретация и развитие научного наследия нобелевских лауреатов Л. В. Канторовича и В. В. Леонтьева) / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Л. Логинов. – М.: ЦЭМИ РАН, 2022. – 248 с.

106. Макаров Е.И., Волкова Д.К. Совершенствование формирования цепей поставок материально-технических ресурсов на предприятиях строительной отрасли. – Воронеж: ООО «Новый взгляд», 2006. – 189 с.

107. Малевич, Ю.В. Таможенная и логистическая инфраструктура: понятийная и функциональная трансформация в условиях цифровизации / Ю.В. Малевич, Е.А. Личман // Экономика и управление. – 2022. – Т. 28, № 3. – С. 297-305. – DOI: 10.35854/1998-1627-2022-3-297-305. – EDN UBHJUY.

108. Малевич, Ю.В. Цифровые решения взаимодействия таможенных органов и участников ВЭД в цепях поставок энергоресурсов / Ю.В. Малевич, Е.А. Личман, Г.В. Чаплин // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2024. – № 1 (159). – С. 39-45. – DOI: 10.26726/1812-7096-2024-1-39-45.

109. Мамаев Э.А. Транспортно-логистические системы в условиях системных изменений в экономике / Э.А. Мамаев, А.Н. Гуда, В.А. Финоченко, К.А. Годованый // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 2 (86). – С. 145-154.

110. Мамаев, Э.А. Развитие логистического аутсорсинга в России:

антикризисные императивы качественной трансформации / Э.А. Мамаев, М.В. Михайлюк // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2015. – № 4 (52). – С. 28-33.

111. Михайлюк М.В. Трансформация экосистемы логистики интернет-торговли в условиях эволюционного преобразования онлайн-ритейла / М.В. Михайлюк // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2021. – № 2. – С. 73-78.

112. Михайлюк М.В. Цифровые бизнес-экосистемы региона: сложности развития / М.В. Михайлюк // Финансовые исследования. – 2022. – № 3 (76). – С. 52-58.

113. Моазед А. Платформа: Практическое применение революционной бизнес-модели / Алекс Моазед, Николас Джонсон пер. с англ. – М. : , Альпина Паблишер, 2024. – 288 с.

114. Мясникова О.В. Развитие производственно-логистических систем: теория, методология и механизмы цифровой трансформации / О.В. Мясникова. – Минск: Институт бизнеса БГУ, 2021. – 267 с. – ISBN 978-985-7214-46-4.

115. Некрасов А. Г. Интегрированные транспортно-логистические системы нового поколения в цифровой инфраструктуре железнодорожного транспорта / А.Г. Некрасов, А.С. Сеницына // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 5. – С. 31- 37.

116. Некрасов А. Г. Сетецентризм и цифровизация интегрированных транспортно-логистических систем : монография / А. Г. Некрасов, А. С. Сеницына под ред. С. М. Резера. – М. : Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 279 с.

117. Некрасов А.Г. Трансформация интегрированных транспортно-логистических систем в цифровую индустрию / А.Г. Некрасов, А.С. Сеницына // Логистика. – 2017. – №8. – С. 36-41.

118. Никоноров, С. В. Повышение организационно-технологической надежности строительства в современных условиях / С. В. Никоноров, А. А. Мельник // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 19–23. – DOI:

10.14529/build190303.

119. Одинцова Н.П. Логистизация материально-технического обеспечения предприятий строительного комплекса : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Н.П. Одинцова. – Ростов-на-Дону, 2004. – 150 с.

120. Ожегов С.И. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова Российская академия наук, Институт русского языка им. В.В. Виноградова. – 4-е изд., доп. – М.: ООО «А ТЕМП», 2006. – 944 с.

121. Осинцев, Н.А. Параметры и показатели потоков в зеленых цепях поставок / Н. Осинцев // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2019. – № 1. – С.27-40.

122. Основы логистики: Учебник для вузов / Под ред. В.В. Щербакова. – СПб.: Питер, 2009. – 432с.

123. Палкина, Е.С. Экономическое обоснование внедрения цифровых технологий в транспортной логистике / Е.С. Палкина, В.П. Сафронова, О.А. Чернов // Ученые записки Международного банковского института. – 2025. – № 2 (52). – С. 114-133.

124. Парфенов А.В. Концептуальные основы формирования глобального логистического пространства в контексте развития цифровой экономики / А.В. Парфенов, И.М. Шаповалова // Аудит и финансовый анализ. – 2017. – №5. – С. 180-184.

125. Парфенов А.В. Интеграция межфирменных взаимодействий на базе цифровых логистических платформ / А.В. Парфенов, В.В. Ткач // Развитие науки и научно-образовательного трансфера логистики / И.Л. Андреевский, И.Д. Афанасенко, С.Е. Барыкин [и др.] под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. В.В. Щербакова. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2019. – С. 156-175.

126. Плетнева Н.Г. Развитие логистики в строительстве: особенности, перспективы, методы принятия решений / Н.Г. Плетнева, Н.В. Власова // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 2 (30). – С. 251-253.

127. Плетнева, Н.Г. Выбор модели цепи поставок как способ повышения

эффективности предпринимательских структур в строительстве / Н.Г. Плетнева, Е.Г. Гужва, Н.В. Чепаченко // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – Т. 15, № 6 (71). – С. 236-242. – DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-6-236-242.

128. Плетнева Н.Г. Перспективы взаимодействия логистического и проектного менеджмента / Н.Г. Плетнева, Е.В. Носкова // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика: материалы III Национальной научно-образовательной конференции. Санкт-Петербург, 28 октября 2022 г.: В 2-х ч. Ч. 1 / ред. кол.: В.В. Щербаков (отв. ред.) [и др.]. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2022. – С. 184-190.

129. Полумордвинова, А.О. Автоматизация процесса оперативного управления капитальным строительством на основе системного подхода / А.О. Полумордвинова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2010. – № 3 (11). – С. 84-88.

130. Попов Е.В. Культура межфирменного сотрудничества сетевых организаций / Е.В. Попов, В.Л. Симонова // Управленец. – 2017. — № 4(68). — С.75-84.

131. Попов Е.В. Межфирменные сетевые формы организации в системе корпоративного управления / Е.В. Попов, В.Л. Симонова // Экономика региона. – 2009. – № 3. – С.146-163.

132. Попов Е.В. Теория экосистемного анализа / Е.В. Попов, Р.А. Долженко, В.Л. Симонова // Management Issues. – 2021. – № 6 (73). – С.20-36.

133. Проценко И. О. Стратегическая и инновационная логистика / И.О. Проценко // Российское предпринимательство. – 2005. – Т. 6, № 4. – С. 67-72.

134. Пятибратов Д. В. Разновидность способов решений оптимальности / Д. В. Пятибратов, М. М. Бережной // Научный лидер. – 2022. – № 47 (92). – С. 55-60.

135. Радкевич А.В. Инновационные подходы к организации и управлению материальными потоками строительного комплекса / А.В. Радкевич, И.А. Арутюнян // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2013. – № 4 (46). – С. 145-152.

– DOI: 10.15802/stp2013/16618.

136. Раменская Л.А. Применение концепции экосистем в экономико-управленческих исследованиях / Л.А. Раменская // Управленец. – 2020. Том 11, № 4. – С.16- 25.

137. Родников А.Н. Англо-русский словарь по экономике товародвижения = English- Russian Dictionary of Physical Distribution and Materials Management / под ред. В.И. Осипова — М.: Экзамен, 2001. — 608 с.

138. Республика Адыгея в цифрах. 2010–2020 годы : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Майкоп, 2021. – 176 с.

139. Республика Адыгея в цифрах. 2021 год : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Майкоп, 2022. – 183 с.

140. Республика Адыгея в цифрах. 2022 год : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Майкоп, 2023. – 184 с.

141. Республика Адыгея в цифрах. 2023 год : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Майкоп, 2024. – 182 с.

142. Республика Адыгея в цифрах. 2024 год : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Майкоп, 2025. – 185 с.

143. Республика Адыгея в цифрах. 2025 год : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея. – Майкоп, 2026. – 180 с.

144. Республика Крым в цифрах. 2018 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Симферополь : Крымстат, 2019. – 205 с.

145. Республика Крым в цифрах. 2019 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике

Крым и г. Севастополю. – Симферополь : Крымстат, 2020. – 218 с.

146. Республика Крым в цифрах. 2020 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Симферополь : Крымстат, 2021. – 226 с.

147. Республика Крым в цифрах. 2021 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Симферополь : Крымстат, 2022. – 202 с.

148. Республика Крым в цифрах. 2022 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Симферополь : Крымстат, 2023. – 213 с.

149. Республика Крым в цифрах. 2023 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Симферополь : Крымстат, 2024. – 223 с.

150. Республика Крым в цифрах. 2024 : краткий статистический сборник / Управление Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым и г. Севастополю. – Симферополь : Крымстат, 2025. – 182 с.

151. Республика Крым в цифрах. 2025 : краткий статистический сборник / Крымстат. – Симферополь, 2026. – 199 с.

152. Ростовская область в цифрах. 2018 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Ростовстат, 2019.

153. Ростовская область в цифрах. 2019 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Ростовстат, 2020.

154. Ростовская область в цифрах. 2020 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Ростовстат, 2021. – 42 с.

155. Ростовская область в цифрах. 2021 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Ростовстат, 2022.

156. Ростовская область в цифрах. 2022 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Ростовстат, 2023.
157. Ростовская область в цифрах. 2023 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Ростовстат, 2024.
158. Ростовская область в цифрах. 2024 : краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ростовской области. – Ростов-на-Дону : Ростовстат, 2025.
159. Ростовская область в цифрах : краткий статистический сборник / Ростовстат. – Ростов-на-Дону, 2026. – 45 с.
160. Рыкалина О.В. Теория и методология современной логистики : монография / О.В. Рыкалина. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 208 с.
161. Самбурский А.В. Оптимизация логистики и управления строительством с помощью математических методов / А.В. Самбурский, Д.В. Самбурская, В.В. Мавзовин // Вестник науки. – 2025. – Т. 1, № 6 (87). – С. 1843-1851.
162. Сапожников, А. Ю. Методические подходы к формированию критериев оптимизации и оценки эффективности функционирования цепей поставок на рынке строительной продукции / А. Ю. Сапожников, Г. И. Чекмарева // Финансовая жизнь. – 2024. – № 1. – С. 132-136. – EDN FCSCFE.
163. Сапожников, А. Ю. Анализ развития бизнес-экосистем в строительной отрасли / А. Ю. Сапожников // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2025. – Т. 32, № 3 (91). – С. 170-179. – DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2025.91.3.015. – EDN NCFFSM.
164. Сапожников, А. Ю. Критерии оценки эффективности функционирования цепей поставок в строительстве / А. Ю. Сапожников // Потенциал логистики XXI века: молодежное измерение : Сборник научных статей и научных проектов. – СПб : Изд-во СПбГЭУ, 2024. – С. 238-248. – EDN GBYFBV.
165. Сапожников, А.Ю. Многоуровневая архитектура логистической экосистемы поставок в строительном комплексе / А.Ю. Сапожников, Г.И.

Чекмарева // Экономические науки. – 2026. – №4 (257). – с. 258-266

166. Сапожников, А.Ю. Логистическая интеграция в экосистеме поставок строительного комплекса / А. Ю. Сапожников // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2026. – № 4. – С. 264-268. – EDN ATZAJL.

167. Сапожников А.Ю. Стратегии построения цепей поставок региональных и межрегиональных связей на примере строительного комплекса ЮФО / А.Ю. Сапожников, Г.И. Чекмарева // Проблемы современной экономики. – 2026. – № 3. –

168. Сапожников, А. Ю. Конвергенция как способ повышения эффективности цепей поставок в строительном комплексе / А. Ю. Сапожников // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2024. – № 5. – С. 355-356. – EDN UFUNGK.

169. Сапожников, А. Ю. Каркасный подход как концептуальная основа формирования цепей поставок в строительстве / А. Ю. Сапожников // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика : Материалы V Национальной научно-образовательной конференции. – В 2-х ч., Ч. 1. Санкт-Петербург, 14–16 октября 2024 года. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2024. – С. 222-227. – EDN XBSHMD.

170. Сапожников, А. Ю. Сущность структурного подхода к организации цепей поставок в строительстве / А. Ю. Сапожников // Структурные изменения и особенности развития экономики России : Материалы всероссийской научно-практической конференции. Энгельс, 21 октября 2024 года. – Саратов: ООО «Амирит», 2024. – С. 118-120. – EDN LUDYOV.

171. Сапожников А.Ю. Порядок планирования и учета логистических издержек: стратегии оптимизации и перспективы развития / Г. И. Чекмарева, А. Ю. Сапожников, Н. В. Цабуташвили // Транспорт: наука, образование, производство : Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 24–26 апреля 2024 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2024. – С. 185-187. – EDN ETAZGM.

172. Сапожников А.Ю. Особенности осуществления международных

логистических операций на современном этапе / Г. И. Чекмарева, А. Ю. Сапожников // Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство» : труды Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 26–28 апреля 2023 г. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. – С. 374-378. – EDN PQXVWX.

173. Сапожников, А. Ю. Бизнес-экосистема в строительстве: логистический аспект / А. Ю. Сапожников, Г. И. Чекмарева // Логистика: современные тенденции развития : материалы XXIV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 10–11 апреля 2025 года : в 3 ч. – Санкт-Петербург : Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2025. – Ч. 3. – С. 22–28. – EDN OSSCRK.

174. Сборщиков С.Б. Реинжиниринг процессов материально-технического обеспечения как основа формирования и функционирования логистических центров в строительстве / С.Б. Сборщиков, Н.В. Лазарева // Вестник МГСУ. – 2023. – Т. 18. – Вып. 1. – С. 102-115, DOI: 10.22227/1997-0935.2023.1.102-115.

175. Сергеев В.И. Управление цепями поставок: учебник для бакалавров и магистров / В.И. Сергеев. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 479 с.

176. Силкина, Г.Ю. Инновационная динамика логистики: от цифровых преобразований к интеллектуальным решениям : монография / Г.Ю. Силкина, В.В. Щербаков. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 227 с. – ISBN 978-5-7422-8540-3. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/i24-145.

177. Силкина, Г.Ю. Экосистемы как инструмент обеспечения инновационного развития регионов / Г.Ю. Силкина, С.Ю. Шевченко, В.В. Щербаков // Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием : материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции, Тюмень, 29 ноября 2019 г. / отв. ред. В.В. Пленкина. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2020. – С. 182-185.

178. Симионова Н.Е. Эффективность цепей поставок: подсистемы, процессы, показатели / Н.Е. Симионова, Д.А. Кириченко // Экономика строительства. – 2021. – № 2 (68). – С. 39-48.

179. Смирнова, Е.А. Эволюционное развитие технологической основы

логистической системы / Е.А. Смирнова, Цзян Линь // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2023. – № 4. – С. 82-86. – DOI: 10.24143/2073-5537-2023-4-82-86. – EDN IESGOE.

180. Смирнова, Е.А. Эволюционное развитие технологической основы логистической системы / Е.А. Смирнова, Цзян Линь // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2023. – № 4. – С. 82-86. – DOI: 10.24143/2073-5537-2023-4-82-86. – EDN IESGOE.

181. Соловьева, Е. В. Барьеры для внедрения цифровизации в строительной отрасли в России: перспективы владельцев и подрядчиков / Е. В. Соловьева, С. Б. Андрющенко, М. Н. Чистобаев, Я. С. Петренко // Вестник евразийской науки. – 2024 – Т. 16. – № 3. – URL <https://esj.today/PDF/03SAVN324.pdf> (дата обращения 25.09.2025)

182. Стаханов В.Н. Логистика в строительстве: учебное пособие / В.Н. Стаханов, Е.К. Ивакин. – М.: Издательство Приор, 2001. – 176 с.

183. Сток Дж.Р. Стратегическое управление логистикой / Дж.Р. Сток, Д.М. Ламберт пер. с 4-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005. – XXXII, 797 с.

184. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/AdmXczBBUGfGNM8tz16r7RkQcsgP3LAm.pdf>. (дата обращения: 15.08.2025).

185. Таха Х.А. Исследование операций. 7-е изд. – М.: Вильямс, 2016. – 912 с.

186. Теренина И.В. Концептуальные подходы к разработке логистической стратегии предприятий строительного комплекса / И.В. Теренина // Логистика: современные тенденции развития: материалы XV междунар. науч.-практ. конф. – СПб.: СПбГУМиРФ, 2016. – С. 122-125.

187. Топчий Д.В. Управление цепями поставок мебельной продукции на основе логистической концепции / Д.В. Топчий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 6. – С. 209-213. – URL: (<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21895975>) (дата

обращения: 19.08.2025).

188. Трифонов Ю.В. Инновационные подходы к управлению цепями поставок в условиях глобальных изменений / Ю.В. Трифонов, Д.И. Матохин // Экономика и управление. – 2025. – Т. 31, № 2. – С. 171-178. – DOI: 10.35854/1998-1627-2025-2-171-178.

189. Тяпухин, А.П. Логистика / А.П. Тяпухин. – М.: Юрайт, 2023. – 568 с.

190. Тяпухин, А. Принципы управления устойчивостью организации / А. Тяпухин // Мир транспорта. – 2022. – № 2. – С.6-17.

191. Царегородцев Д.Ю. Состояние логистики в строительной отрасли: проблемы и направления развития / Д.Ю. Царегородцев // Российские регионы в фокусе перемен: сб. докл. XI междунар. конф. – 2016. – С. 462-470.

192. Цховребов, Э.С. Научно-методологические подходы к созданию модели комплексной системы управления потоками строительных отходов / Э.С. Цховребов, Е.Г. Величко // Вестник МГСУ. – 2015. – № 9. – С. 95-110. – DOI: 10.22227/1997-0935.2015.9.95-110.

193. Черных Е.А. Применение принципа потока в бережливом строительстве / Е.А. Черных // Менеджмент качества. – 2010. – № 2. – С. 102-121.

194. Числов, О. Н. Мультиагентный подход в математическом моделировании распределения региональных грузопотоков / О. Н. Числов, В. А. Богачев, А. С. Кравец, Т. В. Богачев, Е. В. Филина. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. – № 4 (64). – С. 87-95.

195. Шапиро, Дж. Моделирование цепи поставок / пер. с англ. под ред. В.С. Лукинского – СПб.: Питер, 2006. – 720 с.

196. Шульженко, Т.Г. Методологические аспекты управления логистической системой строительно-жилищного комплекса города на принципах программно-целевого подхода / Т.Г. Шульженко, Р.Р. Баширзаде // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2022. – № 5-2 (137). – С. 88-98

197. . Шульженко, Т.Г. Экономическое обоснование стратегий развития цифровой логистической инфраструктуры в цепях поставок / Т.Г. Шульженко,

Д.О. Яковлева // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2022. – № 2 (134). – С. 85-93.

198. Щербаков В.В. Идеи адаптации теории и методов принятия решений к задачам управления цепями поставок / В.В. Щербаков, И.Г. Сапрыкин // Проблемы современной экономики. – 2010. – № 4. – С. 215-216.

199. Щербаков В.В. Концептуальные проблемы теории и методологии логистики и управления цепями поставок / В.В. Щербаков, Т.Г. Шульженко, С.Ю. Шевченко, О.Д. Коль. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2021. – 169 с.

200. Щербаков В.В. Стратегические приоритеты регулирования направленности и интенсивности грузопотоков в условиях новой макроэкономической ситуации / В.В. Щербаков, Т.Г. Шульженко // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 9. – С. 51-55.

201. Щербаков, В.В. Управление трансформационными изменениями в обеспечении динамики цифровой зрелости логистики / В.В. Щербаков, Г.Ю. Силкина, С.Ю. Шевченко // π-Economy. – 2024. – Т. 17, № 5. – С. 132-145. – DOI: 10.18721/JE.17508.

202. Щербаков В.В. Транспортно-экспедиторские услуги в цепях поставок / В.В. Щербаков, А.В. Видинеев // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). – 2024. – № 4 (31). – С. 160-169.

203. Щербаков В.В. Тенденции актуализации логистических платформ / В.В. Щербаков // Вестник факультета управления СПбГЭУ. – 2017. – № 1-1. – С. 453-456.

204. Щербаков, В.В. Цепи поставок 4.0: переход от цифровизации к интеллектуальному управлению / В.В. Щербаков, Г.Ю. Силкина // Экосистемный подход в логистике: ретроспектива, состояние, ожидания : материалы международной научно-практической конференции. XVII Южно-Российский логистический форум, Ростов-на-Дону, 11–12 ноября 2021 г. – Ростов-на-Дону: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2021. – С. 76-83. – EDN VZBCMG.

205. Щербаков В.В., Цифровая логистика – ключ к трансформации

кооперированных цепочек / В.В. Щербаков // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2022. – № 6 (138). – С. 132-137.

206. Яковлева М.В. Типология бизнес-экосистем в цифровой экономике: подходы и классификация / М.В. Яковлева, А.Н. Бочкарев, О.И. Чекмарев // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2022. – № 5. – С. 150-155.

207. Яхнеева И.В. Риск-анализ цепей поставок в строительстве // Наука XXI века: актуальные направления развития. – 2022. № 1–2. – С. 96-99.

208. Akintan, O.A. Improving the collaboration between main contractors and subcontractors within traditional construction procurement / O.A. Akintan, R. Morledge // Journal of Construction Engineering. – 2013. – Vol. 2013, No. 1. – Article ID 281236. – 11 p. – DOI: 10.1155/2013/281236.

209. Balasubramanian S. Green supply chain management: an empirical investigation on the construction sector / S. Balasubramanian, V. Shukla // Supply Chain Management: An International Journal. – 2018. – Vol. 22, № 1. – DOI: 10.1108/SCM-07-2016-0227.

210. Beamon B.M. Measuring supply chain performance / B.M. Beamon // International Journal of Operations & Production Management. – 1999. – Vol. 19, No. 3. – P. 275–292. – DOI: 10.1108/01443579910249714.

211. Briscoe G. Construction supply chain integration: an elusive goal? / G. Briscoe, A.R.J. Dainty // Supply Chain Management: An International Journal. – 2005. – Vol. 10, No. 4. – P. 319-326. – DOI: 10.1108/13598540510612794.

212. Cheng J.C.P. A BIM Based Construction Site Layout Planning Framework Considering Actual Travel Paths / J.C.P. Cheng, S.S. Kumar // Proceedings of the 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2014). Sydney, July 2014. – 2014. – P. 60-66. – DOI: 10.22260/ISARC2014/0060.

213. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service / M. Christopher. – 2nd ed. – London: Financial Times/Pitman, 1998. – 294 p. – ISBN 0-273-63049-0, 978-0-273-63049-4.

214. Deng, Y. Integrating 4D BIM and GIS for Construction Supply Chain Management / Y. Deng, V.J.L. Gan, M. Das [et al.] // *Journal of Construction Engineering and Management*. – 2019. – Vol. 145, No. 4. – Article 04019016. – DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001633. – URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001633](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001633) (дата обращения: 14.07.2025).
215. Dubois A. The construction industry as a loosely coupled system: implications for productivity and innovation / A. Dubois, L.-E. Gadde // *Construction Management and Economics*. – 2002. – Vol. 20, No. 7. – P. 621-631. – DOI: 10.1080/01446190210163543.
216. Doukari O. A BIM based tool for evaluating building renovation strategies: the case of three demonstration sites in different European countries / O. Doukari, M. Kassem, E. Scoditti, R. Aguejdad, etc. // *Construction Innovation*. – 2023. – DOI: 10.1108/CI-12-2022-0314 (дата обращения: 14.07.2025).
217. Guerlain C., Understanding Construction Logistics in Urban Areas and Lowering Its Environmental Impact: A Focus on Construction Consolidation Centres / C. Guerlain, S. Renault, F. Ferrero // *Sustainability*. – 2019. – Т. 11. – № 21. – P. 6118 (article). – DOI: 10.3390/su11216118 (дата обращения: 14.07.2025).
218. Guerlain C. Decision Support Systems for Smarter and Sustainable Logistics of Construction Sites / C. Guerlain, S. Renault, F. Ferrero, S. Faye // *Sustainability*. – 2019. – Vol. 11, No. 10. – Art. 2762. – DOI: 10.3390/su11102762.
219. Gunasekaran A. Performance measures and metrics in a supply chain environment / A. Gunasekaran, C. Patel, E. Tirtiroglu // *International Journal of Operations and Production Management*. – 2001. – Vol. 21, No. 1–2. – P. 71-87. – DOI: 10.1108/01443570110358468.
220. Hosseini M.R. Reverse logistics in the construction industry / M.R. Hosseini, R. Rameezdeen, N. Chileshe, S. Lehmann // *Waste Management & Research*. – 2015. – Vol. 33, No. 6. – P. 499-514. – DOI: 10.1177/0734242X15584842.
221. Janné M. Construction logistics in a city development setting: Doctoral dissertation / M. Janné. – Linköping: Linköping University, 2020. – 278 p. – DOI:

10.3384/diss.diva-170231

222. Jayasinghe R.S. Exploring sustainable post-end-of-life of building operations: A systematic literature review / R.S. Jayasinghe, R. Rameezdeen, N. Chileshe // Engineering, Construction and Architectural Management. – 2019. – Vol. 26, № 4. – P. 689–722. – DOI: 10.1108/ECAM-08-2017-0148.

223. Kim M.G., Environmental Capabilities of Suppliers for Green Supply Chain Management in Construction Projects: A Case Study in Korea / M.G. Kim, C. Woo, J.J. Rho, Y. Chung // Sustainability. – 2016. – T. 8. – № 1. – P. 82 DOI:10.3390/su8010082

224. Koenig G. Business ecosystems revisited // M@n@gement. – 2012. – Vol. 15, No. 2. – P. 208-224.

225. Meng X., Assessment framework for construction supply chain relationships: Development and evaluation / X. Meng // International Journal of Project Management. – 2010. – #28(7). – P. 695–707 DOI:10.1016/j.ijproman.2009.12.006

226. Mentzer J., DeWitt W., Keebler J., Min S., Nix N., Smith C., Zacharia Z. Defining Supply Chain Management // Journal of Business Logistics. – 2001. – Vol. 22. – No 2. - P. 1-25.

227. Moore J. F. Predators and Prey: A New Ecology of Competition // Harvard Business Review. – 1993. – May–Jun. – P. 75-86.

228. Muerza V., Sustainable Construction Logistics in Urban Areas: A Framework for Assessing the Suitability of the Implementation of Construction Consolidation Centres / V. Muerza, C. Guerlain // Sustainability. – 2021. – T. 13, № 13. – P. 7349 (article). – DOI: 10.3390/su13137349/

229. Nolz P.C. Optimizing construction schedules and material deliveries in city logistics: a case study from the building industry / P.C. Nolz // Flexible Services and Manufacturing Journal. – 2021. – Vol. 33. – DOI: 10.1007/s10696-020-09391-7.

230. Ocheoha I.A., A BIM-based Supply Chain Integration for Prefabrication and Modularization / I.A. Ocheoha, O. Moselhi // Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings. – 2018. – DOI:10.29173/mocs35 – URL: <https://doi.org/10.29173/mocs35> (дата обращения: 16.07.2025).

231. Quang H.T. Supply chain risk management research in construction: a systematic review / H.T. Quang // International Journal of Construction Management. – 2022. – January. – DOI: 10.1080/15623599.2022.2029677.
232. Reeves M. What is your business ecosystem strategy? / M. Reeves, U. Pidun, M. Schüssler // BCG Henderson Institute. – 2022. – March 11.
233. Shishehgarhaneh M.B. Construction supply chain risk management / M.B. Shishehgarhaneh, R.C. Moehler, Y. Fang, H. Aboutorab // Automation in Construction. – 2024. – Vol. 162 (June). – Art. 105396. – DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105396.
234. Segerstedt A. Supply chains in the construction industry / A. Segerstedt, T. Olofsson // Supply Chain Management: An International Journal. – 2010. – Vol. 15, No. 5. – P. 347–353. – DOI: 10.1108/13598541011068260.
235. Tzortzopoulos P. Lean Construction: Core Concepts and New Frontiers / P. Tzortzopoulos, M. Kagioglou, L. Koskela. – London : Routledge, 2020. – 460 p. – ISBN 9780429203732. – DOI: <https://doi.org/10.1201/9780429203732>.
236. Tanskanen K., Vendor-Managed-Inventory (VMI) in Construction / K. Tanskanen, J. Holmström, U. Talvitie // International Journal of Productivity and Performance Management. – 2008. – T. 58. – № 1. – P. 58(1) (article). – DOI:10.1108/17410400910921065/
237. Vrijhoef R. The Four Roles of Supply Chain Management in Construction / R. Vrijhoef, L.J. Koskela // European Journal of Purchasing & Supply Management. – 2000. – Vol. 6, No. 3. – P. 169-178. – DOI: 10.1016/S0969-7012(00)00013-7.
238. Wang J. Multi-objective stochastic time–cost–quality optimization in construction projects based on the Reliability theory / J. Wang, H. Zhang, Y. Li // KSCE Journal of Civil Engineering. – 2023. – Vol. 27, No. 5. – P. 2156–2168. DOI:10.1007/s12205-023-1083-z.
239. Wang J. Integrating BIM and LiDAR for real-time construction quality control / J. Wang, W. Sun, W. Shou, X. Wang, C. Wu, H.Y. Chong, Y. Liu, C. Sun // Journal of Intelligent & Robotic Systems. – 2015. – Vol. 79 (3-4), № 3. – P. 417-432. – DOI:10.1007/s10846-014-0116-8.

240. Zaalouk A. Operations planning and scheduling in off-site construction supply chain management: Scope definition and future directions / A. Zaalouk, S. Moon, S. Han // *Automation in Construction*. – 2023. – Vol. 154. – Article 104952. – DOI: 10.1016/j.autcon.2023.104952.

241. Zarte M. Decision Support Systems for Sustainable Manufacturing Surrounding the Product and Production Life Cycle – A Literature Review / M. Zarte, A. Pechmann, I.L. Nunes // *Journal of Cleaner Production*. – 2019. – Vol. 219. – P. 409–425. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.02.092.

Приложение 1**Список используемых сокращений и терминов**

- ЕИСЖС – Единая информационная система жилищного строительства,
МТО – материально-техническое обеспечение,
СЗ – специализированный застройщик,
Balanced Scorecard (BSC) – сбалансированная система показателей,
Building Information Modelling (BIM) – информационное моделирование зданий
4D BIM – BIM с временным измерением,
Construction Consolidation Center (CCC) –строительный консолидационный центр,
Decision Support System (DSS) – система поддержки принятия решений,
Digital twin – цифровой двойник,
Enterprise Resource Planning (ERP) – система планирования ресурсов предприятия,
Environmental, Social and Governance (ESG) – экологические, социальные и управленческие аспекты деятельности организации,
Internet of Things (IoT) – интернет вещей,
Just-in-Time (JIT) – концепция организации поставок и производства «точно в срок»,
Lean – концепция бережливого производства
Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) – генетический алгоритм многокритериальной оптимизации на основе недоминируемой сортировки второго поколения,
Non-dominated Sorting Genetic Algorithm III (NSGA-III) – генетический алгоритм многокритериальной оптимизации на основе недоминируемой сортировки третьего поколения,
Supply Chain – цепь поставок,

Supply Chain Operations Reference (SCOR) – эталонной модели операций цепи поставок.

Приложение 2

Оценка ресурсно-экономического эффекта применения механизма

Предлагаемый механизм представляет собой многоуровневую систему управления логистической экосистемой, результатом функционирования которой является восстановление и поддержание согласованности между плановыми параметрами снабжения, фактическим движением материальных ресурсов, условиями взаимодействия участников и показателями выполнения строительно-монтажных работ. В состав механизма входят информационно-координационный контур, строительный консолидационный центр, тактическое планирование снабжения, оперативная диспетчеризация, управление внутривозвратной логистикой, поддержка принятия решений, математическое обеспечение оптимизации и обратная логистика. Результатом управленческого цикла выступает восстановление согласованности между взаимосвязанными процессами снабжения и производства.

Архитектура механизма имеет четырехуровневое построение. На межорганизационном уровне формируются единые регламенты взаимодействия, требования к данным и статусам, распределяется ответственность участников. На этом же уровне строительный консолидационный центр выступает инфраструктурным узлом согласования потоков нескольких поставщиков и строительных площадок. Его функции связаны с консолидацией партий, хранением, комплектованием и выдачей ресурсов в согласованном режиме. Экономический результат проявляется в снижении количества рейсов и въездов на объект, повышении загрузки транспортных средств, сокращении пробега и времени ожидания.

На стратегическом уровне закрепляются устойчивые правила организации снабжения, требования к уровню логистического обслуживания, возможные конфигурации строительного консолидационного центра, применение BIM, 4D, обратной логистики, системы ключевых показателей и поддержки принятия

решений. На этом уровне экономический результат связан с выбором более устойчивой конфигурации цепи поставок и исключением систематически воспроизводимых потерь.

На тактическом уровне календарно-сетевой график строительно-монтажных работ увязывается с потребностью в ресурсах, размером партий, временными окнами, буферизацией и ограничениями строительной площадки. BIM, 4D обеспечивает сопоставимость временных и пространственных параметров работ и поставок, а методы оптимизации позволяют оценивать варианты распределения ресурсов и сроки их подачи.

На операционном уровне плановые параметры преобразуются в фактическое движение материального потока. Оперативная диспетчеризация определяет очередность, маршрутизацию, партийность и приоритетность поставок, а внутриплощадочная логистика обеспечивает приемку, размещение, перемещение и подачу ресурсов непосредственно к фронту работ.

Таблица П.1– Направления формирования экономического результата предлагаемого механизма

Блок предлагаемого механизма	Изменяемые показатели	Натуральный результат	Экономически оцениваемые последствия
Тактическое планирование снабжения	партии, сроки, буферы, временные окна, соответствие поставки календарю работ	сокращение срочных корректировок, дефицита и избыточного запаса	затраты на хранение, срочные поставки, дополнительные операции снабжения
Оперативная диспетчеризация	очередность и время поставок	сокращение ожидания, нарушений временных окон и внеплановых рейсов	стоимость машино-часов ожидания, дополнительных рейсов и простоев
Строительный консолидационный центр	объединение партий нескольких поставщиков, комплектование и выдача ресурсов	сокращение числа рейсов и въездов, повышение загрузки транспортных средств	транспортные затраты, пробег, затраты последней мили и ожидание у объекта
Внутриплощадочная логистика	приемка, размещение и подача ресурса к фронту работ	сокращение повторных перемещений и ожидания ресурсов	затраты на погрузочно-разгрузочную технику, перемещения и ожидание бригад
BIM/4D и информационно-координационный контур	сопоставление временных, пространственных и ресурсных параметров	предварительное выявление конфликтов и сокращение	предотвращенные простои, переносы, повторные операции и трудозатраты

		повторных согласований	
Поддержка принятия решений и математическая оптимизация	выбор вариантов снабжения, маршрутизации и использования ресурсов	сокращение числа итераций и выбор менее затратного сценария	разница затрат между альтернативными вариантами
Обратная логистика	возврат, перераспределение и повторное использование ресурсов	увеличение объема возврата и повторного использования	сохраненная стоимость ресурсов, снижение закупочных затрат и затрат на удаление
Контур управления отклонениями	скорость выявления отклонения, анализа его последствий и принятия решения	сокращение трудоемкости реакции и ограничение распространения сбоя	снижение координационных затрат и предотвращение вторичных потерь

Расчет выполнен применительно к организации материального обеспечения устройства ограждения котлована УЛК № 1 (один из этапов работ). Организация логистики осложняется инфраструктурными, законодательными и территориальными ограничениями. Для данного этапа основной материальный поток включает 219 пространственных арматурных каркасов длиной 17,25 м. При принятой партийности по три каркаса общий объем составляет 73 рейса. Сопряженным материальным потоком выступает бетонная смесь, поставляемая непосредственно под готовность соответствующего фронта работ. Также были рассмотрены поставки комплектующих и доборной арматуры.

Сами поставки на площадку спланированы с учетом дорожно-транспортной ситуации и ограничений на въезд большегрузного транспорта. Поэтому основной материальный ресурс поставляется в узкие окна приема в вечернее время, но до наступления ограничений на шумные и строительные работы по местному законодательству. А бетонная смесь поступает на следующий день и, учитывая особенности свойств данного материально ресурса, не может быть накоплена на строительной площадке.

В ходе наблюдения исходного порядка организации поставок за первые шесть недель выполнено 36 рейсов с арматурными каркасами, из которых 10 сопровождалось отклонениями. При использовании предлагаемого механизма фиксирования статусов и логики взаимодействия на тактическом и

оперативном уровне на сопоставимом периоде число рейсов с отклонениями сокращается до трех при 37 выполненных рейсах. Для поставок бетонной смеси соответствующее изменение составляет 12 отклонений на 108 рейсов и 5 отклонений на 111 рейсов.

Таблица П.2 – Виды отклонений в сопряженных материальных потоках до и после применения предлагаемого механизма

Материальный поток	Вид отклонения	Содержание отклонения	До, случаев	После, случаев	Изменение
Пространственные арматурные каркасы	Преждевременный подход длинномера	Автомобиль прибывает в центральную часть города раньше подтвержденной готовности площадки и ожидает допуска	4	1	–75,0 %
Пространственные арматурные каркасы	Опоздание к согласованному окну	Задержка автомобиля на маршруте приводит к смещению времени использования разгрузочного ресурса	4	2	–50,0 %
Пространственные арматурные каркасы	Наложение двух поставок	Следующий автомобиль прибывает до завершения разгрузки предыдущего	2	0	устранено
Итого по потоку каркасов			10	3	–70,0 %
Бетонная смесь	Преждевременный выпуск АБС при неготовности фронта работ	Бетонная смесь направляется на объект до подтверждения фактической готовности к ее приемке, вследствие чего автомобиль ожидает начала работ	6	1	–83,3 %
Бетонная смесь	Опоздание АБС к согласованному интервалу	Задержка автомобиля на маршруте вызывает ожидание материального ресурса строительным участком	4	4	без изменения
Бетонная смесь	Наложение последовательных поставок	Следующий АБС прибывает до завершения приема предыдущей партии	2	0	устранено
Итого по бетонному потоку			12	5	–58,3 %

Сопоставление показывает, что результат применения механизма неодинаков для различных причин отклонений. Наиболее заметное изменение наблюдается в тех случаях, которые непосредственно связаны с согласованием

состояний материального потока и производственного процесса: преждевременным направлением транспортного средства и наложением последовательных поставок. Напротив, задержка АБС на маршруте полностью не устраняется, поскольку ее возникновение определяется не только порядком информационного взаимодействия участников. Поэтому последующая экономическая оценка должна учитывать прежде всего те потери, возникновение которых связано с управляемыми механизмом отклонениями.

Данные изменения характеризуют устойчивость материального обеспечения. Стоимостная оценка выполнена для наиболее значимого связанного отклонения, при котором нарушение поставки арматурных каркасов приводит к недостаточному обеспечению следующей смены, требует изменения производственной последовательности и корректировки сопряженной поставки бетонной смеси (за наблюдаемый период до внедрения произошло 1 раз). Связанное отклонение рассматривается по полному управленческому циклу, включающему фиксацию события, сбор данных, межорганизационное согласование, анализ последствий, формирование вариантов решения, принятие решения, его реализацию и контроль исполнения. В обработке участвуют начальник участка, мастер или прораб, специалист по снабжению, диспетчер поставок, инженер ПТО, диспетчер перевозчика и диспетчер поставщика материальных ресурсов.

Таблица П.3 – Изменение трудоемкости обработки связанного отклонения

Этап управленческого цикла	Исходный порядок, чел.-ч	При использовании механизма, чел.-ч	Сокращение, чел.-ч
Фиксация отклонения	2	1	1
Сбор необходимых данных	6	3	3
Межорганизационное согласование	8	5	3
Анализ последствий	5	2	3
Формирование вариантов решения	4	2	2
Принятие решения	3	2	1
Реализация решения	8	8	0
Контроль исполнения	4	2	2
Итого	40	25	15

Основное сокращение приходится на сбор информации, межорганизационное согласование и анализ последствий. На эти операции приходится 9 из 15 высвобождаемых человеко-часов. Трудоемкость реализации принятого решения не изменяется, поскольку физические и организационные действия участников сохраняются. Экономический результат возникает за счет сокращения повторного обмена информацией, уточнения статусов и числа согласований.

Для перевода трудоемкости в денежную оценку использована стоимость рабочего времени каждого участника. Определен круг лиц, задействованных в данном случае и измерены временные затраты каждого участника процесса на информационное взаимодействия по решению проблемы в системе. Суммарные затраты определяются как произведение трудоемкости участия i -го специалиста, чел.-ч и расчетной стоимости одного часа его рабочего времени, руб./ч. Таблица П.4 – Стоимость управленческого цикла обработки одного связанного отклонения

Участник	Исходный порядок, чел.-ч	При использовании механизма, чел.-ч	Затраты при исходном порядке, руб.	Затраты при использовании механизма, руб.
Начальник участка	3,75	2,75	4 637	3 401
Мастер, прораб	5,75	3,25	7 320	4 137
Специалист по снабжению	6,75	4,25	4 603	2 898
Диспетчер поставок	8,50	4,75	5 797	3 239
Инженер ПТО, планировщик	6,75	4,00	7 058	4 183
Диспетчер перевозчика	4,25	3,00	2 898	2 046
Диспетчер БСУ	4,25	3,00	2 512	1 773
Итого	40,00	25,00	34 825	21 677

Экономия затрат на обработку одного наиболее сложного связанного отклонения составляет 13 148 руб.

Управленческие затраты отражают только информационно-координационную составляющую. При развитии рассматриваемого отклонения возникают также операционные потери. При позднем выявлении несоответствия фактической готовности фронта работ запланированной поставке бетонной смеси

возникает риск выхода уже произведенной и отгруженной партии за установленное время сохраняемости ее технологических свойств. Стоимость такой партии может рассматриваться как материальная потеря только при невозможности ее использования или перенаправления на другой фронт работ. Для их оценки приняты средние значения установленных диапазонов стоимости задействованных ресурсов.

Таблица П.5 – Расчет предотвращаемых затрат по наиболее значимому связанному отклонению

Составляющая эффекта	Расчетная величина, руб.
Сокращение управленческих трудозатрат	13 148
Предотвращение 1 ч ожидания АБС	1 500
Предотвращение 1 ч простоя автокрана	3 150
Предотвращение 1 ч простоя трех работников	1 156
Предотвращение потери одной партии бетонной смеси 9 м ³ с доставкой	58 275
Итого	77 229

Совокупный расчетный экономический эффект определяется как сумма сокращения управленческих затрат и предотвращаемых операционных потерь:

Полученная величина характеризует экономический результат предотвращения одного наиболее значимого связанного отклонения. Она не является средней стоимостью отклонения и не распространяется автоматически на все 73 рейса или на каждое зафиксированное нарушение. Изменение количества отклоняющихся рейсов с 10 до 3 по потоку арматурных каркасов и с 12 до 5 по бетонному потоку характеризует изменение устойчивости снабжения, тогда как стоимостная оценка 77 229 руб. относится к отдельному сценарию, в котором нарушение одного материального потока вызывает последствия для сопряженных ресурсов и производственного процесса.

Экономический результат предлагаемого механизма определяется прежде всего предотвращением развития локального нарушения в связанное отклонение, оказывающее влияние на ход выполнения работ и нарушающее согласованность поставки связанных в технологическом процессе материальных ресурсов. Изменяется порядок информационного взаимодействия и принятия

решений, за счет чего снижаются координационные затраты и связанные с несвоевременной корректировкой потери. Полученные нами расчетные зависимости создают объективные предпосылки для последующей оценки экономического результата применения предлагаемого механизма на более широком контуре материального обеспечения строительного производства с учетом частоты возникновения связанных отклонений, состава вовлеченных ресурсов и масштаба охватываемых взаимодействий.