

На правах рукописи



**АБРАМОВ ИВАН ЛЬВОВИЧ**

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В  
ВЕРОЯТНОСТНЫХ УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬНОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

05.02.22 – Организация производства (строительство)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Иваново – 2021

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении  
высшего профессионального образования  
Московском государственном строительном университете

**Научный консультант:** доктор технических наук, профессор  
**Лapidус Азарий Абрамович**

**Официальные оппоненты:** **Бирюков Александр Николаевич**  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Технология,  
организация и экономика строительства»,  
ФГКОУ ВО «Военная академия  
материально-технического обеспечения им.  
генерала армии А. В. Хрулева»  
**Киевский Леонид Владимирович**  
доктор технических наук, профессор,  
главный научный сотрудник ООО НПЦ  
«Развитие города»  
**Морозов Владимир Петрович**  
доктор технических наук, доцент, профессор  
кафедры управления ФГБОУ ВО «Воро-  
нежский государственный технический уни-  
верситет»

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный универ-  
ситет» (ЮЗГУ), г. Курск

Защита состоится 03 декабря 2021 г. в 10.00 часов на заседании диссертаци-  
онного совета Д 212.355.01 при ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
политехнический университет» по адресу: 153000, г. Иваново, Шереметевский  
проспект, д. 21, ауд. У-109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО  
«Ивановский государственный политехнический университет»  
([www.ivgpu.com](http://www.ivgpu.com)).

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
к.т.н., доцент



Н. В. Заянчуковская

## **Общая характеристика работы**

Переход России к рыночной экономике в конце 90-х годов объективно предопределил развитие научных и практических школ в области экономики и юридического сопровождения бизнеса. К сожалению, развитию инженерно-технических направлений науки и профессионального образования внимания уделялось недостаточно. В результате в настоящее время отмечается, в частности, ряд пробелов в теории организации строительного производства.

Незаслуженно мало внимания уделяется изучению организационно-технических аспектов устойчивости работы производственных систем. Исследования методов количественной и качественной оценки устойчивости производственных систем практически не проводились. Не разработаны система показателей количественной оценки устойчивости и методы регистрации потери устойчивости предприятиями. Отсутствует общепринятое толкование понятия «устойчивость» применительно к производственным системам.

**Производственные системы** в строительстве – это строительные предприятия, основная деятельность которых направлена на выполнение работ по строительству (реконструкции) зданий, сооружений различного назначения, а также других, связанных со строительством, работ на основании договоров подряда собственными силами либо с помощью субподрядных организаций.

Результативность строительного производства во многом определяют условия производственной деятельности. Помимо того, что на ход строительства все время воздействуют различные случайные факторы (технические, технологические, организационные, экономические, климатические), существенное негативное влияние на результаты строительного производства, а, следовательно, и на устойчивость производственной системы оказывают: неконтролируемая вариабельность производственной загрузки, снижение потребительского спроса, неплатежеспособность заказчиков, рост цен на материалы и оборудование.

Непланируемая вариабельность показателей, характеризующих производственную ситуацию, и, как следствие, вариацию результатов строительного производства, обусловлена **вероятностными условиями строительного производства**. Вероятностные условия строительного производства – это совокупность влияния последствий воздействия на ход строительства случайных факторов, неопределенности условий и рисков строительного производства на ре-

зультаты производственной деятельности, а, следовательно, и на устойчивость производственной системы.

Справедливость указанного подтверждает опрос руководителей 6 тысяч строительных компаний, проведенный Росстатом в марте 2019 года. Доля предприятий, у которых производственная программа соответствовала «нормальному» уровню, составила 56%; доля тех, кто оценил ее «ниже нормального» уровня – 42%; доля предприятий, у которых отмечено увеличение объема работ, составила 17%, доля предприятий, у которых зафиксировано уменьшение объемов – 38%.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что выживаемость строительных предприятий на российском рынке, обеспечение их устойчивой работы являются актуальными задачами, как для самих строительных предприятий, так и для строительной отрасли в целом.

Выполненный анализ научных трудов по теме диссертации подтвердил мнение, что в науке не существует общепринятого методологического подхода к определению показателей, характеризующих устойчивость производственной системы. Устойчивость рассматривается в узких пределах экономической деятельности предприятий, при этом исследования акцентированы на изучении управляющей подсистемы, а организационно-технические аспекты устойчивости производственных систем оказались не изученными.

Формулировка проблемы исследований произведена на основе выявленных противоречий, заключающихся в несогласованности, несоответствии между имеющимися теоретическими знаниями и потребностью строительных предприятий в нормативно-методических решениях.

На основе анализа особенностей функционирования производственных систем в современных условиях, общих принципов постановки научных проблем, а также научных трудов по теме устойчивости сформулирована **проблема исследования «Устойчивость производственных систем в вероятностных условиях строительного производства».**

Проблема теоретически не изучена, имеет практическую актуальность и значимость для строительной отрасли.

**Производственная система** – строительное предприятие представляет собой постоянно изменяющуюся и переходящую из одного качественного состояния в другое сложную систему, образованную из неоднородных

элементов. Однако, несмотря на все изменения, происходящие в этой системе, она обладает рядом постоянных свойств:

- управляемость – способность подчиняться управленческому воздействию и изменяться под влиянием такого воздействия;
- гибкость – способность оперативно адаптироваться к изменениям, происходящим во внешней среде;
- долговременность – возможность на протяжении длительного периода времени осуществлять свою деятельность;
- результативность – способность создавать продукцию;
- устойчивость – характеристика, проявляемая в возможности поддерживать необходимый уровень результативности.

Таким образом, **устойчивость** рассматривается как результирующее качественное свойство производственной системы, определяющее способность поддерживать необходимый уровень результативности с целью своевременного выполнения своих обязательств и в значительной степени зависящее от стабильного, эффективного функционирования управляемой подсистемы – строительного производства.

**В качестве научной гипотезы принимается** вероятностный характер строительного производства, который предопределяет направления исследований устойчивого состояния производственной системы. В целях создания устойчивого состояния системы необходима разработка комплекса мер и методов, реализация которых позволит достигнуть высокой эффективности производства. При этом устойчивость производственной системы следует рассматривать во времени и пересматривать в будущих периодах.

**Цель исследования** – создание системы устойчивости строительных предприятий в вероятностных условиях строительного производства.

**Объект исследования** – производственная система – строительное предприятие.

**Предмет исследования** – методы качественной и количественной оценки устойчивости производственных систем, обеспечение устойчивости производственных систем в вероятностных условиях строительного производства.

**Задачи исследования:**

1. Исследование тенденций, определяющих развитие строительной отрасли и адаптации строительных предприятий к современным условиям.

2. Научное обоснование методологического подхода к анализу и оценке устойчивости производственных систем, разработка показателей оценки устойчивости.

3. Разработка метода качественной оценки устойчивости производственной системы.

4. Разработка методов количественной оценки устойчивости производственной системы.

5. Научное обоснование методологического подхода к моделированию устойчивости производственных систем в вероятностных условиях строительного производства.

6. Разработка метода обеспечения устойчивости производственной системы за счет системно-динамической оптимизации её организационной структуры.

7. Обобщение результатов исследования и разработка методологии обеспечения устойчивости производственной системы в вероятностных условиях строительного производства.

8. Разработка методики планирования организационно-технических мероприятий, обеспечивающих устойчивость производственной системы.

**Методологической основой исследований являются** государственные и ведомственные нормативные правовые акты в области градостроительной деятельности, управления, организации и технологии строительства; научные труды следующих отечественных ученых: Л. С. Андреева, Н. А. Асаула, А. Н. Бирюкова, Э. П. Головач, А. А. Демьянова, Р. Р. Казаряна, Л. М. Киевского, А. М. Кунина, А. А. Лапидуса, Г. Н. Лапина, Б. З. Мильнера, В. П. Морозова, А. М. Нанасова, А. О. Недосекина, А. А. Петрова, Б. П. Рукина, Ю. И. Седых, И. М. Сыроежина, а также труды таких зарубежных авторов, как Г. Альбах, И. Базовский, С. Бир, Д. Гараедаги, У. Деминг, Д. О'Коннор, Т. Саати, П. Сенге, Г. Слезингер, Д. Уилер и др.

В процессе исследования применялись общенаучные (наблюдение, логика, системный анализ, синтез множественных суждений) и прикладные (статистического управления процессами, математической статистики, теории эксперимента, главных компонент, моделирования, теории рисков, линейного программирования) методы.

**Исходную фактологическую и статистическую основу диссертации составили** официальные материалы федеральных и региональных органов испол-

нительной власти, статистические данные Минстроя России, Росстата, Рейтингового агентства строительного комплекса (РАСК), Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП), Центра раскрытия корпоративной информации (ЦРКИ), компании «Окна Медиа», статистическая отчетность строительных компаний ОАО «Можайский дорожник», ООО «МВ СТРОЙ» и др.

Обработка статистических данных производилась с применением программы обработки и анализа статистических данных VSTAT (Свидетельство Роспатента об официальной регистрации программ для ЭВМ № 9800678 от 27.11.1998 г.).

### **Научная новизна полученных результатов:**

1. Обоснован методологический подход к исследованию устойчивости, предполагающий новый аспект регистрации устойчивого состояния производственной системы статистическими методами на основе оценок вариации показателей результативности производственной деятельности. Данный подход рассматривает устойчивость как многомерное эмерджентное свойство, определяемое динамикой результатов производственной деятельности, что позволяет использовать последние в качестве индикаторов устойчивого состояния. В итоге разработан способ мониторинга и анализа устойчивого состояния производственных систем статистическими методами на основе оценок вариации показателей результатов производственной деятельности.

2. Разработан метод качественной оценки производственной системы, который базируется на принципах статистического управления, использования методов свертки и анализа данных, а также их представления в виде контрольных карт в целях наглядного графического изображения результатов. Устойчивое состояние производственной системы предложено рассмотреть с точки зрения оценки динамического равновесного функционирования. Метод позволяет оценить, в каком состоянии находится производственная система: устойчивом, неустойчивом, ближе к устойчивому, ближе к неустойчивому.

3. Количественную оценку устойчивости предложено выполнять по данным динамики и вариабельности результатов строительного производства. Для количественной оценки устойчивости разработаны методы оценки сравнительной устойчивости производственных систем и собственной (вероятностной) устойчивости производственной системы.

Метод сравнительной количественной оценки устойчивости производственных систем основан на методологии синтеза интегральных индикаторов качества и методах статистического анализа данных (факторный анализ, метод главных компонент) и позволяет ранжировать строительные предприятия по значениям интегрального индикатора устойчивости.

Метод количественной оценки собственной (вероятностной) устойчивости производственной системы разработан с использованием инструмента логистической регрессии. С помощью данного метода решается задача оценки величины пределов параметров строительного производства, необходимость изменения которых вызвана вариациями показателей результативности строительного производства, и допустимых соотношений между шириной поля допуска и вариацией показателей при гарантированном сохранении устойчивого состояния производственной системы. Оценка собственной устойчивости производится по значению показателя вероятности потери устойчивости.

4. Проведено моделирование устойчивого состояния производственной системы. Устойчивость производственной системы рассмотрена как эмерджентное свойство, изменяющееся в процессе строительного производства, определяющие качественное состояние отношения и взаимосвязи показателей устанавливаются с учетом допустимых пределов вариации статистического процесса.

Концептуальная модель устойчивости представлена в виде совокупности требований к устанавливаемым целям процесса (значениям прогнозируемых показателей). Особенностью моделирования являются данные оценки результатов деятельности производственной системы и контрольные карты, как инструмент аналитического исследования. В этом заключается принципиальное отличие от традиционного представления модели устойчивости в форме уравнений и (или) неравенств между переменными (факторами), характеризующими функционирование моделируемого показателя производственной системы.

Величина показателя количественной оценки устойчивости производственной системы определяется в результате анализа вариации прогнозных результатов строительного производства, что позволяет установить качественное состояние производственной системы и провести моделирование допустимых параметров динамики строительного производства и ее

соответствия изменяемой организационной структуре производственной системы.

5. Обоснован методологический подход к определению устойчивости производственной системы по цели, на основе которого предложено при моделировании строительного производства использовать вероятностные оценки качественного состояния как некий обобщенный критерий достижения целей в условиях неопределенности производственной загрузки. Это позволило разработать метод моделирования устойчивости производственной системы относительно установленной цели.

Количественный измеритель устойчивости производственной системы по цели определяется оценкой вероятности сохранения устойчивого состояния производственной системой в прогнозируемом периоде в результате достижения установленных рациональных и взаимоувязанных значений параметров строительного производства. Оценка устойчивости по цели при моделировании параметров устойчивого состояния производственной системы позволяет прогнозировать эффективность организационно-технических мероприятий, обеспечивающих достижение целей.

6. На основе моделей устойчивого состояния производственной системы с применением математических методов теории планирования эксперимента предложен порядок расчета прогнозных значений показателей-индикаторов устойчивости. По результатам расчетов определен порядок разработки организационно-технических мероприятий и применения соответствующих результатам оценки устойчивости регулирующих воздействий организационно-технического характера для повышения устойчивости или восстановления устойчивого состояния производственной системы.

Разработаны предложения по оптимизации мощности производственной системы, специализации и кооперации с учетом вероятностных условий строительного производства.

7. Разработан метод обеспечения устойчивости производственной системы за счет системно-динамической оптимизации организационной структуры. Особенностью метода является регламентация порядка действий по формированию структуры производственной системы, которая по своим параметрам, количеству и составу материально-технических и трудовых ресурсов может обеспечивать выполнение производственной программы с результатами, соот-

ветствующими моделируемыми значениями показателей-индикаторов устойчивости.

Метод применяется в случаях, когда затраты ресурсов на обеспечение устойчивости за счет мероприятий регулирующего характера велики и резервов недостаточно или когда неуправляемые события изменяют условия строительного производства, вследствие чего сверх контрольных пределов меняется производственная нагрузка.

**Теоретическая ценность полученных результатов** заключается в развитии теории устойчивости производственных систем, в создании совокупности взаимосвязанных, теоретически обоснованных методологических подходов, методов и методик.

**Практическая значимость полученных результатов** состоит в том, что разработанные теоретические и методологические положения доведены до уровня алгоритмов, методик и рекомендаций по обеспечению устойчивости производственных систем и повышению эффективности организации строительного производства.

Результаты исследований реализованы в практической деятельности ООО «МВ СТРОЙ» (г. Москва), ГК «Красстрой», ООО «Красстрой-сервис», ООО Специализированный застройщик «ЗОРИ» (г. Красноярск). Результаты исследования используются в учебном процессе при подготовке магистров по направлению 08.04.01 Строительство, профиль «Технологии и организация строительства» в ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ».

**На защиту выносятся:**

1. Метод качественной оценки устойчивого состояния производственной системы.
2. Метод количественной оценки сравнительной устойчивости производственной системы.
3. Метод количественной (вероятностной) оценки собственной устойчивости производственной системы.
4. Концептуальная модель устойчивого состояния производственной системы.
5. Метод моделирования устойчивости производственной системы относительно поставленной цели.
6. Метод обеспечения устойчивости производственной системы в результате системно-динамической оптимизации организационной структуры.

7. Методология обеспечения устойчивости производственной системы в вероятностных условиях строительного производства, включающая методику планирования организационно-технических мероприятий.

8. Экономическая эффективность результатов исследований.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований докладывались на 10 научных конференциях, в том числе международных.

**По результатам диссертационного исследования опубликована 61 научная работа,** включая 14 работ в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК. 14 работ опубликовано в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, Web of Science и других. Получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020666921, 17.12.2020, заявка № 2020619683 от 23.08.2020. «Программа моделирования различных стадий устойчивости строительного предприятия». Издана монография «Теоретические основы устойчивости строительных предприятий» (Абрамов И. Л. Теоретические основы устойчивости строительных предприятий. – М: Маска, 2019. –128 с.).

**Диссертация состоит** из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Работа содержит 313 страниц машинописного текста, 20 рисунков, 17 таблиц. Список использованной литературы включает 195 наименований.

### **Основное содержание работы**

**Во введении** сформулированы цель и задачи, объект и предмет исследования, а также основная идея диссертационной работы. Изложены научная новизна и методы исследования, положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, их апробация. Указано количество публикаций по теме диссертации, структура и объем диссертационной работы.

**В первой** главе изложены результаты анализа основных направлений развития строительной отрасли, представлена обобщенная оценка современных условий производственной деятельности строительных предприятий и рисков строительного производства. Обоснована практическая значимость и масштабность задач исследования. Представлены результаты исследования существующей научной и методологической базы устойчивости строительных систем. Проведен глубокий анализ трудов отечественных и зарубежных ученых. Выявлены противоречия между значимостью устойчивости строительных

предприятий и нерешённостью задач её обеспечения. Произведена структурно-логическая постановка проблемы исследования.

**Во второй главе** произведено научное обоснование теоретических основ анализа и оценки устойчивости производственных систем в вероятностных условиях строительного производства.

Строительное предприятие рассмотрено с точки зрения системно-динамического подхода, как открытая самоорганизующаяся организационно-производственная система, способная поддерживать стабильное состояние и удерживать многомерное внутреннее свойство (качество) – устойчивость. Устойчивость исследована как многомерное эмерджентное свойство динамической системы – строительного предприятия, целью деятельности которого является производство строительной продукции.

Методологический подход к решению проблемы исследования содержится в системно-комплексном методе изучения структуры управления строительного предприятия как сложной производственной системы и как комплекса взаимосвязанных элементов (организационная структура, производственно-технические, технологические, трудовые и материальные ресурсы, специализация, кооперация и др.) с учетом динамичности процессов строительного производства и неопределенности воздействия внешней среды.

Устойчивость производственной системы также рассмотрена в контексте парадигмы статистического мышления сквозь призму оценочных показателей производственной, организационной и других видов деятельности.

В диссертации рассмотрены компоненты методологии управления устойчивостью производственной системы по уровням конкретизации:

- на концептуальном уровне, когда исследуются способы мониторинга и регистрации устойчивости. Результатом являются максимально общие заключения о наличии или потере производственной системой устойчивости;
- на аналитическом уровне, предусматривающем описание и детализацию устойчивости в виде эмерджентного свойства;
- на уровне синтеза показателей оценки устойчивости;
- на уровне целеполагания и реализации целей. Устойчивость анализируется как критерий оценки достижения целей функционирования производственной системы в вероятностных условиях строительного производства.

Основой для разработки методологии исследования устойчивости производственной системы послужили эмпирические (изучение научных источников

и опыта, обследование, мониторинг, прогнозирование), общенаучные и прикладные методы научного познания. Теоретические и практические результаты исследования получены в соответствии с общей методологией измерения синтетических категорий с применением методов системного анализа, структуризации и классификации технико-экономической информации, экономико-статистических методов, математического моделирования. Предметом познания выступает совокупность свойств, связей и законов сохранения постоянства внутреннего состояния производственной системы, функционирующей как сложная динамическая система в вероятностных условиях строительного производства.

С учетом уточнений и дополнений понятийного аппарата устойчивости производственной системы в основу целевой составляющей методологического инструментария положен принцип адаптивности системы управления строительным производством к изменениям производственной загрузки, позволяющий обеспечить заданный (гарантированный) уровень устойчивости. Управляющая система трансформирует инфраструктурную, техническую, технологическую, экономическую, кадровую и другие составляющие производственной мощности, обеспечивая достижение поставленных целей и устойчивости производственной системы в вероятностных условиях строительного производства.

Сложность задач потребовала сочетания качественного (содержательного) и количественного подходов к исследованию эмерджентного свойства устойчивости.

Качественный подход направлен на выявление (регистрацию) совокупности признаков потери устойчивости.

Количественный подход позволил определить допуски устойчивого состояния производственной системы, характеристики оценок устойчивости.

Логика исследования устойчивости (задачи, примененные методы исследования), научные и практические результаты представлены в табл. 1.

Исследование устойчивости производственной системы потребовало систематизации оценочных показателей с точки зрения их применения как индикаторов результативности строительного производства и как критериев для количественной оценки устойчивости. При этом соблюдено единство свойств индикаторов и критериев в показателях оценки устойчивости производственной системы.

## Логика исследования устойчивости производственной системы

№ п/п	Наименование	Примененные методы научного познания	Полученный научный результат	Практическое применение, предложенные средства и способы
1	Исследования теории устойчивости производственной системы.	Методы системного и статистического мышления. Методология измерения синтетических категорий.	Уточнен понятийный аппарат оценки устойчивого состояния производственной системы. Сформулирована гипотеза исследования устойчивости производственной системы. Обоснованы статистический подход к оценке состояния устойчивости и графический способ представления результата оценки. Обоснована возможность получения качественной и количественной оценки устойчивости производственной системы.	Введено понятие устойчивости производственной системы. Сформулированы требования к показателям и критериям устойчивости производственной системы.
2	Разработка методологического подхода к оценке устойчивости производственной системы.	Статистическое управление процессами. Методы свертки и анализа данных. Объективистская парадигма измерения качества. Методология построения (синтеза) интегральных индикаторов качества. Факторный анализ. Метод главных компонент.	Метод качественной оценки устойчивого состояния производственной системы. Метод количественной оценки сравнительной устойчивости производственной системы.	Состав и структура показателей оценки устойчивости. Контрольные карты. Способ мониторинга и фиксации потери устойчивости или близкого к нему состояния. Установлены пределы вариабельности показателей. Интегральные показатели (оценки) устойчивости.
3	Разработка методов количественной и качественной	Теория организационного управления.	Метод количественной и качественной оценки устойчивости производственной	Оценка вероятностная потери устойчивости производствен-

	оценки устойчивости производственной системы в вероятностных условиях строительного производства.	Теория вероятностей. Математическая статистика. Модели класса бинарного выбора. Логистическая регрессия. Методы построения нейронных сетей. Методы аппроксимации законов распределения случайных величин.	системы с использованием модели логистической регрессии. Метод анализа устойчивости производственной системы относительно установленных целей в вероятностных условиях строительного производства.	ной системы в условиях неопределенного воздействия внешних, не зависящих от предприятия, факторов.
4	Моделирование устойчивости строительного предприятия в вероятностных условиях строительного производства.	Теория проектного управления. Теория планирования эксперимента. Методы линейного программирования. Системный анализ. Статистическое управление процессами. Методы анализа статистических данных. Регрессионный анализ. Корреляционный анализ.	Метод системно-динамической оптимизации структуры производственной системы в вероятностных условиях строительного производства.	Разработаны процедуры планирования организационных и технических мероприятий, обеспечивающих восстановление рационального соотношения показателей устойчивости производственной системы. Расчет рациональных значений параметров производственной и организационной структур.

Решение проблемы структуризации и оптимизации набора показателей оценки устойчивости заключается в рассмотрении строительного производства как главной функции производственной системы. В соответствии с принципом первичности производства и вторичности по отношению к нему системы управления, устойчивость предложено оценивать с помощью показателей технического, технологического, экономического и организационного состояния. Управленческие и экономические показатели рассмотрены сквозь призму обеспечения рационального устойчивого состояния основных компонентов строительного производства – строительных машин, технологических процессов, затрат труда.

В качестве основных показателей для оценки устойчивости производственной системы определены показатели результатов выполнения строительного-монтажных работ. В целях уточнения оценки устойчивости в пограничных интервалах допустимой вариации основных показателей предложено анализировать динамику дополнительных оценочных показателей, которые учитывают причинно-следственные связи показателей результатов строительного производства и организационно-управленческих, экономических показателей его результативности.

Необходимый (достаточный) состав оценочных показателей определяется их динамикой и вариабельностью, которые характеризуют состояние производственной системы.

Для анализа устойчивого состояния производственной системы используются контрольные карты в виде графиков значений мер положения и рассеяния значений показателей – индикаторов результативности строительного производства.

Разработанный метод качественной оценки устойчивости производственной системы включает следующие этапы:

- подготовка исходных данных показателей-индикаторов на основании мониторинга и их свертка;
- расчет значений контрольных пределов и построение контрольных карт для показателей-индикаторов. Анализ статистической управляемости процесса на основе данных контрольных карт. Поиск и устранение особых (внешних) причин излишней вариации показателей;

- оценка возможностей статистически неуправляемых процессов. Допуски работоспособности статистического процесса при организации строительного производства в расчетном периоде;

- анализ полученных результатов и формирование заключения о прогнозном состоянии устойчивости производственной системы.

Решение о состоянии устойчивости производственной системы принимается в соответствии с данными табл. 2.

Таблица 2

Параметры статистических оценок данных о результативности строительного производства для заключения об устойчивости строительного предприятия

Заключение об устойчивости строительного предприятия	Статистические оценки процесса строительного производства (по данным вариабельности показателей-индикаторов)		
	Основной набор показателей	Дополнительные показатели	Оценка работоспособности процесса
Устойчивое	все показатели фиксируют устойчивое состояние	не требуется	не требуется
Ближе к устойчивому	не менее 75% показателей фиксируют устойчивое состояние	дополнительные показатели фиксируют устойчивое состояние	не требуется
Ближе к неустойчивому	более 50% показателей фиксируют устойчивое состояние	не все дополнительные показатели фиксируют устойчивое состояние	PCI > 1,33
Неустойчивое	менее 50% показателей фиксируют устойчивое состояние	Оценки выполняются в целях поиска причин неустойчивости	

В целях количественной оценки устойчивости производственной системы предложено ранжировать устойчиво функционирующие предприятия на основе показателей результативности строительного производства.

Показатель количественной оценки устойчивости определен в виде латентного показателя синтетического интегрального индикатора (ИИ) качественного состояния устойчивости производственной системы (УПС).

Количественная оценка интегрального индикатора «устойчивость производственной системы» *ИИ УПС* определяется как взвешенная сумма исходных показателей:

$$\text{ИИ УПС} = \quad , \quad (1)$$

где  $X_j$  ( $j = 1, 2, \dots, p$ ) – набор статистически регистрируемых значений показателей результативности, интерполированных в качестве частных критериев синтетической категории ИИ УПС;  $W_j$  ( $j=1, 2, \dots, p$ ) – веса каждого из частных критериев.

Состав частных критериев устанавливается по результатам профессионально-экспертного анализа представительности, информативности и доступности получения информации, для описания моделируемого синтетического показателя на свертках регистрируемых показателей результативности деятельности производственной системы.

В качестве математического инструмента решения задачи используется последовательное применение метода главных компонент. Преимуществом принятого математико-статистического метода является возможность сведения нескольких частных критериальных показателей к единому интегральному на основе максимальной информативности.

Методология построения интегральных индикаторов устойчивости строительного предприятия включает унификацию шкал измерения показателей апостериорного набора критериев по 10-балльной шкале и определение числа блочных интегральных индикаторов (ИИ).

Для определения числа блоков  $M_0$ , на которые целесообразно разбить набор частных критериев по данным, полученным для всех исследуемых строительных предприятий, рассчитывается число первых  $m$  главных компонент, удовлетворяющих условию:

$$M_0 = \min \left\{ m \text{ таких, что } \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \geq Z \right\}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – собственные значения ковариационной матрицы векторов унифицированных частных критериев, расположенные в порядке убывания;  $Z$  – метрика, принимаемая на основе профессиональных знаний исследуемой области, определяющая задаваемый пороговый уровень первых главных компонент, позволяющая задать опорную точку зрения, для вынесения решения о том, сколько последних главных компонент можно без особого ущерба для объяснения суммарной дисперсии признаков изъять из последующего рассмотрения, сократив размерность исследуемого пространства. Рекомендуемые значения метрики  $Z$  устанавливаются от 0,55 до 0,7.

Количественные значения блочных ИИ определяется линейной комбинацией значений, отобранных в блок  $q$  частных критериев по формуле:

$$ИИ_j = \sum_{i=1}^q W_i X_{ij} \cdot \square_i, \quad (3)$$

где  $\square_i$  - значение собственного вектора ковариационной матрицы частных критериев;  $\square$  – собственный вектор матрицы, соответствующий наибольшему собственному

числу этой матрицы;  $w_j$  – определяет веса (из условия  $\sum w_j = 1$ ) и свидетельствуют о сравнительной значимости частных критериев в смысле их влияния на блочный ИИ.

Расчет значений *ИИ УПС* для каждого строительного предприятия выполняется в следующем порядке: вычисляется взвешенное евклидово расстояние  $d_i$  до эталона (10;10; ... 10) в N - пространстве блочных индикаторов 2-го уровня:

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^N (x_{ij} - 10)^2 w_j^2}, \quad (4)$$

где  $w_j$  - нормированные неотрицательные веса каждого блока согласно дисперсиям из условия

Численные значения интегральных индикаторов устойчивости производственных систем определяются по формуле:

$$ИИ\ УПС_i = 10 - d_i. \quad (5)$$

Полученные количественные значения интегральных индикаторов *ИИ УПС<sub>i</sub>* выступают количественными оценками устойчивости, полученными в сравнении с другими предприятиями. Такие расчеты выполняются для определенного периода (года)  $t$  и требуют пересмотра в соответствии с достигнутыми результатами деятельности строительных предприятий. Динамика устойчивости позволяет оценить постоянство внутреннего состояния строительных предприятий, а также выявить дальнейшие направления их производственной деятельности за счет возможности детализировать анализируемое свойство в разрезе блочных индикаторов и частных критериев.

При исследовании устойчивости производственной системы важной является величина «запаса прочности» устойчивости, особенно при изменениях (динамике) показателей производственной загрузки.

Теоретическую основу разработанного метода составляют: теория вероятностей и методы бинарной классификации объектов.

Вероятность наступления события потери устойчивости производственной системой  $Y_i = 1$  описывается функцией бинарного выбора:

$$P(Y_i = 1 | X_i) = F(z), \quad (6)$$

где  $X_i$  – набор показателей. При  $Y_i = 1$  происходит потеря устойчивости; при  $Y_i = 0$  нет потери устойчивости.

Функция  $F(z)$  представляет собой оценку наступления события потери устойчивости и может принимать значения из интервала  $]0,1[$ , и количественно определяется по логистической зависимости:

$$F(z) = \frac{1}{1 + e^{-Z}}, \quad (7)$$

где  $e$  – основание натурального логарифма;  $Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_m X_m$  – линейная комбинация факторов – регистраторов устойчивого состояния производственной системы.

Разработанный метод вероятностной оценки и моделирования устойчивого состояния производственной системы с использованием логистической регрессии решает научную задачу оценки величины пределов параметров строительного производства.

**В третьей главе** содержится концептуальная модель устойчивости и предложен методологический подход к моделированию устойчивого состояния производственной системы.

В результате выполнено моделирование количественной оценки вероятности устойчивого состояния производственной системы и моделирование относительно установленной цели в вероятностных условиях строительного производства.

Моделирование устойчивости производственной системы базируется на оценках допустимой вариабельности прогнозируемых показателей строительного производства, динамика показателей строительного производства рассмотрена в качестве предмета моделирования. Предложенные статистические процедуры проведения анализа обеспечивают получение достаточной информации для индуктивного вывода об устойчивом (либо неустойчивом) состоянии производственной системы в текущих и прогнозируемых периодах.

Концептуальная модель устойчивости представлена в виде системы требований к устанавливаемым целям процесса (значениям плановых показателей  $j$ ) по недопущению их излишней вариабельности, регистрируемой – картами за пределами интервала, определяемого величиной некоторого критического расстояния от среднего значения за ряд предыдущих периодов наблюдения.

$$= \{ 1, 2, \dots, i, \dots, n \}, \quad (8)$$

Моделирование устойчивого состояния производственной системы выполняется с помощью основных показателей – индикаторов, а также с учетом дополнительных показателей, состав которых определяется в соответствии с планами предприятия.

На практике, как правило, встречаются три состояния производственной системы:

1. Производственная система находится в устойчивом состоянии. Цели процесса не изменяются.

Величина допустимых интервалов вариабельности показателей устойчивости устанавливается в пределах варьирования  $\Delta = \pm 2\sigma$ . Прогнозируемое значение показателей результативности  $X_{i\text{прогн}}$  при условии сохранения статистической управляемости процесса определяется из условия:

$$(9) \quad i - 2\sigma < X_{i\text{прогн}} < i + 2\sigma .$$

Проверка на статистическую управляемость процесса с учетом данных прогноза обеспечивает сохранение устойчивого состояния производственной системы в прогнозируемом периоде.

2. Производственная система находится в устойчивом состоянии. Цели процесса изменяются.

Под установкой (сознательным изменением) цели процесса понимаются планово-расчетные процедуры установления прогнозных значений некоторых из показателей таким образом, чтобы среднее значение процесса возрастало или убывало в зависимости от организационно-технических задач, решаемых производственной системой в конкретной сложившейся ситуации строительного производства. При этом обязательным условием является сохранение устойчивого состояния производственной системы. Поскольку прогнозируемое значение показателя с точки зрения статистического подхода является измерением установленной цели процесса ( $n=1$ ), значение контрольного предела обеспечения управляемости для такого  $X_{i\text{прогн}}$  принимается  $\Delta = 1,44\sigma$ :

$$(10) \quad i - 1,44\sigma < X_{i\text{прогн}} < i + 1,44\sigma .$$

Аппроксимация квадратичной функции потерь  $MSDX_{инрогн}$  измененной цели пропорционально квадратичному отклонению показателя от номинала:

$$MSDX_{инрогн} = \{\sigma^2_{Xi} \quad i - N_i\}^2. \quad (11)$$

3. Моделирование устойчивого состояния производственной системы в условиях действия (последствиях воздействия) внешних причин.

В силу воздействия внешних причин требуется прогнозировать некоторые показатели, отличающиеся от средних значений величин, более чем на  $\pm 2\sigma$ . Заключение о возможной потере устойчивости производственной системой при прогнозируемых показателях  $> 2\sigma(X)$  возможно в случаях:

- выхода одной точки за трехсигмовые пределы обновленной контрольной карты;
- выхода хотя бы двух из трех последовательных точек, лежащих по одну сторону от центральной линии, за двухсигмовые пределы.

В случаях когда отклонения прогнозируемого показателя составляют более  $3\sigma$  :  $i - 3\sigma > X_{инрогн}$  или  $X_{инрогн} > i + 3\sigma$ , данное условие моделирования основных показателей результативности строительного производства свидетельствует о потере статистической управляемости процесса. Прогнозирование результатов в значениях, превышающих контрольные пределы управляемой вариации процесса, для показателей производственной загрузки рассматривается как признак потери устойчивости производственной системой.

Если избыточную вариацию проявляют некоторые дополнительные показатели результативности, моделирование устойчивого состояния возможно и производится на основании решений по обеспечению соответствия параметров наличных ресурсов (материальных, технических и трудовых) и организационной структуры с требуемыми для решения поставленных задач.

Моделирование устойчивого состояния производственной системы для случаев прогнозирования результатов в пределах, установленных от средних значений на величину от двух до трех среднеквадратических отклонений:

$i - 3\sigma < X_{инрогн} < i - 2\sigma$  и  $i + 2\sigma < X_{инрогн} < i + 3\sigma$  требует оценки запаса устойчивости.

В таких случаях устойчивость производственной системы определяется наличием внутрисистемных резервов: основных фондов, производственных мощностей, ресурсов. Оценка устойчивого состояния производственной системы выполняется вероятностным способом в соответствии с разработанным методом количественной (вероятностной) оценки устойчивости производственной системы.

Моделирование устойчивого состояния производственной системы выполняется в описанной ниже последовательности.

В первую очередь моделируются основные показатели производственной загрузки, как целеполагающие показатели для организации строительного производства, развития (оптимизации) технического уровня и организационной структуры производственной системы (планируемые объемы СМР собственными силами и по генподряду; уровень соответствия договорным срокам строительства (работ); выработка на одного работника (рабочего); уровень соответствия производственной загрузки потенциалу производственной системы).

Затем выполняется моделирование значений дополнительных показателей: технического состояния основных производственных фондов, механо-вооруженности, организации строительного производства и состояния системы управления.

Под показателем устойчивости достижения цели предприятия понимается вероятность ее достижения при сбалансированных параметрах функционирования.

Количественно показатель устойчивости достижения цели производственной системы определяется величиной плотности вероятности композиции законов распределения параметров по области цели. Теоретически показатель устойчивости есть вероятность ( $P$ ) попадания случайной точки – прогноза ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) в установленные допустимые пределы  $n$ -мерной области  $D$ , он определяется следующим образом:

$$P((X_1, \dots, X_n) \subset D) = \int \dots \int_D f(x_1, \dots, x_n) dx_1, \dots, dx_n \quad (12)$$

где  $D$  – область цели,  $x_1, \dots, x_n$  – параметры цели производственной системы (случайные величины);  $f(x_1, \dots, x_n)$  – композиция законов распределения параметров установленной цели (показателей результативности функционирования строительного производства).

Область цели определена прогнозом производственной загрузки ( $x_1$ ), как доминирующего фактора, определяющего результаты деятельности планируемого периода. Допустимые (рациональные) значения других целей ( $x_2, \dots, x_n$ ) устанавливаются из условия обеспечения их сбалансированности с производственной загрузкой и между собой. Данная модель является основой для вычисления вероятностей событий, не сводящихся к схеме вышеуказанных случаев.

Решение задачи осуществляется в два этапа.

На первом этапе определяются значения плотности распределения каждого из параметров  $f(x_i)$  с использованием методов аппроксимации законов распределения (функций распределения, плотностей вероятности) и программных средств.

На втором этапе определяется собственно распределение плотности композиции независимых случайных величин. В основу закладываются особенности моделируемого объекта. Из этого следует, что один из параметров, описывающих цель, должен иметь определенное (заданное) значение, соответствующее целеуказанию (в области установленных пределов), в то время как остальные  $n-1$  параметров могут принимать любые значения в области допустимых значений.

Теоретическая и практическая ценность результата решения данной научной задачи заключается в следующем:

- устойчивость производственной системы рассмотрена как мера ее динамического состояния при достижении целей в условиях неопределенности производственной загрузки;

- количественный измеритель устойчивости производственной системы по цели определяется оценкой вероятности сохранения устойчивого состояния в прогнозируемом периоде в результате достижения установленных рациональных и взаимосвязанных значений параметров строительного производства;

- оценка устойчивости по цели одновременно является инструментом и критерием моделирования параметров устойчивого состояния производственной системы, что позволяет координировать и оценивать эффективность организационно-технических мероприятий.

**В четвертой главе** изложены рекомендации по обеспечению устойчивости производственной системы и на их основе разработан метод обеспечения устойчивости производственной системы за счёт системно-динамической оптимизации организационной структуры.

Рекомендации по обеспечению устойчивости производственной системы включают:

- порядок разработки организационно-технических мероприятий по обеспечению устойчивости производственной системы в вероятностных условиях строительного производства, в том числе расчета прогнозных значений показателей-индикаторов устойчивости;

- предложения по оптимизации собственной производственной мощности производственной системы в вероятностных условиях строительного производства;

- обоснование проектно-программных форматов специализации и кооперации.

Для того чтобы сбалансировать потенциал производственной системы с производственной загрузкой, выполнено моделирование устойчивого состояния производственной системы при изменившемся значении производственной загрузки и рассчитаны прогнозные значения основных и дополнительных показателей-индикаторов. Результаты расчетов рациональных значений показателей-индикаторов определяют цели организационно-технических мероприятий для приведения параметров организационной и производственной структур, а также производственной мощности, специализации и кооперации к значениям, обеспечивающим устойчивость производственной системы.

Задача определения рациональных значений параметров специализации и производственной мощности (с учетом организации эффективной кооперации) для каждого возможного значения производственной загрузки решена на основе моделей устойчивого состояния производственной системы путем расчета соответствующих значений показателей-индикаторов устойчивости с применением методов теории планирования эксперимента.

В качестве параметра оптимизации выбран показатель – индикатор уровня соблюдения нормативных (договорных) сроков строительства (выполнения работ):

$$P_{onm} = K_4 = \frac{\dots}{\dots} \rightarrow \min. \quad (13)$$

Прочие характеристики объекта не рассматривались в качестве параметров оптимизации, а принимались в качестве ограничений:

$$\frac{\dots}{\dots} \leq \dots, \quad (14)$$

где  $\dots$  – плановая (расчетная) выработка на одного рабочего, тыс. руб./чел.;  $\dots$  – коэффициент резервирования производственной мощности, %/100;  $\dots$  – коэффициент нормы прибыли, %/100.

Для практического использования метода предложено оценивать изменения параметра цели под влиянием двух факторов – производственной загрузки и объема строительно-монтажных работ, выполняемых собственными силами ( $Q_{cc}$ ). При этом исследование влияния на параметр цели было проведено при помощи только одной независимой переменной – соотношения  $Q_{cc}/Q_{пл}$ . После определения значения данного фактора, соответствующего минимальному значению параметра оптимизации  $K_4$ , были рассчитаны значения показателей  $Q_{cc}$ ,  $N$  (через значение плановой выработки на одного работающего), а также производственной мощности  $Q_{nm}$ , соответствующей необходимости выполнения расчетного значения объема СМР собственными силами. Таким образом, определены рациональные значения показателей-индикаторов устойчивости, соответствующие изменившемуся значению производственной загрузки.

Оценка производственной мощности производится исходя из наличных трудовых ресурсов с учетом обеспеченности материально-техническими ресурсами и конкретных условий производственной деятельности. В целом для производственной системы мощность определяется суммарной мощностью производственных подразделений:

$$ПМ_p = \dots = \dots - \dots, \quad (15)$$

где  $j = 1, \dots, m$  – количество производственных подразделений;  $P_{\text{р.}}$  – расчетная производственная мощность  $j$ -го производственного подразделения, определяемая по соответствующему ведущему ресурсу, тыс. руб./ед. вр. либо в ед. физ. объема за ед. вр.;  $P_{\text{н}}$  и  $P_{\text{н}i}$  – нормативная производственная мощность производственной системы и подразделений, определяемые нормативной (плановой) выработкой рабочих и их штатной численностью, тыс. руб./ед. вр. (год, квартал);  $\Delta P_{\text{М}}$  и  $\Delta P_{\text{М}i}$  – величина потерь производственной мощности, обусловленных конкретными условиями строительного производства.

Исходя из расчетной мощности, выполнен качественный анализ производственных факторов с целью определения наиболее значимых из них. Для дальнейших исследований отобрано 11 факторов (технологических и организационных).

Для оценки влияния факторов на величину расчетной производственной мощности использовались зависимости от коэффициентов эффективности использования трудовых ресурсов ( $K_{\text{тр}}$ ) для общестроительных и специализированных (санитарно-технических, электромонтажных и др.) предприятий (подразделений) и эффективности использования машинных ресурсов ( $K_{\text{м}}$ ) для предприятий и подразделений механизации:

$$K_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{н}}}{N_{\text{ф}}} \text{ и } K_{\text{м}} = \frac{K_{\text{н}}}{K_{\text{ф}}}, \quad (16,17)$$

где  $N_{\text{н}}$  – нормативная численность рабочих, необходимая для выполнения заданного объема работ;  $N_{\text{ф}}$  – фактическая численность рабочих, выполнявших данный объем работ;  $K_{\text{н}}$  – плановое значение коэффициента использования техники;  $K_{\text{ф}}$  – фактическое значение коэффициента использования техники.

Количественная оценка влияния факторов на величину расчетной производственной мощности осуществлена с применением корреляционных методов и использованием программы Microsoft Excel и Statistica. Выполнен расчет парных зависимостей эффективности использования производственной мощности подразделений строительного предприятия ( $K_{\text{тр}}$  и  $K_{\text{м}}$ ) от влияния факторов  $\Phi_i$ , а для оценки совокупного влияния факторов на величину расчетной производственной мощности использованы методы множественной корреляции.

Интегральный показатель для совокупной оценки влияния отобранных факторов, характеризующих строительное производство и влияющих на производственную мощность общестроительных, санитарно-технических, электромонтажных подразделений ( $I_{\text{м1}}$ ) и подразделений механизации ( $I_{\text{м2}}$ ) производственной системы, рассчитан по формулам:

$$I_{m1} = y_1 \times \quad + y_2 \times \quad + y_3 \times \quad + y_4 \times \quad ; \quad (18)$$

$$I_{m2} = y_1 \times \quad + y_2 \times \quad + y_3 \times \quad + y_4 \times \quad , \quad (19)$$

где  $\quad$ ,  $\quad$ ,  $\quad$  – показатели, оценивающие влияние соответствующих групп факторов, значения которых определены экспертными методами;  $y_1, y_2, y_3, y_4$  – коэффициенты весомости таких показателей.

Путем несложных преобразований получены следующие формулы:

$$ПМ_p = \quad \times I_{m1} + \quad \times I_{m2}; \quad (20)$$

$$\Delta ПМ = ПМ_n - (\quad \times I_{m1} + \quad \times I_{m2}), \quad (21)$$

где  $\quad$  – мощность производственных подразделений, для которых оценка производится исходя из возможности наличных трудовых ресурсов, тыс. руб. или нат. ед. изм. объемов СМР;  $\quad$  – мощность производственных подразделений, для которых оценка производится исходя из возможности наличных машинных ресурсов ( $\quad$ ), тыс. руб. или нат. ед. изм. объемов СМР.

Величина  $\Delta$ , на которую требуется изменить производственную мощность производственной системы ( $ПМ_p$ ), чтобы привести её к рациональному значению, обеспечивающему устойчивость, определена исходя из фактической производственной загрузки и рассчитанного рационального соотношения  $Q_{cc}/$   $\quad$  :

$$\quad . \quad (22)$$

Поскольку реформирование организационной и производственной структур производственной системы с целью приведения в соответствие с изменившейся производственной загрузкой ее производственной мощности является многовариантной задачей, разработаны рекомендации по обоснованию рациональных профилей специализации и обоснован порядок расчета рациональных уровней специализации с учетом конкретных условий строительного производства.

Данные рекомендации разработаны по результатам исследований статистических данных за 2018-2020 годы по 20 строительным предприятиям московского региона, в результате которых получены корреляционные зависимости между уровнем специализации и производительностью труда рабо-

чих, а также показателем соблюдения сроков выполнения плановых объемов работ. На примере полученных зависимостей и математических моделей для расчета эффекта от роста производительности труда и соблюдения сроков выполнения плановых объемов работ вследствие развития специализации предложен порядок рационализации специализации производственных подразделений при реформировании организационной и производственной структур производственной системы.

При разработке метода обеспечения устойчивости производственной системы за счет системно-динамической оптимизации организационной и производственной структур учитывается возможность организации эффективной кооперации с субподрядными организациями.

На основе результатов исследований по обеспечению рациональных значений показателей собственной производственной мощности, специализации и кооперации в условиях избыточной вариации производственной загрузки разработан алгоритм системно-динамической оптимизации организационной и производственной структур.

Состав производственных подразделений определен на основе данных о производственных подразделениях строительного предприятия из условия обеспечения максимального соответствия между планируемым (рациональным) объемом соответствующих специализированных работ и производственной мощностью, которое формализовано следующим образом:

$$\begin{aligned} & \text{---} \\ & \text{---} \end{aligned} \tag{23}$$

где  $n_{ij}$  – требуемая численность рабочих для выполнения производственной программы подразделения, чел.;  $n_{ij}^0$  – имеющаяся численность рабочих в подразделении, чел.;  $t_{ij}$  – продолжительность выполнения  $i$ -го вида работ на  $j$ -м объекте, час.;  $c_{ij}$  – стоимость единицы физического объема работ  $i$ -го вида работ на  $j$ -м объекте, тыс. руб./ед. физ. объема;  $t_{ij}^0$  – норматив трудозатрат на выполнение  $i$ -го вида работ на  $j$ -м объекте, чел. час./ед. физ. объема;  $K_{ij}$  – интегральный показатель, оценивающий влияние местных условий производственной деятельности после мобилизации резервов производственной мощности.

Выполненные таким образом расчеты являются основой для разработки проекта производственной структуры строительного предприятия. Анализ вариантов производственной структуры и ее оптимизация производились по критерию минимизации расхождения между производственной загрузкой производственной системы и её мощностными параметрами по материально-техническим и трудовым ресурсам:

$$, \quad (24)$$

где – производственная загрузка подразделений, в которых производственная мощность определяется наличием трудовых ресурсов, тыс. руб.; – производственная загрузка подразделений, в которых производственная мощность определяется наличием машинных ресурсов, тыс. руб.; – расчетная производственная мощность данных подразделений соответственно, тыс. руб.

**В пятой главе** содержится методология обеспечения устойчивости производственных систем в вероятностных условиях строительного производства, методика планирования организационно-технических мероприятий в целях обеспечения устойчивости производственных систем; представлены результаты внедрения проведенных исследований и произведена оценка их экономической эффективности.

Методология исследования проблемы оценки устойчивости производственной системы включает теоретические обоснования, процедуры, способы и методы:

- мониторинга и анализа устойчивого состояния;
- моделирования устойчивости;
- количественной оценки устойчивости.

Методологию обеспечения устойчивого состояния производственной системы составляют теоретические обоснования, разработанные методы и практические методики:

- анализа возможностей балансировки показателей в целях обеспечения устойчивости;

- системно-динамической оптимизации производственной и организационной структур производственной системы в вероятностных условиях строительного производства.

Результатом деятельности по обеспечению устойчивого состояния производственной системы является формирование целостной системы мониторинга, регистрации, моделирования и оценки устойчивости, как категории (свойства) качества с определенными характеристиками, логической и временной структурой. При этом показатель устойчивости рассматривается в качестве критерия (количественной оценки) сбалансированности функционирования производственной системы. Достижение необходимого уровня устойчивости производственной системы обеспечивается путем приспособливания механизмов управления строительным производством к динамике производственной загрузки.

Важным научным результатом является разработанный метод обеспечения устойчивости производственной системы за счет системно-динамической оптимизации производственной и организационной структур, применяемый для обеспечения устойчивости в случаях неуправляемой вариации производственной загрузки.

Технологии решения задач по обеспечению устойчивости рассмотрены в составе методики разработки организационно-технических мероприятий, обеспечивающих устойчивость производственной системы.

Методика включает три раздела.

В методике представлены формы исходных данных и разрабатываемых планов, перечень источников информации для получения исходных данных.

Апробацию в условиях реального строительного производства прошли методы мониторинга, качественной и количественной оценки устойчивости, методика планирования организационно-технических мероприятий по обеспечению устойчивости производственной системы, а также «Программа моделирования различных стадий устойчивости строительного предприятия». Результаты исследования применялись в деятельности следующих строительных предприятий: ООО «МВ СТРОЙ» (г. Москва), ГК «Красстрой» (г. Красноярск). Анализ результатов внедрения подтвердил актуальность и эффективность задач, решенных в ходе изучения проблемы устойчивости производственных систем в вероятностных условиях строительного производства, а также достоверность научных и практических выводов.

Эффективность результатов исследования оценивается с точки зрения анализа эффективности мер по обеспечению устойчивости, поэтому оценка экономической эффективности результатов исследования производится в классическом виде – по разности приведенных затрат.

Расчеты, проведенные совместно со специалистами строительных предприятий ООО «МВ СТРОЙ» (г. Москва) и ГК «Красстрой» (г. Красноярск), осуществлявшими практическую реализацию разработанных методов мониторинга, качественной и количественной оценки устойчивости, методики планирования организационно-технических мероприятий по обеспечению устойчивости производственной системы, позволили оценить полученный данными строительными предприятиями (в совокупности) экономический эффект в размере 15 млн рублей за первый год внедрения. Эффективность внедрения результатов исследования подтверждена актами и справками о внедрении, представленными в Приложении.

**В заключении** изложены результаты диссертационного исследования, сформулированы общие выводы, отражающие научную новизну, теоретическую значимость, практическую ценность и достоверность полученных результатов. Определены направления дальнейших исследований.

### **Основные результаты исследования**

Разработана методология обеспечения устойчивости производственной системы в вероятностных условиях строительного производства как совокупность знаний – теоретических обоснований, процедур, приёмов и методов, объединённых в единую программу для исследования проблемы устойчивости производственной системы, в том числе:

- обоснован методологический подход к организации мониторинга и оценки устойчивого состояния производственной системы статистическими методами, как эмерджентного свойства, на основе анализа вариации показателей результативности производственной деятельности;

- систематизирована и структурирована система показателей оценки устойчивости производственной системы и разработан метод качественной оценки устойчивости производственной системы;

- разработаны методы количественной оценки устойчивости производственной системы;

- разработана концептуальная модель устойчивого состояния производственной системы и определены параметры моделирования устойчивости в вероятностных условиях строительного производства;

- разработаны рекомендации по обеспечению устойчивости производственной системы в вероятностных условиях строительного производства;

- разработан метод обеспечения устойчивости производственной системы за счет системно-динамической оптимизации структуры;

- разработана методика планирования организационно-технических мероприятий в целях обеспечения устойчивости производственной системы.

Исследованная проблема имеет важное значение для отдельных строительных предприятий и для строительной отрасли в целом.

Решенные задачи и полученные новые знания о свойствах и характере устойчивости производственных систем в вероятностных условиях строительного производства качественно повысят уровень организации и управления производственной деятельностью строительных предприятий.

**Направлениями перспективных исследований** по проблеме устойчивости производственных систем являются, в том числе:

- разработка нормативных параметров устойчивой деятельности строительных предприятий, различных по мощности, специализации;

- исследование влияния организационных и технических факторов на устойчивость производственных систем;

- определение степени влияния деятельности специализированных подразделений на устойчивость производственной системы;

- разработка методов имитационного моделирования устойчивости производственных систем;

- проведение междисциплинарных исследований устойчивости строительных предприятий;

- исследование совокупного влияния управляющей и управляемой подсистем и эффективности их организации на устойчивость производственной системы.

Диссертационное исследование соответствует паспорту специальности 05.02.22 «Организация производства (строительство)» по пп. 1, 4, 8, 9, 11, 12.

**Список работ, опубликованных автором по теме диссертации**

Журналы, включенные в Перечень рецензируемых научных изданий:

1. Абрамов И. Л. Устойчивость организационно-производственных систем в условиях рисков и неопределенности строительного производства / Лapidус А. А., Абрамов И. Л. // Перспективы науки. 2018. № 6 (105). С. 8-11.
2. Абрамов И. Л. Системно-комплексный метод реализации строительных проектов / Лapidус А. А., Абрамов И. Л. // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 10 (76). С. 39-42.
3. Абрамов И. Л. Формирование структурных подразделений при системно-комплексном подходе освоения территорий / Абрамов И. Л., Попов Ю. С., Сараева Д. С. // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 3 (81). С. 75-79.
4. Абрамов И. Л. Система показателей для оценки устойчивости строительных предприятий / Абрамов И. Л. // Строительное производство. 2020. № 2. С. 100-106.
5. Абрамов И. Л. Система показателей устойчивости строительных предприятий в различных условиях функционирования / Абрамов И. Л. // Строительное производство. 2020. № 1. С. 93-99.
6. Абрамов И. Л. Метод количественной оценки устойчивости строительного предприятия / Абрамов И. Л. // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. № 12. С. 1619-1627.
7. Абрамов И. Л. Исследование влияния дестабилизирующих факторов на устойчивость функционирования строительных предприятий / Абрамов И. Л. // Экономика строительства. 2019. № 4. С. 23.
8. Абрамов И. Л. Влияние технических рисков на эффективное функционирование строительных предприятий / Абрамов И. Л., Аль-Заиди З. А. // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 1. С. 1.
9. Абрамов И. Л. Инновации в строительном производстве как фактор устойчивого состояния строительного предприятия / Абрамов И. Л. // Жилищное строительство. 2020. № 1-2. С. 16-20.
10. Абрамов И. Л. Строительное предприятие и строительное производство как сложная производственно-динамическая система / Лесова Д. Ф., Абрамов И. Л. // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 6. С. 75.

11. Абрамов И. Л. Исследование влияния дестабилизирующих факторов на устойчивость функционирования строительных предприятий / Абрамов И. Л. // Экономика строительства. 2018. № 6 (54). С. 32-36.

12. Abramov I. L. Predicting the sustainability of construction companies under uncertainty / Lapidus A. A., Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. // Components of Scientific and Technological Progress. 2020. № 11 (53). P. 13-18.

13. Abramov I. L. Predicting the sustainability of construction companies under uncertainty / Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. // Components of Scientific and Technological Progress. 2020. № 8 (50). P. 5-9.

14. Abramov I. L. Formation of a model to assess risk factors affecting sustainable functioning of construction enterprises / Abramov I. L., Al-Zaidi Z. A. // Components of Scientific and Technological Progress. 2020. № 7 (49). P. 15-24.

Журналы, индексируемые в международных реферативных базах Scopus, Web of Science и др.:

1. Abramov I. Studying the methods for determining and maintaining sustainability of a construction firm / Lapidus A., Abramov I. // MATEC Web of Conferences. 2018. P. 05017.

2. Abramov I. L. Systemic integrated method for assessing factors affecting construction timelines / Lapidus A., Abramov I. // Matec web of conferences. 2018. P. 05033.

3. Abramov I. Implementing large-scale construction projects through application of the systematic and integrated method / Lapidus A., Abramov I. // XXIST international scientific conference on advanced in civil engineering: construction - the formation of living environment, form 2018. Сер. «Top conference series: materials science and engineering» 2018. P. 062002.

4. Abramov I. Formation of production structural units within a construction company using the systemic integrated method when implementing high-rise development projects / Lapidus A., Abramov I. // E3S web of conferences. - 2018. P. 03066.

5. Abramov I. Formation of integrated structural units using the systematic and integrated method when implementing high-rise construction projects / Abramov I. // E3S web of conferences. 2018. P. 03075.

6. Abramov I. L. Formation of production structural units within a construction company using the systemic integrated method when implementing high-

rise development projects / Lapidus A. A., Abramov I. L. // E3S web of conferences. D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul (eds.). 2018. P. 03066.

7. Abramov I. Systemic integrated and dynamic approach as a basis to ensure sustainable operation of a construction company / Abramov I. // Iop conference series: materials science and engineering. 2018. № 463(3). P. 032038.

8. Abramov I. L. Systemic integrated method as the basis for high-quality planning of construction production / Abramov I. L. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. № 603(5). P. 052077.

9. Abramov I. L. Systemic integrated approach to evaluating the resource potential of a construction company as a bidder / Lapidus A. A., Abramov I. L. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. № 603(5). P. 052079.

10. Abramov I. L. Assessment of the impact of destabilizing factors on implementation of investment and construction projects / Lapidus A. A., Abramov, I. L., Al-Zaidi Z. A. K. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 951(1). P. 012028.

11. Abramov I. Innovations as a Factor for the Sustainable Functioning of a Construction Company / Shreyber A., Abramov I. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 459(6). P. 062073.

12. Abramov I. Sustainability of Construction Companies under Construction Uncertainty and Risks / Abramov I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 753(4). P. 042088.

13. Abramov I. The Level of Influence of Human and External Risks on a Construction Company's Sustainability / Abramov I., Al-Zaidi Z. A. K. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 753(4). P. 042043.

14. Abramov I. An Assessment Tool for Impacts of Construction Performance Indicators on the Targeted Sustainability of a Company / Lapidus A., Abramov I. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 753(4). P. 042089.

Другие научные журналы и издания:

1. Абрамов И. Л. Системно-динамическая адаптация организационной и производственной структур строительного предприятия к последствиям неопределенности / Шрейбер А. К., Абрамов И. Л. // В сборнике: Акту-

альные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. 2020. С. 1064-1067.

2. Abramov I. L. Development of additive technologies in construction / Bilonda Tregubova E., Abramov I. L. // В сборнике: сборник материалов семинара молодых учёных в рамках XXIII Международной научной конференции. Москва, 2020. С. 224-228.

3. Абрамов И. Л. Организационно-технологические факторы, влияющие на эффективность организации строительного производства / Абрамов И. Л., Ушенин Д. В. // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019. материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 16-19.

4. Абрамов И. Л. Исследование деятельности строительных предприятий в условиях рисков и неопределенностей / Абрамов И. Л., Герасимов Р. А. // В сборнике: Молодежь и XXI век - 2019. материалы IX Международной молодежной научной конференции. 2019. С. 12-15.

5. Абрамов И. Л. Аналитический инструментарий анализа устойчивости строительных предприятий / Абрамов И.Л. // Строительное производство. 2019. № 2. С. 9-12.

6. Abramov I. L. Ways to increase the sustainability of construction industry in conditions of risk and uncertainty / Abramov I. L., Saraeva D. S. // Components of Scientific and Technological Progress. 2018. № 4 (38). P. 11-15.