

На правах рукописи

ШПРИЦ Михаил Львович

**СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
КОМПЛЕКСОВ**

Специальность: **05.23.08** – Технология и организация строительства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2016

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель: **Егоров Андрей Николаевич**
кандидат технических наук, доктор
экономических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Гинзбург Александр Витальевич**
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский Московский
государственный строительный
университет», кафедра информационных
систем, технологий и автоматизации в
строительстве, заведующий

Козин Петр Александрович
доктор технических наук, профессор,
ООО «РМС-Оценка» (Санкт-Петербург),
генеральный директор

Ведущая организация: Военная академия материально-
технического обеспечения им. Генерала
армии А.В. Хрулева. Военный институт
(инженерно-технический).

Защита диссертации состоится «11» октября 2016 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д **212.223.01** при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, зал заседаний диссертационного совета (аудитория 219).
Тел./Факс: (812) 316-58-72; E-mail: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте www.spbgasu.ru.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2016 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук

Конюшков Владимир Викторович

I ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность избранной темы. В настоящее время строительство многофункциональных комплексов (МФК) относится к числу актуальных направлений развития гражданского строительства в Российской Федерации, благодаря широким возможностям многоцелевого использования вводимых в эксплуатацию площадей, придающим особую значимость МФК в период кризисных явлений, характеризующихся высоко динамичными колебаниями спроса на различный формат использования зданий.

Под *многофункциональным комплексом* в диссертации понимается объект капитального строительства, предусматривающий наличие не менее трех вариантов прибыльного использования площадей, состоящий из одного или нескольких зданий, расположенных на одном земельном участке, составляющих единый ансамбль, разрабатываемый по единому проекту, предусматривающий функциональную взаимосвязь всех компонентов комплекса. Все составляющие многофункционального комплекса сопоставимы по площади и объемам капиталовложений, при этом каждый составляющий компонент функционирует независимо от остальных. Возведение объектов МФК осуществляется, как правило, в экстремальных условиях широкого ряда негативных факторов, которые вызывают нарушение ритмичности строительного производства. К негативным факторам строительства МФК относятся: сложность в реализации уникальных архитектурно-планировочных решений, необходимость освоения подземного пространства в сложных инженерно-геологических условиях, необходимость применения неотработанных инновационных строительных технологий и методов производства работ с одновременным совмещением их на строительной площадке в условиях ограниченного пространства, реализация проектов в условиях плотной городской исторической застройки и другие. Негативные факторы порождают нарушения проектных сроков, стоимости и качества возведения объектов, снижая организационно-технологическую надежность (ОТН) строительства МФК.

Под *организационно-технологической надежностью* строительства многофункциональных комплексов в диссертации понимается способность производственной системы на основе реализации технологических, организационных, управленческих и других решений обеспечить выполнение основных показателей строительства: запланированные сроки, стоимость и нормативное/проектное качество возведения объекта, – в условиях воздействия возмущающих факторов, присущих строительству, как сложной динамической системе. В мировой и отечественной практике реализовано много крупных строительных проектов МФК. Вместе с тем, не существует в достаточной мере научно-обоснованных рекомендаций по созданию эффективной строительной системы, которая бы обеспечила организационно-технологическую надежность реализации проектов МФК. Существующие учебно-методические и научные публикации по организации и управлению строительной деятельностью не учитывают особенностей, свойственных формату многофункциональных

комплексов. В результате, при реализации проектов МФК возникают различного рода негативные производственные ситуации, вызывающие нарушения контрактных сроков, стоимости и нормативного качества выполнения работ, снижая, таким образом, организационно-технологическую надежность строительства. Поэтому разработка эффективной системы обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК представляет собой достаточно актуальную научную задачу, от решения которой во многом зависят как эффективность капитальных вложений в проекты МФК, так и технико-экономические показатели построенных и введенных в эксплуатацию объектов.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования обосновывается активно развивающимся перспективным направлением современного строительства в Российской Федерации, а также необходимостью разработки более эффективной системы обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК.

Степень разработанности темы исследования. Проблемы совершенствования методов строительства рассматривают в фундаментальных работах следующие ученые: Азгальдов Г.Г., Афанасьева В.А., Атаев С.С., Багов В.Н., Бадьин Г.М., Байбурун А.Х., Бирюков А.Н., Болотин С.А., Бузырев В.В., Верстов В.В., Воропаев В.Д., Гинзбург А.В., Гончаренко Л.М., Грабовой П.М., Гусаков А.А., Гусев Е.В., Егоров А.Н., Заренков В.А., Иващенко Н.К., Ильенкова С.В., Казаков Ю.Н., Каменецкий М.Н., Канторович Л.В., Карданская Н.К., Карлик А.Е., Костецкий Н.П., Кудашов Е.В., Мазур И.И., Маругин В.В., Мухаметзянов З.Р., Олейник П.П., Панибратов Ю.П., Панкратов Е.М., Платонов А.М., Попков Ю.В., Разу Х.М., Серов В.М., Теличенко В.И., Чистов Л.М., Шапиро В.Д., Цай Т.Н., Якушевский Е.Н., и др. Этим занимались зарубежные ученые Р. Арчибальд, Х.-Ю. Варнеке, М. Кассой, К. Кент, А. Линк, С. Охара, М. Питере, М. Портер, Р. Ротберг, Р. Страйк, Р. Фостер, Р. Хизрич, Э. Янч, К. Хендриксон и др. В этих работах рассматриваются широкий круг вопросов по технологии, организации и управлению строительством, реализации инвестиционно-строительных проектов. Однако, комплексно, с учетом особенностей рассматриваемого вида объектов, научная задача обеспечения организационно-технологической надежности строительства многофункциональных комплексов исследована недостаточно.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – обеспечение организационно-технологической надежности строительства многофункциональных комплексов.

Задачи исследования.

1. Разработать модель обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК.
2. Выявить и систематизировать негативные и позитивные факторы, влияющие на строительство объектов МФК. Разработать графо-аналитическую модель строительства МФК с учетом негативных факторных воздействий и позитивных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению.
3. Разработать оптимизационную модель обеспечения надежности

строительного производства при возведении объектов МФК, которая позволила бы соблюсти установленные сроки и стоимость строительства.

4. Разработать модель оптимального оперативно-производственного планирования строительно-монтажных работ при возведении объектов МФК.

5. Сформировать модель обеспечения качества строительства многофункциональных комплексов.

6. Разработать методику оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК.

Объектом исследования является строительство многофункциональных комплексов.

Предметом исследования является организационно-технологическая надежность строительства объектов МФК.

Границы исследования: Исследование ограничено рамками установленных параметров, характеризующих организационно-технологическую надежность строительства МФК - продолжительностью, стоимостью и качеством строительства многофункциональных комплексов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработана новая модель обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК, которая предусматривает создание аналитико-графической модели взаимоотношений участников строительного процесса, выявление, систематизацию и оценку негативных и позитивных факторов, оказывающих влияние на ход строительства объектов МФК, разработку графоаналитической модели строительства объекта, создание оптимизационной модели обеспечения надежности строительного производства, применение системы оптимального оперативно-производственного планирования строительно-монтажных работ, организацию контроля и разработку модели обеспечения качества строительства, применение методики оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК.

2. Создана графоаналитическая модель строительства МФК с учетом негативных факторных воздействий и позитивных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению.

3. Создана оптимизационная модель обеспечения надежности строительного производства при возведении объектов МФК, позволяющая обеспечить установленные сроки и стоимость строительства.

4. Разработана модель оптимального оперативно-производственного планирования строительно-монтажных работ при возведении объектов МФК, позволяющая обеспечить заданные сроки строительства.

5. Создана модель обеспечения качества строительства многофункциональных комплексов, согласованная по стадиям и времени их строительства.

6. Разработана методика оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК.

Теоретическая и практическая значимость работы: научная и практическая значимость результатов диссертационных исследований заключается в комплексном характере научных разработок и возможности обеспечить путем их

внедрения на производстве организационно-технологическую надежность строительства МФК в современных рыночных условиях.

Результаты диссертационной работы внедрены в ходе строительства многофункционального комплекса «Стокманн Невский Центр» в г. Санкт-Петербург. Применение научных разработок обеспечило соблюдение проектных сроков, стоимости и качества строительства указанного объекта.

Методология и методы диссертационного исследования.

Теоретической и методологической основой диссертации являются исследования отечественных и зарубежных ученых в области строительства, моделирования, теории и концепции организации и управления строительными процессами, метод системного анализа и синтеза, метод экспертного анализа, метод управления по ситуациям, графическое и математическое моделирование, метод непрерывного преобразования, графоаналитический метод. В работе использованы законодательные и нормативные акты РФ, методические и нормативные материалы и разработки научно-исследовательских институтов.

Положения, выносимые на защиту.

1. Модель обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК, которая предусматривает создание аналитико-графической модели взаимоотношений участников строительного процесса, выявление, систематизацию и оценку негативных и позитивных факторов, оказывающих влияние на ход строительства объектов МФК, разработку графоаналитической модели строительства объекта, создание оптимизационной модели обеспечения надежности строительного производства, применение системы оптимального оперативно-производственного планирования строительного-монтажных работ, организацию контроля и разработку модели обеспечения качества строительства, применение методики оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК.
2. Графоаналитическая модель строительства МФК с учетом негативных факторных воздействий и позитивных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению.
3. Оптимизационная модель обеспечения надежности строительного производства при возведении объектов МФК, позволяющая обеспечить установленные сроки и стоимость строительства.
4. Модель оптимального оперативно-производственного планирования строительного-монтажных работ при возведении объектов МФК, позволяющая обеспечить заданные сроки строительства.
5. Модель обеспечения качества строительства многофункциональных комплексов, согласованная по стадиям и времени их возведения.
6. Методика оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК: 05.23.08 – Технология и организация строительства, а именно: содержанию специальности, каковым является повышение организационно-технологической надежности строительства (область исследования в п.1. «Прогнозирование и оптимизация параметров

технологических процессов и систем организации строительства и его производственной базы, повышение организационно-технологической надежности строительства»).

Степень достоверности и апробация результатов исследования обоснована применением апробированных методов проведения научных исследований, наличием большого современного информационного материала и его аналитической обработкой, систематизированным характером научных результатов и доведением их до практического использования, а также сходимостью теоретических положений диссертации и практических результатов их апробации.

Основные положения и результаты диссертационной работы были доложены и получили одобрение: на международных научных конференциях Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (61-я, 62-я, 63-я, 65-я, 69-я международные научно-технические конференции молодых ученых; 66-я, 67-я, 68-я, 70-я, 71-я научные конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов. - Санкт-Петербург, 2008, 2009, 2010, 2012, 2014, 2015, 2016 гг.); на всероссийской научной конференции студентов и аспирантов в ВГТУ (Вологда, 2009 г.); на научно-практической конференции в Санкт-Петербургском государственном инженерно-экономическом университете (ИНЖЭКОН, 2010); на научной конференции в ВИТУ (Санкт-Петербург, 2010 г.); на V-й международной конференции «Актуальные проблемы архитектуры и строительства» (Санкт-Петербург, 2013 г.; на международной научно-практической конференции под патронажем ЮНЕСКО (Украина. Киев), 2013; на научно-практической конференции «Динамика развития современной науки» (Уфа, 2014 г.), на научно-практической конференции «Научные аспекты глобализационных процессов» (Уфа, 2014 г.).

Полученные автором научные результаты были опубликованы в четырех журналах из списка ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований.

Публикации.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 16 научных работах общим объемом 8,75 п.л., лично автором 8,22 п.л., в том числе 4 в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК, общим объемом 1,15 п.л., лично автором 0,89 п.л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа объемом 146 страниц основного текста состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 149 наименований работ отечественных и зарубежных авторов, 3-х приложений, содержит 34 рисунка и 14 таблиц.

Во введении приведено обоснование выбранной темы исследования, показано, что возведение многофункциональных комплексов является одной из современных тенденций развития капитального строительства в РФ, уточнены термины «организационно-технологическая надежность» и «многофункциональный комплекс», установлены рамки диссертационного исследования.

В первой главе диссертации выполнен анализ существующих научно-практических знаний в области строительства многофункциональных комплексов, в т.ч. инновационных решений, направленных на обеспечение организационно-технологической надежности реализации проектов МФК, выполнен анализ современных методов организации строительства многофункциональных комплексов.

Во второй главе диссертации разработана модель организационно-технологической надежности строительства многофункциональных комплексов; выполнено моделирование состава, функций и путей взаимодействия участников строительства, разработана модель взаимоотношений участников строительного процесса; проведена систематизация негативных и позитивных факторов, а также инновационных решений, оказывающих влияние на организационно-технологическую надежность строительства МФК.

В третьей главе разработана графоаналитическая модель строительства объектов МФК с учетом непредвиденных негативных воздействий и мероприятий по их нейтрализации и предупреждению; создана оптимизационная модель обеспечения надежности строительного производства при возведении объектов МФК; разработана модель оптимального оперативно-производственного планирования СМР при возведении объектов МФК; разработана модель обеспечения качества строительства МФК.

В четвертой главе разработана методика оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК; приведены данные о применении результатов исследования в ходе строительства МФК «Стокманн Невский Центр» в г. Санкт-Петербург, изложены перспективы применения научных результатов диссертационного исследования.

В заключении приводится краткий перечень основных положений и результатов диссертационного исследования и даны рекомендации по дальнейшим исследованиям в данной области.

II ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Разработана модель обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК, которая предусматривает создание аналитико-графической модели взаимоотношений участников строительного процесса, выявление, систематизацию и оценку негативных и позитивных факторов, оказывающих влияние на ход строительства объектов МФК, разработку графоаналитической модели строительства объекта, создание оптимизационной модели обеспечения надежности строительного производства, применение системы оптимального оперативно-производственного планирования строительного-монтажных работ, организацию контроля и разработку модели обеспечения качества строительства, применение методики оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК.

Модель обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК представлена на рисунке 1. Применение конкретных научных результатов отнесено к определенным стадиям строительного цикла.

На ранних стадиях реализации строительного проекта МФК целесообразно разработать аналитико-графическую модель взаимоотношений участников строительства. Построение такой модели и постоянная корреляция ее в зависимости от изменяющейся ситуации позволяют девелоперу понимать состав участников строительной деятельности на каждой стадии проекта, что в результате является одним из необходимых условий обеспечения организационно-технологической надежности строительства.

На строительный процесс на разных его стадиях может воздействовать множество негативных факторов, которые оказывают существенное отрицательное влияние на основные показатели реализации строительного проекта, приводящих в итоге к срыву запланированных сроков, стоимости и нормативного качества строительства МФК. В этой связи, целесообразно разработать и применять сетевую *графоаналитическую модель строительства*, учитывающую влияние непредвиденных негативных воздействий, а также позитивных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению на ход строительства на разных его стадиях.

На основании работы по выявлению и оценке негативных факторов влияния целесообразно также разработать *оптимизационную модель обеспечения надежности строительного производства* при возведении объектов МФК путем соблюдения сроков, стоимости и качества строительства. Модель позволит осуществлять количественную оценку влияния негативных факторов на сроки и стоимость строительства и оценивать эффективность и достаточность предложенных компенсационных мероприятий.

Для повышения надежности строительного производства на низовом уровне (на уровне работы строительных бригад) следует осуществлять *оптимальное оперативно-производственное планирование СМР* на основе математического программирования по критерию обеспечения максимальной готовности объекта в каждом из планируемых периодов с учетом негативных факторов влияния и позитивных факторов - мероприятий по их предупреждению или нейтрализации.

Важнейшим вопросом обеспечения надежности производства является обеспечение нормативного качества строительства МФК. Необходимо комплексно рассмотреть вопросы качества возведения многофункциональных комплексов и разработать модель *обеспечения качества строительства* объектов МФК. Для реализации и контроля функционирования вышеуказанных разработанных моделей следует разработать и применять *методику оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК*.

2. Создана графоаналитическая модель строительства МФК с учетом негативных факторных воздействий и позитивных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению. Определены и систематизированы

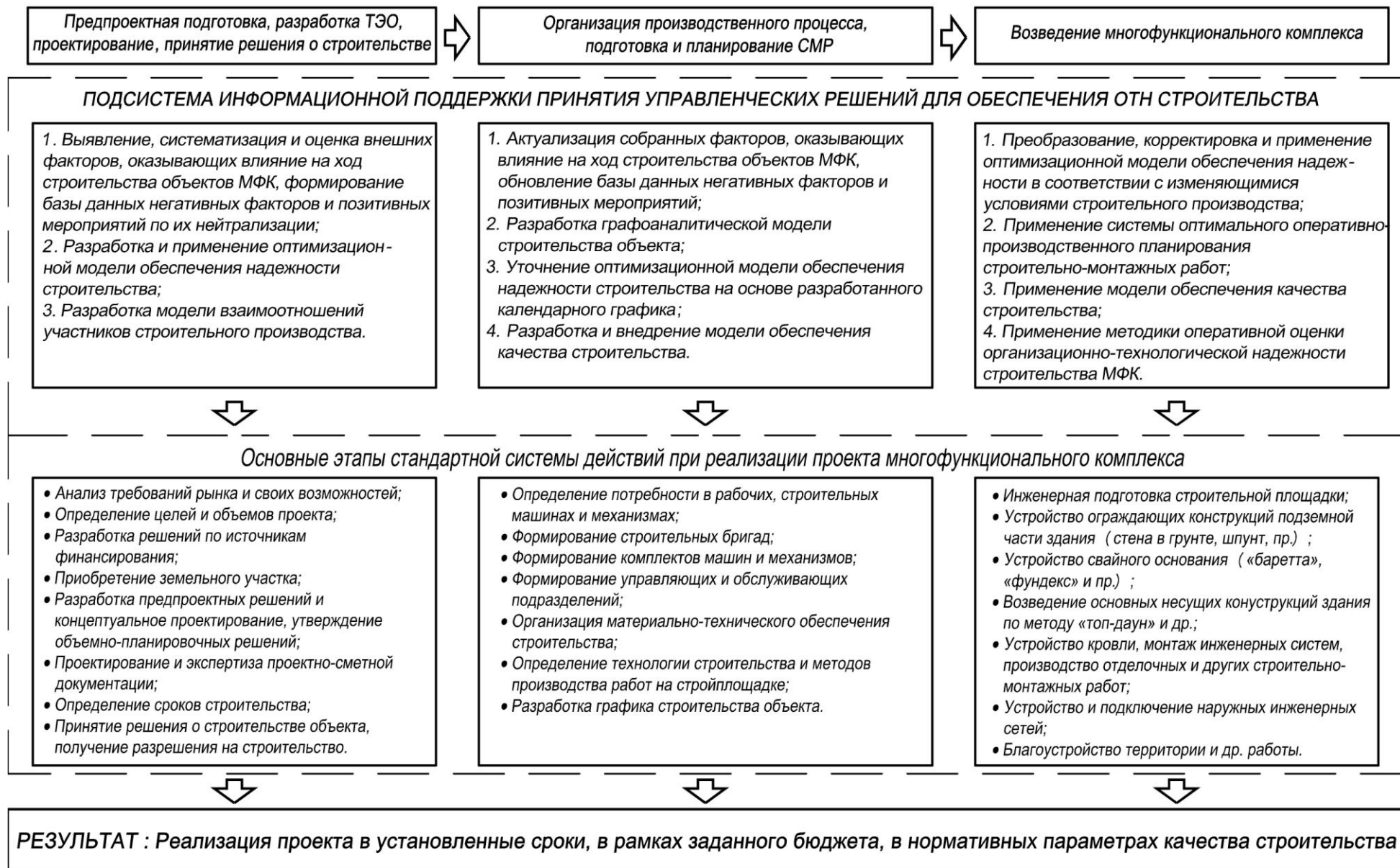


Рисунок 1 - Модель обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК

факторы, влияющие на организационно-технологическую надежность производства на разных фазах жизненного цикла проекта.

В процессе проведения исследования была выполнена условная оценка наиболее свойственных российскому строительному рынку негативных и позитивных факторов влияния на сроки, стоимость и качество строительства МФК, в т.ч. по степени их влияния на каждой отдельной стадии реализации строительного проекта. Для детализированной оценки и контроля влияния позитивных и негативных факторов на строительный процесс разработана графоаналитическая модель строительства МФК с учетом факторного влияния (рисунок 2). Модель состоит из основного графа, представляющего собой укрупненный сетевой график строительства, и подграфов негативного и позитивного воздействия, расположенных в верхней и нижней части модели соответственно. Процесс возведения объекта МФК изображен стадийным, влияние каждого фактора отнесено к конкретной фазе реализации объекта. Подграфы состоят из событий и связей (влияний). События включают следующее информационное наполнение: номер (код) события, влияние события на сроки строительства (дни), влияние на стоимость (млн. руб.), количество отклонений по качеству (случаи).

Отличительной особенностью разработанной модели является привязка ее к укрупненному графику строительства с выделенными структурными сдвигами (вехами). Модель обладает универсальностью и гибкостью - может быть легко адаптирована к конкретному строительному проекту. Степень детализации основного графа в зависимости от решаемых на разных уровнях задач управления.

3. Создана оптимизационная модель обеспечения надежности строительного производства при возведении объектов МФК, позволяющая обеспечить установленные сроки и стоимость строительства.

Ключевыми целями строительной деятельности являются: осуществление реализации проекта в установленные проектные сроки с возможностями их минимизации; строительство в рамках запланированного и минимально возможного бюджета (сокращённого за счет снижения себестоимости СМР в процессе реализации проекта); возведение объекта с соблюдением нормативного/проектного качества работ. При этом, следует подчеркнуть, что отклонения от нормативного/проектного качества выполненных СМР отражаются в дополнительных временных и стоимостных затратах на их переделку, и наоборот, применённая инновационная строительная технология может обеспечить нормативное/проектное качество работ при меньших затратах. При негативных отклонениях в процессе строительного производства от проектных сроков и стоимости предлагается осуществлять их минимизацию на основе математического программирования по следующей разработанной автором модели:

1) по критерию минимизации сроков строительства

$$F_T = F_{DIR} + \sum_{i=1}^n k_i(m_i M_i) - \sum_{j=1}^m k_j(n_j N_j) \rightarrow \min, \quad (1)$$

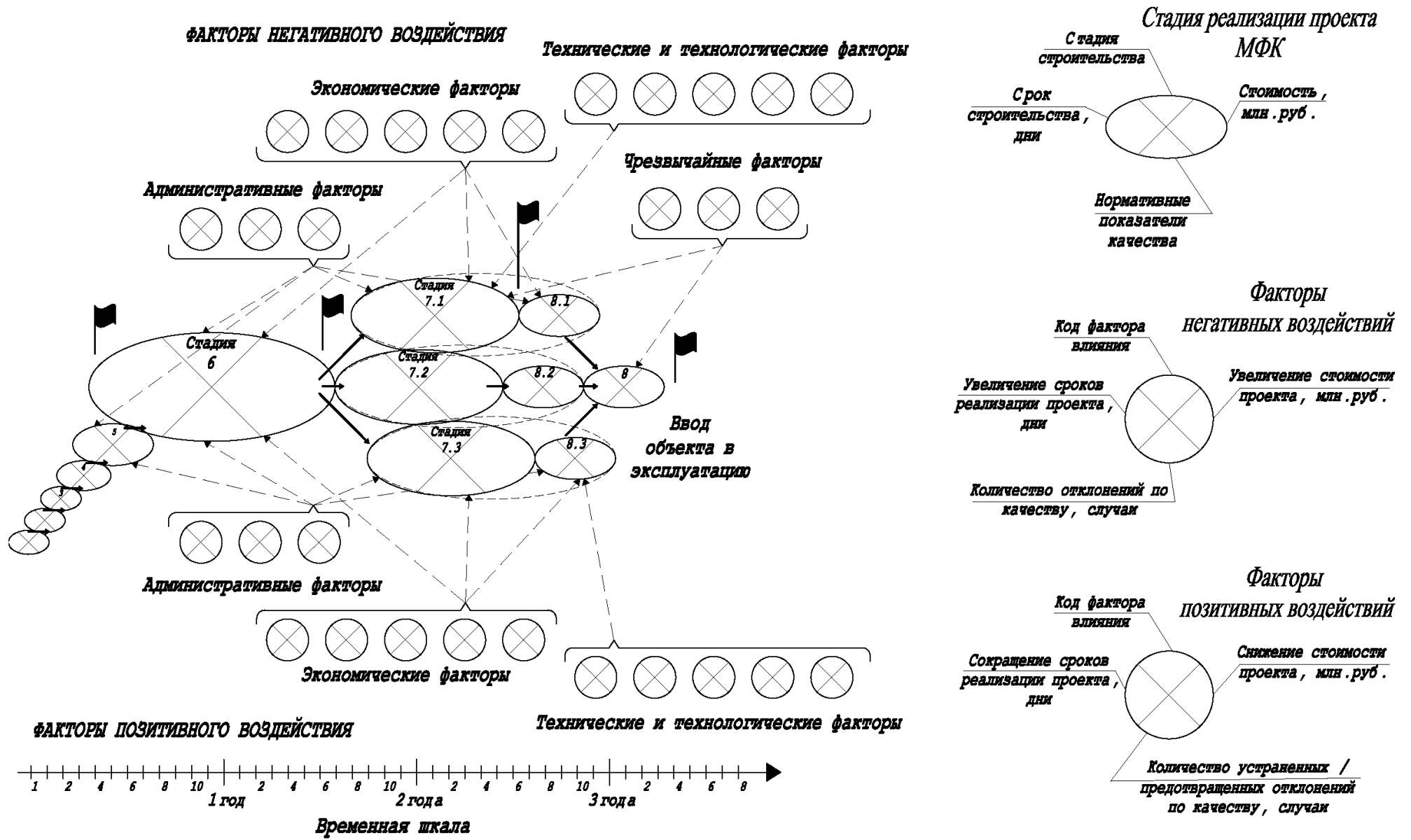


Рисунок 2 - Графоаналитическая модель строительства объекта МФК

где: F_{DIR} – срок реализации строительного проекта (дни), установленный на основании технико-экономических показателей строительства объекта МФК; k_i – коэффициент вероятности наступления события i -го негативного фактора влияния; m_i – прогнозируемое влияние i -го негативного фактора на сроки строительства проекта (дни/событие); M_i – количество событий i -го негативного фактора (события); k_j – коэффициент вероятности наступления события j -го позитивного фактора влияния; n_j – прогнозируемое влияние j -го позитивного фактора на сроки строительства проекта (дни/событие); N_j – количество событий j -го позитивного фактора влияния (события);

2) по критерию минимизации стоимости строительства

$$F_p = F_{UST} + \sum_{i=1}^n k_i(p_i M_i) - \sum_{j=1}^m k_j(h_j N_j) \rightarrow \min, \quad (2)$$

где: F_{UST} – установленная сметная (бюджетная) стоимость реализации проекта, рассчитанная на основании технико-экономических показателей (млн. руб.); k_i – коэффициент вероятности наступления события i -го негативного фактора влияния; p_i – прогнозируемое влияние i -го негативного фактора на стоимость проекта (млн.рублей/событие); M_i – количество событий i -го негативного фактора влияния (события); k_j – коэффициент вероятности наступления события j -го позитивного фактора влияния; h_j – прогнозируемое влияние j -го позитивного фактора на стоимость реализации проекта (млн. рублей/событие); N_j – количество событий j -го позитивного фактора влияния (события).

Величины k_i , k_j , m_i , n_j , p_i и h_j определяются для каждого отдельного события (M_i и N_j) фактора влияния на основе экспертных оценок с учетом географических, геологических, социальных и политических условий, в которых происходит реализация строительного проекта. После обработки результатов экспертного анализа менеджментом проекта устанавливаются коэффициенты k_i , k_j , как 0 или 1 (с учетом полученных данных вероятностных величин и их влияния на реализацию строительного проекта).

На стадии строительства, когда влияние негативных факторов детерминировано (произошли отклонения от проектных параметров, например, по срокам на конкретный момент времени возведения объекта МФК) оптимальное решение достигается на основе определения состава и объемов позитивных мероприятий, корректирующих/восстанавливающих ритм строительства. При этом, при анализе и подборе компенсационных и нейтрализующих мероприятий представляется необходимым учитывать следующие ресурсные ограничения:

1) ограничения по предусмотренным бюджетом проекта финансовым резервам

$$\sum_{j=1}^m P_j N_j \leq F_{REZ}, \quad (3)$$

где: N_j - количество событий j -го позитивного фактора влияния / мероприятия (события), P_j - единичная стоимость j -го компенсационного мероприятия (млн.

руб / событие), F_{REZ} – предусмотренные бюджетом проекта финансовые резервы (млн. руб);

2) ограничения по объемам мероприятий: Q' (минимальный объем выполняемого j -го компенсационного мероприятия) и Q'' (максимальный объем выполняемого j -го компенсационного мероприятия).

$$Q'_j \leq N_j P_j \leq Q''_j \quad (4)$$

$$Q'_j = N'_j P_j; \quad (5)$$

$$Q''_j = N''_j P_j \quad (6)$$

$$0 \leq N_j P_j \quad (7)$$

где Q', Q'' – ограничения на планируемый период по j -м мероприятиям (млн. руб), N'_j, N''_j – минимальный и максимальный возможные объемы запланированных j -х мероприятий (события); P_j – стоимость единицы j -го мероприятия (млн. руб / событие).

Аналогично формируются ограничения по ресурсам для оптимизации по критерию стоимости. При этом ограничения накладываются в трудозатратах, как по общему располагаемому трудовому ресурсу, так и по конкретным компенсационным мероприятиям.

Полученные на основе математического программирования решения по срокам и стоимости строительства сравниваются с данными проекта. При неудовлетворительных результатах разрабатываются дополнительные компенсационные мероприятия. Анализ хода реализации проекта и отклонения от заданных сроков и стоимости рекомендуется выполнять непрерывно на протяжении всего строительства объекта МФК.

4. Разработана модель оптимального оперативно-производственного планирования строительно-монтажных работ при возведении объектов МФК, позволяющая обеспечить заданные сроки строительства.

Факторное влияние на ход строительства необходимо учитывать при оперативно-производственном планировании строительного производства. Для определения факторного влияния применяем коэффициенты k_j^n и k_j^p , где:

k_j^n – коэффициент воздействия от **негативных** факторов влияния на стоимость j -ой работы;

k_j^p – коэффициент воздействия от **позитивных** компенсационных факторов влияния на стоимость j -ой работы.

При этом автор предлагает проводить аналитическую работу по следующему методическому алгоритму.

1. Собираются и классифицируются негативные факторы, оказывающие влияние на каждую стадию строительства объекта МФК.

2. Методом экспертных оценок определяется влияние факторов риска на увеличение стоимости СМР. Влияние каждого фактора отражается в виде коэффициента (негативное влияние фактора может выражаться значением ≥ 1).

После обработки полученных данных выводится k_j^n (коэффициент воздействия негативных факторов).

3. Коэффициент k_j^p определяется аналогично. Формируется перечень компенсационных и предупреждающих мероприятий (позитивных факторов). Методом экспертных оценок определяется их положительное влияние на снижение стоимости СМР. Влияние каждого фактора отражается в виде коэффициента, значение которого >0 , но ≤ 1 . После обработки полученных данных выводится k_j^p (коэффициент воздействия *позитивных* факторов).

Разработку оптимальных оперативно-производственных планов строительно-монтажных работ и определения максимально возможных показателей по каждому из видов работ на планируемый период (неделю, месяц и др.) производим в соответствии с целевой функцией:

$$\sum_{j=1}^n k_j^p k_j^n E_j V_j \rightarrow \max \quad (8)$$

где: k_j^p, k_j^n – коэффициенты факторного влияния на стоимость j -й работы; E_j – стоимость единицы j -той работы, тыс. руб.; V_j – объем j -той работы на планируемый период, в натуральных показателях.

При этом, учитываются следующие ресурсные ограничения.

1. Ограничения по объемам работ $Q_j^{\text{мин}}$ (минимальный объем на расчетный месяц) и $Q_j^{\text{макс}}$ (максимальный объем работ на расчетный месяц):

$$Q_j^{\text{мин}} \leq V_j T_j \leq Q_j^{\text{макс}}, \quad (9)$$

при этом:

$$Q_j^{\text{мин}} = V_j^{\text{мин}} T_j; \quad (10)$$

$$Q_j^{\text{макс}} = V_j^{\text{макс}} T_j, \quad (11)$$

$$0 \leq V_j T_j \quad (12)$$

где $V_j^{\text{мин}}, V_j^{\text{макс}}$ – минимальный и максимальный возможные объемы выполняемой в планируемый период j -й работы, в натуральных показателях; T_j – трудоемкость единицы выполняемой работы, чел.-дни.

2. Ограничение по общему трудовому ресурсу (Q_3):

$$\sum_{j=1}^n T_j V_j = Q_3, \quad (13)$$

при этом:

$$Q_3 = Nm, \quad (14)$$

где: N – количество рабочих;
 m – количество рабочих дней.

На основе разработанной модели составляются оптимальные оперативно-производственные планы по критерию обеспечения максимальной готовности объекта МФК в результате их реализации с учетом факторного влияния, а также имеющихся материальных и трудовых ресурсов.

5. Создана модель обеспечения качества строительства многофункциональных комплексов, согласованная по стадиям и времени строительства МФК.

В диссертации разработана детерминированная модель комплексной системы обеспечения качества строительства МФК (рисунок 3).



Рисунок 3 - Модель обеспечения качества при строительстве объектов МФК

Созданная модель функционирует в рамках существующих нормативных положений в области качества строительства (Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», сводов правил (СП), национальных российских стандартов (ГОСТов) и др.), и служит информационной поддержкой для оперативного управления строительным проектом по обеспечению качества на всех стадиях строительства. Модель отличается следующими элементами научной новизны: 1) модель детерминирована - привязана к графику реализации проекта с выделенными структурными сдвигами (вехами); 2) модель компактна, при этом отражает все ключевые действия, необходимые для обеспечения установленного качества строительного проекта; 3) в модели заложен потенциал развития - те или иные подсистемы могут углубляться и детализироваться в зависимости от

потребности управления строительством; 4) модель интегрирована в разработанную в диссертации систему обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК; эта интеграция реализуется: а) при выявлении возможных негативных факторов и определении компенсационных мероприятий по обеспечению качества строительных работ, б) в графоаналитическую модель строительства объекта МФК, в которой отражается количество отклонений от заданных параметров качества; в) при формировании оптимизационной модели обеспечения надежности строительного производства при возведении объектов МФК, где низкое качество выполненных СМР отражается в дополнительных временных и стоимостных затратах; г) при составлении оптимальных оперативно-производственных планов СМР, включающие работы по ликвидации и/или предотвращению отклонений от проектных параметров качества строительства.

6. Разработана методика оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК.

Оперативная оценка организационно-технологической надежности строительства МФК осуществляется по следующей методике.

1) *Формирование базы данных потенциальных факторов риска.* На самых ранних стадиях планирования в процессе проработки концептуальных решений по реализации строительного проекта и создании укрупненных графиков строительства выделяются основные фазы проекта, определяются вехи (структурные сдвиги), на которых принимаются ключевые решения для реализации проекта. Анализируется каждая фаза жизненного цикла проекта. Определяются зоны риска и наиболее слабые места. Выявляются факторы, способные оказать негативное влияние на сроки и стоимость реализации проекта. Создаются базы данных потенциальных негативных факторов влияния.

2) *Оценка вероятности наступления факторов риска и степени их возможного влияния на сроки и стоимость строительства МФК.* После создания базы данных потенциальных факторов риска, руководством проекта проводится анализ условий реализации проекта, оценивается квалификация вовлеченных в проект специалистов. Формируется команда экспертов. Определяется наиболее подходящий метод экспертного анализа для оценки влияния собранных факторов. Проводится оценка выявленных негативных факторов влияния по трем критериями: 1) вероятность наступления каждого фактора влияния; 2) оценка влияния фактора на сроки реализации проекта; 3) оценка влияния фактора на стоимость проекта. После обработки результатов экспертного анализа с учетом полученных данных вероятностных величин и их влияния на реализацию строительного проекта менеджментом проекта устанавливаются коэффициенты вероятности наступления негативных событий как 0 или 1 для дальнейшего их учета или игнорирования.

3) *Расчет влияния факторов риска на сроки и стоимость строительства многофункционального комплекса.* На основании полученных данных экспертного анализа по п.2 данной методики по приведенным в автореферате формулам (1), (2) определяются сроки и стоимость строительства объекта с

учетом влияния негативных факторов (влияние позитивных факторов на данном этапе анализа не учитывается).

4) *Анализ полученных результатов и выработка возможных предупреждающих и компенсирующих мероприятий.* Руководством проекта анализируются полученные результаты и принимается решение о целесообразности внесения корректирующих и предупреждающих мероприятий. Определяются факторы и мероприятия, способные оказать нейтрализующие или компенсационные воздействия на реализацию проекта. Составляется база данных компенсационных мероприятий.

5) *Определение влияния предупреждающих и компенсационных мероприятий.* Командой экспертов проводится оценка выявленных позитивных факторов (мероприятий) по трем критериями: 1) вероятность их наступления; 2) оценка их влияния на сроки реализации проекта; 3) оценка влияния на стоимость реализации проект. После обработки результатов экспертного анализа (с учетом полученных данных вероятностных величин и их влияния на реализацию строительного проекта) менеджментом проекта устанавливаются коэффициенты вероятности наступления (срабатывания) позитивных событий как 0 или 1 для дальнейшего их учета или игнорирования (как ничтожных по вероятности наступления события или и по степени их влияния).

6) *Оценка эффективности предложенных предупреждающих и компенсационных мероприятий.* На основании полученных в п. 5 данных с использованием приведенной в автореферате оптимизационной модели (формулы (1)–(7)) определяются сроки и стоимость строительства объекта с учетом влияния негативных факторов и влияния предупреждающих и компенсационных мероприятий; при этом устанавливаются как состав, так объемы мероприятий.

7) *Оценка организационно-технологической надежности строительства многофункциональных комплексов.* На основании полученных в п.п. 1–6 результатов проводится оценка общей организационно-технологической надежности строительства и принимается решение о достаточности выбранных предупреждающих и компенсационных мероприятий; при необходимости проводится корректировка графика строительства. Аналитическую работу по оперативной оценке организационно-технологической надежности рекомендуется проводить постоянно на протяжении всего строительства МФК.

Разработанная в диссертации система обеспечения организационно-технологической надежности строительства была успешно апробирована в ходе строительства МФК «Стокманн Невский Центр» в г. Санкт-Петербург (рисунок 4).

На рисунке 5 представлен график возведения объекта МФК «Стокманн Невский Центр», отражающий результативность внедрения системы повышения ОТН строительства. На календарном графике сделаны контроль-отсечки на различные даты строительства (показаны на графике вертикальными линиями, которые на работах, выполняемых с отставанием от запланированного графика, имеют зигзагообразные кривые влево на величины отклонений). Из графика видно наметившееся в середине строительства

отставание от согласованных сроков, сокращение и устранение отставания после внедрения системы повышения ОТН.

По результатам внедрения системы повышения обеспечения организационно-технологической надежности строительства многофункциональных комплексов на объекте «Стокманн Невский Центр» были достигнуты следующие результаты: 1) Сокращены сроки строительства объекта МФК на 10% при намечавшемся в ходе реализации проекта отставании от запланированных сроков на 19%. Таким образом, был обозначен потенциал сокращения сроков строительства в результате применения данной организационно-управленческой системы 29%. 2) Сокращена стоимость строительства объекта МФК на 2% при намечавшемся в ходе реализации проекта превышении проектной стоимости на 20%. Таким образом, потенциал системы в сокращении стоимости реализации проекта составил 22%. 3) Обеспечено проектное качество строительства при реализации проекта МФК «Стокманн Невский Центр».

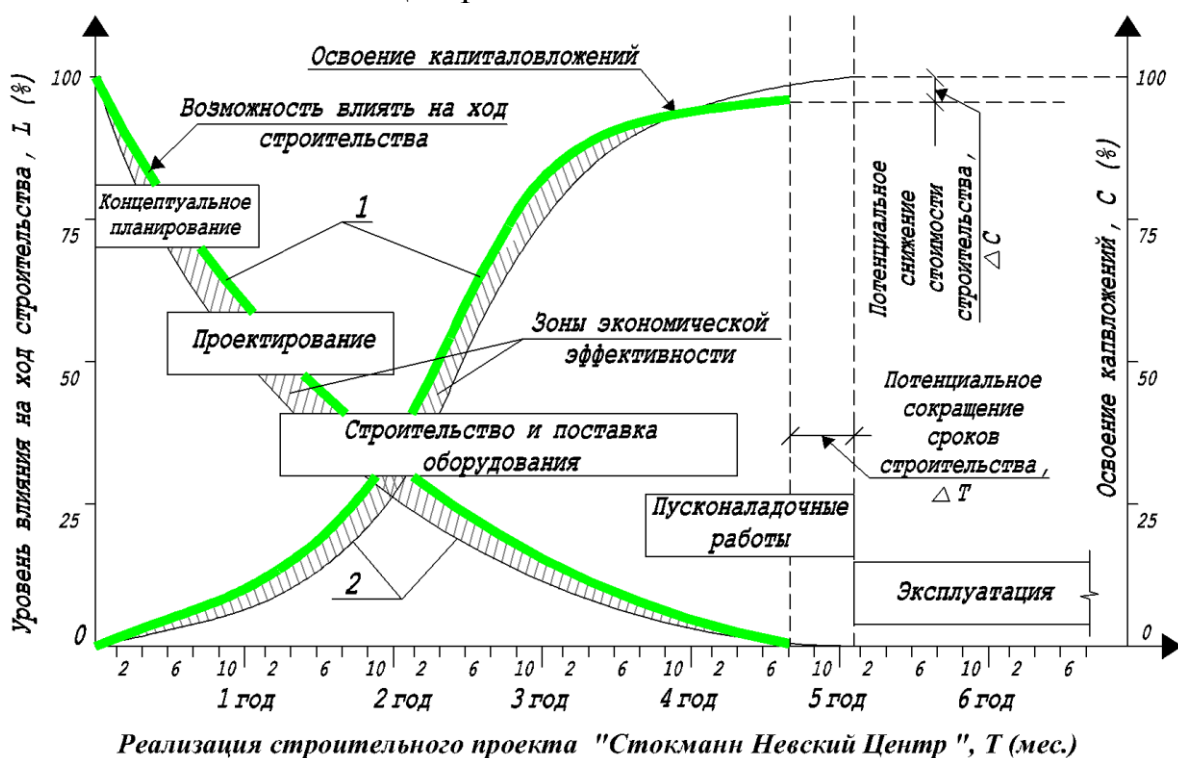


Рисунок 4 - Диаграммы экономической эффективности системы повышения организационно-технологической надежности, примененной при строительстве МФК «Стокманн Невский Центр». Условные обозначения: 1 - кривые, отражающие фактическую реализацию проекта с применением системы повышения организационно-технологической надежности; 2 - кривые, отражающие планируемую реализацию проекта

III ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. В настоящее время строительство многофункциональных комплексов относится к числу перспективных направлений развития гражданского строительства в Российской Федерации. Проекты МФК технологически сложны для реализации, которая требует особого профессионализма всех

СТРОИТЕЛЬСТВО ОБЪЕКТА "СТОКМАНН НЕВСКИЙ ЦЕНТР" ГРАФИК ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

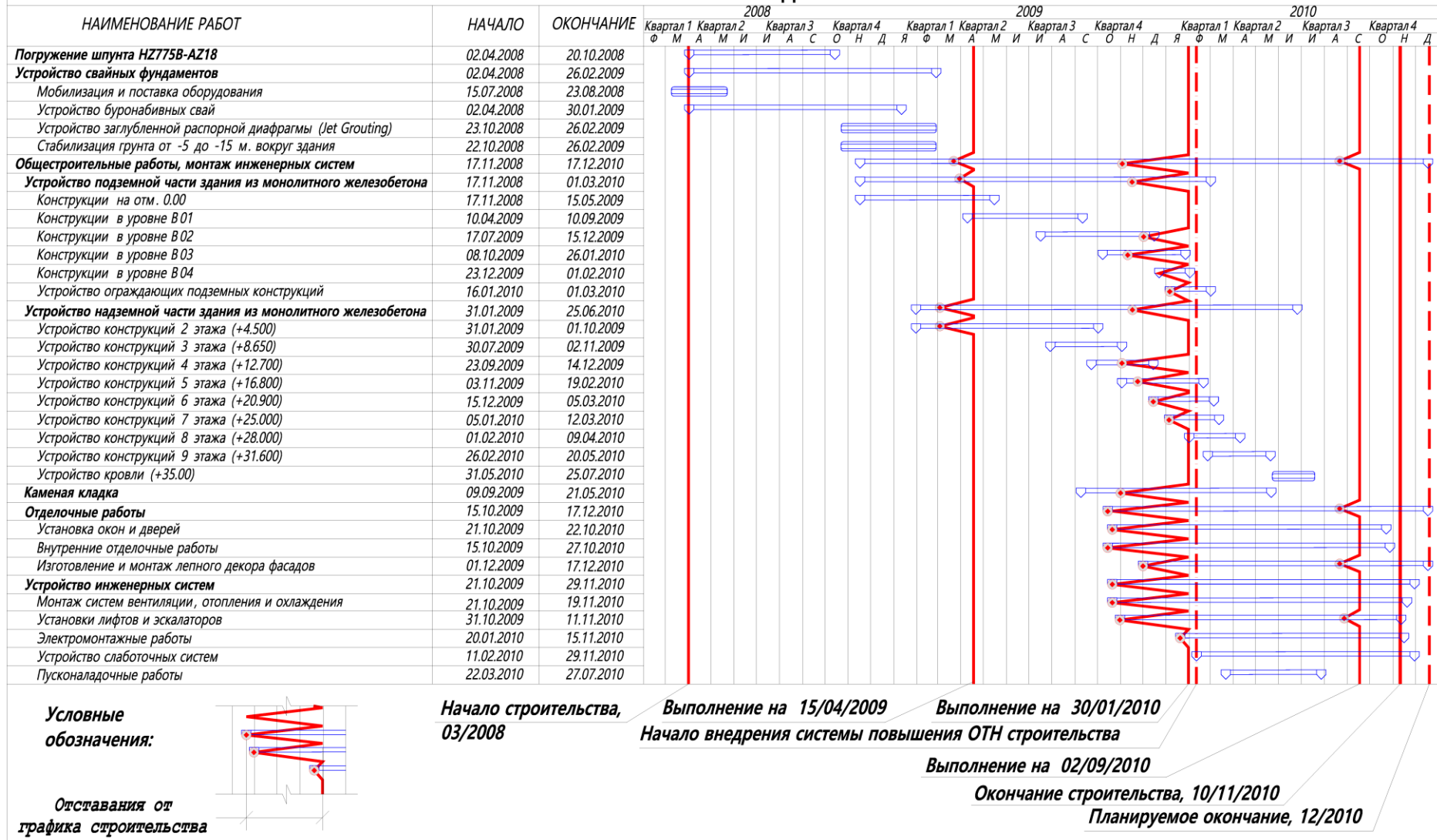


Рисунок 5 – График возведения объекта МФК «Стокманн Невский Центр», отражающий результативность внедрения системы повышения организационно-технологической надежности строительства

вовлеченных в проект участников. Выполненный анализ показал, что в настоящее время недостаточно научных, методических и практических знаний в области обеспечения организационно-технологической надежности строительства рассматриваемых зданий. В связи с этим, в диссертации разработана система повышения ОТН строительства МФК.

2. Для обеспечения ОТН разработана модель обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК, которая, в дополнение к существующим стандартным мероприятиям по реализации крупных строительных проектов, систематизирует разработанные в настоящей диссертации элементы информационной поддержки управленческих решений при реализации проектов многофункциональных комплексов.

3. Проведена систематизация факторов по критериям отрицательного и положительного влияния на ход строительства МФК. Разработана новая графоаналитическая модель возведения объектов многофункциональных комплексов с учетом непредвиденных негативных воздействий и позитивных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению. Данная модель отличается от существующих аналогов тем, что отображает влияние негативных факторов на конкретные этапы строительства объекта МФК, и позволяет управляющей команде принимать своевременные адекватные компенсационные и нейтрализующие мероприятия.

4. Разработана оптимизационная модель обеспечения надежности строительного производства при возведении объектов МФК. Данная модель отличается комплексным систематизированным учетом негативных и позитивных факторов, оказывающих существенное влияние на ход строительства многофункциональных комплексов. Учет влияния негативных и позитивных факторов на сроки и стоимость строительства, разработанные на его основе графоаналитическая модель и оптимизационная модель обеспечения ОТН позволяют контролировать влияние непредвиденных негативных факторов и обеспечить заданные сроки и стоимость строительства.

5. Разработана новая модель оптимального оперативно-производственного планирования строительного-монтажных работ при возведении объектов МФК, позволяющая получать оптимальные оперативные планы с максимальной готовностью объекта в каждый из планируемых периодов на основе математического программирования и учета влияния негативных факторов и позитивных управленческих мероприятий.

6. Создана детерминированная модель обеспечения качества строительства МФК, отличающаяся согласованностью по стадиям и времени возведения объекта, комплексностью, компактностью, удобством в оперативном использовании; модель отражает все ключевые действия, необходимые для обеспечения нормативного/проектного качества строительного проекта. В модели заложен потенциал развития – те или иные подсистемы могут углубляться и детализироваться в зависимости от потребности управления строительством. Модель является частью разработанной в диссертационном исследовании общей системы обеспечения организационно-технологической надежности строительства МФК. Действия и методы, применяемые для

обеспечения ОТН строительства, интегрированы в модель обеспечения качества.

7. Разработана и апробирована методика оперативной оценки организационно-технологической надежности строительства МФК, позволяющая оценивать состояние реализации проекта на конкретный момент времени, а также прогнозировать его развитие с учетом влияния непредвиденных неблагоприятных факторов и позитивных управленческих мероприятий по предотвращению отрицательного влияния (или его нейтрализации).

8. Разработанная система обеспечения организационно-технологической надежности строительства была апробирована при возведении уникального и сложного МФК «Стокманн Невский Центр» в Санкт-Петербурге. Её применение обеспечило не только устранение негативных отклонений от запланированных показателей, сняв реальную угрозу срыва реализации проекта, но и позволило сократить на 10% сроки и на 2 % стоимость строительства объекта «Стокманн Невский Центр» с соблюдением нормативного качества.

9. Полученные научные результаты диссертационного исследования могут служить научными основами для создания теории обеспечения надежности строительства технически сложных объектов. Они могут широко использоваться в практике строительства новых объектов многофункциональных комплексов путем внедрения как всего комплекса научных разработок в составе системы повышения организационно-технологической надежности строительства МФК, так и отдельных ее разработок.

IV ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ:

Научные статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации.

1. **Шприц, М.Л.** Организационно-технологическая надежность строительства многофункциональных комплексов [Текст] / **М.Л. Шприц** // Вестник гражданских инженеров. СПбГАСУ – 2015. – № 2 (49). – С. 152–158. (0,31 п.л.).

2. **Шприц, М.Л.** Моделирование организации строительства многофункциональных комплексов [Текст] / **М.Л. Шприц** // Промышленное и гражданское строительство. Вып. 3 / 2013. М: 2013. С.47-49 (0,20 п.л.).

3. **Шприц М.Л.** Оптимальное оперативно-производственное планирование / Егоров А.Н., **Шприц М.Л.** // Вестник гражданских инженеров. СПбГАСУ – 2015. – № 4 (33). – С. 247–251. (0,25/0,13 п.л.).

4. **Шприц М.Л.** Инновационные технологии в строительстве / Егоров А.Н., **Шприц М.Л.**, Гдимиян Н.Г. // Строительство и реконструкция. Вып. 3 (59) / 2015. Орел. 2015. С. 130-138 (0,39/0,13 п.л.).

публикации в других изданиях:

5. **Шприц М.Л.** К вопросу управления качеством в строительстве / Егоров А.Н., **Шприц М.Л.** // Доклады 71-й научной конференции

профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Часть 1; СПбГАСУ. – СПб., 2015. –Ч. I. с.111-114 (0,2 /0.1 п.л.).

6. **Шприц М.Л.** К вопросу функционирования и развития инвестиционно-строительного комплекса России в современных условиях / Егоров А.Н., **Шприц М.Л.**, Гдимян Н.Г., Григоренко М.В. // Фундаментальные поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2015 году: Сб. науч. тр. РААСН. – М.: издательство АСВ, 2016. С.476-481 (0.3 / 0.1 п.л.).

7. **Шприц М.Л.** Организационно-технологическая подготовка строительства многофункциональных комплексов / **М.Л. Шприц** // Научные аспекты глобализационных процессов. Сборник статей международной научно-практической конференции. Уфа. РИО МЦИИ «Омега сайнс». 2014. С.28-31 (0.15 п.л.).

8. **Шприц М.Л.** Модель обеспечения качества строительства многофункциональных комплексов / **М.Л. Шприц** // Динамика развития современной науки. Сборник статей международной научно-практической конференции. Уфа. РИО МЦИИ «Омега сайнс». 2014. С.29-34 (0.30 п.л.).

9. **Шприц М.Л.** Методы организации инвестиционно-строительной деятельности при возведении многофункциональных комплексов / **М.Л. Шприц** // Известия Российского Государственного Педагогического Университета им. А.И. Герцена. № 163 / Санкт-Петербург 2013. С.98-105 (0,35 п.л.).

10. **Шприц, М.Л.** Проекты многофункциональных комплексов. Совершенствование системы управления строительством объектов МФК. / **М.Л. Шприц** // Lambert Academic Publishing, 2012. 166 с. (4,6 п.л.).

11. **Шприц, М.Л.** Инновационность организационно-технологической модели реализации инвестиционно-строительных проектов многофункциональных комплексов / **М.Л. Шприц** // Актуальные проблемы современного строительства и пути их эффективного решения. Часть II. Санкт-Петербург. 2012. С.102-106 (0,4 п.л.).

12. **Шприц, М.Л.** Управление обеспечением сроков, стоимости и качества инвестиционно-строительных проектов многофункциональных комплексов / **М.Л. Шприц** // “Вестник ИНЖЭКОНа». Вып. 6. С.-Петербург: ГОУ Инжэкон, 2011. С. 348-351 (0,15 п.л.).

13. **Шприц, М.Л.** Совершенствование методологических аспектов управления реализацией инвестиционно-строительных проектов многофункциональных комплексов / **М.Л. Шприц** // Научные проблемы гуманитарных исследований. Вып. 9. Пятигорск. 2010. С.241-249 (0,60 п.л.).

14. **Шприц, М.Л.** Моделирование системы взаимоотношений между участниками инвестиционно-строительной деятельности / **М.Л. Шприц** // Сб. докладов 67-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. Ч.V. С.-Петербург: СПбГАСУ, 2010. С. 223-227 (0,20 п.л.).

15. **Шприц, М.Л.** Методология управления инвестиционно-

строительными проектами / **М.Л. Шприц** // Сб. докладов 63-ей международной научно-технической конференции молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства». С. Петербург, СПбГАСУ, 2010. С.260-263 (0,20 п.л.).

16. **Шприц М.Л.** Моделирование управленческих отношений при реализации инвестиционно-строительных проектов. / Егоров А.Н., Нагманова А.Н., **М.Л. Шприц** // Сборник статей межвузовского научно-практического семинара «Современные направления технологии, организации и экономики строительства» Вып.13, ВИТИ, С.-Петербург, 2010. С.266-270 (0,25/0,07 п.л.).