

*На правах рукописи*

**Шаныгин Сергей Иванович**

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ  
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ  
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУРАХ**

**Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы  
экономики**

**Диссертация на соискание ученой степени  
доктора экономических наук**

**Научный консультант – Заслуженный  
деятель науки РФ, доктор  
технических наук, профессор  
Трофимов Валерий Владимирович**

**Санкт-Петербург 2020**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР .....	22
1.1. Общие проблемы математического моделирования для поддержки управленческих решений .....	22
1.2. Обзор результатов исследований .....	52
1.3. Выбор показателей и оценивание достоверности результатов контроля состояния интегрированной организационной структуры .....	73
2. МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР .....	115
2.1. Подходы и принципы построения формализованных моделей интегрированной организационной структуры .....	115
2.2. Системный подход к обеспечению координации моделей подсистем интегрированной организационной структуры .....	133
2.3. Концептуальная иерархическая модель интегрированной организационной структуры как сложной экономической системы.....	143
2.4. Организационные аспекты обеспечения качества моделей .....	154
3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСОВ .....	165
3.1. Оценивание уровней развития проектов .....	165
3.2. Формализованное описание процессов поддержки принятия решений по управлению ресурсами интегрированной организационной структуры при реализации комплекса проектов .....	179
3.3. Стохастические модели устойчивости бизнес-процессов .....	195

3.4. Формализованное обоснование решений по управлению параметрами интегрированной организационной структуры .....	206
4. МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ КОНТРАКТОВ .....	215
4.1. Полная и частичная трансформации структуры предприятия .....	215
4.2. Оценивание состояния комплекса предприятий – соисполнителей госконтракта.....	231
4.3. Формализованные подходы к взаимной адаптации структур и параметров предприятий при совместном выполнении долговременного госконтракта.....	250
4.4. Поддержка решений по формированию экономических отношений соисполнителей госконтракта в интегрированной организационной структуре .....	263
5. МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР.....	279
5.1. Инструментальные средства исследования неоднородной экономической информации .....	279
5.2. Моделирование условий развития интегрированной организационной структуры по официальной макроэкономической информации России и отчетности крупнейших компаний мира .....	296
5.3. Выявление глобальных тенденций изменения условий развития по косвенной информации.....	323
5.4. Моделирование рыночных условий функционирования интегрированной организационной структуры при неполной информации.....	335
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	353
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	359

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Формализованные алгоритмы для практической реализации теоретических положений разделов 3.2 и 4.1 .....	388
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Детализированные параметры комплексов работ для управления структурой финансовых средств проекта .....	399
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Макроэкономические индексы четырех уровней .....	405
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Тенденции изменения отдельных отчетных показателей крупнейших компаний России и мира .....	413
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Перечни обследованных российских и зарубежных компаний .....	425

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** В современных условиях важным направлением развития теории управления является информационное обеспечение бизнес-процессов. В настоящее время наблюдается тенденция укрупнения предприятий-производителей товаров и услуг, что обуславливает необходимость внедрения на таких объединениях высокоразвитых информационных технологий (ИТ), включающих в себя корпоративные системы управления технологическими и производственными процессами, их информационное обеспечение, автоматизированные системы поддержки принятия решений. Совместная деятельность компаний в рамках госконтрактов также предполагает решение проблем интеграции информационно-производственных корпоративных систем с различной идеологией, предысторией, технологической структурой и интеллектуальными возможностями. Перспективным представляется создание новых поколений таких систем, построенных на основе концепций адаптивного управления и самоорганизации.

Одной из центральных является проблема формализованного описания указанных систем и разработки соответствующих ИТ комплексного моделирования их функционирования на различных этапах жизненного цикла. Анализ показывает, что требуется существенный пересмотр традиционных подходов к моделированию. Для создания и совершенствования таких ИТ необходимо формализованное описание условий функционирования предприятий, их организационных структур, технологий управления, бизнес-процессов, использования математических методов обоснования ресурсного и иного обеспечения технологических процессов, выполнения модельных и теоретических исследований.

Современная концепция управления предприятиями и их совокупностями, на постоянной основе реализующими проекты по государственным контрактам, состоит в том, что любое управление имеет многофункциональный характер и включает в себя функции анализа, планирования, обеспечения и контроля

деятельности для достижения целей и другие. Формализованные модели в современных условиях стали эффективным инструментом выработки рекомендаций для руководителей различного уровня, как в долгосрочной перспективе, так и в текущей деятельности. Они должны постоянно отвечать современным общепринятым взглядам на принципы функционирования предприятия, учитывать возможные изменения характера и способов его функционирования.

Необходимым в управлении предприятием является анализ достоверности результатов контроля его состояния. Оценивание количественных значений выбранных показателей достоверности целесообразно выполнять с использованием математико-аналитических методов, что обычно не требует значительных затрат, позволяет с приемлемой точностью анализировать состояние исследуемых экономических систем и бизнес-процессов в них, вырабатывать на основе этого достаточно взвешенные управленческие решения. Одним из главных направлений стратегического управления отдельным предприятием и совокупностью предприятий, интегрированных для выполнения общих задач, является оценивание и обеспечение устойчивости бизнес-процессов. Для осуществления этого необходима разработка достаточно детальных моделей состояния предприятий и методов обоснования соответствующих решений, часто возникает необходимость проведения многофакторных исследований. Однако до настоящего времени обобщенные и относительно унифицированные подходы к решению имеющихся в этой сфере проблем недостаточны.

Важным направлением управления предприятием является разработка его структуры, исходя из целей и особенностей функционирования на современном этапе развития. Нерациональность этой структуры обычно приводит к снижению эффективности функционирования, невысокой общей производительности выполнения работ, увеличению сроков выполнения проектов и снижению общей результативности. Для большинства крупных предприятий управление взаимодействием с другими организациями в рамках отношений «головной

исполнитель – соисполнители проектов» является неотъемлемой составной частью их функционирования. Для бесперебойной деятельности таких интегрированных экономических систем при выполнении государственных контрактов необходима разработка рациональной и тщательно сбалансированной системы их организационных структур и взаимоотношений.

Немаловажным является также детальный анализ структуры ресурсного обеспечения бизнес-процессов такой совокупности предприятий, фактически представляющей собой план их развития и финансирования. В последующем он определяет совокупность решений и мероприятий, направленных на выполнение основных задач. Обоснование финансирования бизнес-процессов и расхода ресурсов на их осуществление связано с представлениями о будущем этих предприятий. В значительной мере такие представления могут быть выражены в виде формализованных моделей разного уровня сложности в системах поддержки принятия решений. Особенно актуально это при планировании и выполнении долговременных проектов, финансируемых из государственного бюджета.

Разрабатываемые в стране государственные программы поддержки отраслей и регионов должны быть основаны на рациональном использовании имеющихся ресурсов и целесообразной роли РФ в мировой экономике. «Отдача» этих отраслей и регионов должна планироваться еще на этапе разработки таких программ с учетом естественно сложившихся особенностей и результатов хозяйствования. Обобщение опыта ведущих компаний мира, формализация основных тенденций их развития и внедрение в системы поддержки принятия управленческих решений могли бы существенно повысить качество последних. Однако известные исследования в этой области являются недостаточными.

Под интегрированными организационными структурами (ИОС), на постоянной основе выполняющими долговременные проекты по государственным контрактам, понимаются крупные территориально-распределенные предприятия и совокупности предприятий, имеющие общие цели функционирования и согласованные производственные процессы, в значительной

мере скоординировано управляемые, осуществляющие производственную деятельность в основном в рамках государственных контрактов. В теории систем они классифицируются как концерны.

**Степень разработанности проблемы.** Проблемы моделирования предприятий и условий их развития исследовались многими авторами. В частности, вопросам организации мониторинга, моделирования внутренней и внешней среды предприятий и статистического анализа посвящены научные труды И.И. Елисеевой, Н.В. Буровой, С.В. Курышевой, В.М. Кожухара, В.Г. Ларионова, М.М. Максимцова, А.В. Игнатъевой, В.А. Яворского. Модели для макроэкономического анализа рыночных процессов и их влияния на хозяйствующие субъекты предложены А.В. Воронцовским, К. Боумэном, Э.Дж. Доланом, А. Альтманом, Д.Е. Линдсеем, Дж. Сломаном.

Проблемы управления проектами рассмотрены в исследованиях В.В. Трофимова, В.Ф. Минакова, К.Ф. Грея, Р.Д. Арчибальда, Э.У. Ларсона. Методы обеспечения устойчивости производственных процессов приведены в публикациях Дж. Диксона, А.А. Абраменко, А.Я. Маслова, Л.Н. Немудрук, А.Н. Дорохова, Н.Д. Фасоляк, Дж. Рингланда. Математический аппарат для оценивания и максимизации устойчивости целевых процессов систем, в том числе в системах поддержки принятия решений, предложен в работах Н. Винера, В.А. Котельникова, У. Гренадера, Р.Л. Липцера, Г. Куизнира, Э.М. Хазена.

Известны научные труды В.П. Чернова, С.В. Кузнецова, А.Д. Цвиркуна, Б.З. Мильнера, В.А. Карташова, Д. Мако, П.Ф. Дракера, Р.С. Смита, И. Тахары, Р.Дж. Эренберга, посвященные вопросам разработки и практического использования моделей организационных систем, в том числе в рамках оптимизации их деятельности. Развитие теории и методологии моделирования предприятий, имеющих иерархические структуры, рассмотрено в трудах М. Месаровича, Дж.Н. Джоноуцаса, В.Н. Буркова, Н.П. Бусленко, Р.Дж. Карцо, Б.В. Москвина, Д.А. Новикова, Дж.К. Уорти.

Проблемы описания функционирования и управления сложными системами



в условиях ограниченности и фрагментарности исходной информации рассмотрены в работах Г.М. Фридмана, Т.Г. Максимовой, Д.Н. Верзилина, В.Ф. Волкова, М.Ю. Охтилева, Б.В. Соколова, В.В. Черешнева, Р.М. Юсупова. Вопросы оценивания состояния компании как организационно-экономической системы рассмотрены в публикациях И. Ансоффа, Р. Уотермана, Дж. Сломана, К. Уолша. Методологическим аспектам организации ее контроля посвящены труды Р.В. Соколова, Е.В. Стельмашонок, Л.В. Гребцовой, С.Б. Данилевича, Т. Питерса, С.П. Порватова, В.И. Сединина, В.И. Серых, К. Фу, А.Ю. Шевченко. Вопросы оценивания достоверности отчетной информации предприятий рассматривались в статьях М.Л. Пятова, В.В. Глинского, М.А. Алексева. Инструментальные средства верификации результатов контроля предложены в работах Р. Калмана, А.Н. Колмогорова, А.Л. Горелика, А.Г. Ивахненко, Р.Л. Стратоновича, А.Н. Ширяева.

Анализу и синтезу структур сложных многоэлементных систем посвящены труды Х. Минлцберга, В.К. Акинфиева, Т. Саати, Б.Б. Буянова, Ф. Остроффа, Дж. Диксона, Б.Г. Волика, К. Керне, Н.В. Лубкова, Б.И. Овсевича, Л.А. Расстригина, В. Скотта. Подходы к проектированию предприятий и их структур исследовались в трудах И.Н. Булгаковой, Ю.В. Вертаковой, М. Хаммера, С. Шафрица, П. Вайера, Дж. Вейтмана, Ю.В. Кузнецова, Дж. Дункана, В.В. Зотова, Е.В. Ленского, П. Лэнда, Р. Мида. Экономические аспекты стратегического управления предприятиями, в частности в рамках государственных контрактов, представлены в публикациях С.А. Багрецова, Д. Торнгтона, К.А. Ричардсона, Ф. Эмери, Р.Л. Акоффа, А.Х. Курбанова, Д. Магидсона, В.А. Плотникова, Г.Дж. Эддисона, Дж. Уайгтмана.

Проблемам финансового анализа деятельности предприятий посвящены работы В.В. Ковалева, Вит.В. Ковалева. Вопросы управления ресурсами исследуются в трудах Дж. Шрайбфедера, А. Флинна, Г.И. Владимировича, Ф. Джонсона, А.В. Киселева, М. Линдерса, Е.Ф. Сысоевой, Г. Фирона. Инструментальные средства исследования процессов управления ресурсами, в

том числе в системах поддержки принятия решений, представлены в трудах М.О. Колбанева, О.А. Цукановой, Д. Кензо, А. Брайсона, Л.В. Канторовича, А.П. Козловцева, С. Робинса, Л. Берталанфи, А.А. Чурсина, С.Ю. Шарагина.

Вопросы интеграции предприятий исследовались учеными А.В. Цветковым, С.А. Белозеровым, А.А. Ворониным, А.В. Бабкиным, Н.К. Моисеевой, Н.Н. Молчановым, Ю.В. Синягиным, О.Ю. Переверзиной. Отдельным аспектам оптимизации управления предприятиями посвящены работы И.В. Ильина, И.В. Гонтаревой, А.А. Матвеева, П. Коттера, Т.А. Горошниковой, М.В. Губко, Е.В. Коновальчука, Р.М. Нижегородцева, А.В. Пикулькина, А.В. Щепкина. Соответствующий инструментальный аппарат предложен в трудах В.Г. Халина, В.Г. Болтянского, Ю.П. Иванилова, В.В. Калашникова, Л.С. Гурина, Н.Б. Кобелева, Г.И. Савина, А.А. Самарского, В.В. Розена.

Признавая весомость, теоретическую и практическую значимость исследований названных и других ученых, следует констатировать недостаточность проработки многих вопросов применительно к интегрированным организационным структурам, ориентированным на преимущественное выполнение госконтрактов.

Одной из существенных проблем в этой области является комплексная проблема создания высокорезультативных систем поддержки принятия решений (СППР) руководителей крупных интегрированных организационных структур, на постоянной основе осуществляющих долговременные проекты по государственным контрактам. Большинство методов и моделей, созданных экономико-математической наукой, являются относительно узко ориентированными на предметную область и условия, для которых они разрабатывались. Постоянные объективные изменения в технологиях взаимодействия производственных процессов интегрированных предприятий приводят к необходимости значительной модернизации СППР. Часто при этом меняются и структуры предприятий, в этом случае оказывается, что дешевле создать систему заново. Относительно унифицированные формализованные

подходы к разработке и/или быстрой модернизации имеющихся СППР проработаны недостаточно. Это приводит к существенным затратам крупных предприятий и их совокупностей на периодическую глубокую модернизацию комплексных СППР и увеличению сроков фактического создания интегрированных организационных структур для реализации госконтрактов. Решение научной проблемы оперативной разработки экономико-математических методов и моделей для интеллектуализации процессов поддержки принятия управленческих решений имеет важное хозяйственное значение для осуществляемых в России экономических преобразований в условиях внешних санкций, способно повысить гарантированность выполнения государственных контрактов и устойчивость развития субъектов хозяйствования, создаст условия для экономии бюджетных средств.

**Целью диссертационной работы** является разработка теоретических и методологических положений, развитие экономико-математических методов и математического аппарата для поддержки принятия решений стратегических задач интегрированными организационными структурами, выполняющими на постоянной основе долговременные проекты по государственным контрактам.

Поставленная цель обусловила необходимость решения следующих взаимосвязанных **научных задач**:

1) Предложить методологию построения иерархических моделей интегрированных организационных структур, специализирующихся на осуществлении долговременных проектов в рамках государственных контрактов.

Разработать комплекс экономико-математических методов и моделей поддержки принятия решений, обеспечивающих решение стратегических задач в следующих областях:

2) оценивания достоверности результатов контроля состояния интегрированной организационной структуры при реализации комплекса государственных контрактов;

3) упреждающего управления ресурсным обеспечением интегрированной

организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов;

4) обеспечения устойчивости бизнес-процессов интегрированной организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов;

5) создания интегрированной структуры, включая предприятие – головной исполнитель и предприятия – соисполнители.

Осуществить развитие математического аппарата и моделей для:

6) поддержки принятия управленческих решений для динамической трансформации организационной структуры предприятия при реализации комплекса государственных контрактов;

7) экономико-математического моделирования условий развития интегрированной организационной структуры по неоднородной экономической информации;

8) экономико-математического моделирования рыночных условий функционирования интегрированной организационной структуры по косвенной и фрагментарной информации.

**Объектом исследования** являются интегрированные организационные структуры, на постоянной основе выполняющие долговременные проекты в рамках государственных контрактов.

**Предметом исследования** являются социально-экономические процессы и явления в интегрированных организационных структурах, возникающие при осуществлении проектов по государственным контрактам, и их отражение методами математического моделирования.

Выбор объекта и предмета исследования обусловлен необходимостью совершенствования математических методов обоснования управленческих решений, повышения на этой основе результативности деятельности предприятий и гарантированности осуществления государственных контрактов.

**Теоретической основой исследования** послужили фундаментальные

положения экономической теории, теории управления, математики, общетеоретические принципы познания социально-экономических явлений, прежде всего, принципы системности, диагностики и прогнозирования.

**Методологической основой исследования** выступают структурно-логический и системный подходы, научный анализ специализированной и нормативной литературы, математические методы анализа экономической информации, сравнительного анализа, аналитического и концептуального моделирования, математические методы теории управления, теории статистики, теории надежности, теории вероятностей.

**Информационно-эмпирической базой** работы являются Законы РФ, Указы Президента РФ, Постановления Правительства РФ, аналитические материалы Совета Федерации РФ, Министерства науки и высшего образования РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства экономического развития РФ, Федеральной службы государственной статистики, программы стратегического развития сфер производства РФ и регионов, статистические данные, касающиеся развития отраслей экономики и регионов России, методические материалы отечественных и международных организаций по вопросам развития экономических систем, научные труды и публикации по проблемам диссертационного исследования.

**Обоснованность и достоверность** полученных автором результатов исследования определяется тем, что сформулированные в диссертации выводы и рекомендации согласованы с основными положениями фундаментальной экономической науки и теорий управления и моделирования, получены вследствие аргументированного анализа с применением показавших на практике свою состоятельность методологических и методических инструментов исследований, апробированы в НИР и на научных конференциях, а также опубликованы в ведущих научных журналах Российской Федерации и монографиях.

**Соответствие Паспорту научной специальности.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с Паспортом научных специальностей ВАК по

специальности 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики: п. 1.2. Теория и методология экономико-математического моделирования, исследование его возможностей и диапазонов применения: теоретические и методологические вопросы отображения социально-экономических процессов и систем в виде математических, информационных и компьютерных моделей; п. 1.4. Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений; п. 2.3. Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в разработке комплекса теоретических и методологических положений, экономико-математических методов и моделей поддержки принятия решений, адаптированных к специфике осуществления долговременных проектов в рамках государственных контрактов, позволяющих повысить качество принятия решений по управлению состоянием и развитием интегрированных организационных структур и повышению эффективности их деятельности в стратегической перспективе.

**Наиболее существенные результаты исследования, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем:**

1) Предложена методология построения иерархических моделей интегрированных организационных структур, специализирующихся на осуществлении долговременных проектов в рамках государственных контрактов. Отличается древовидным представлением концептуальной системы моделей на каждом уровне иерархии с учетом координации моделей структурных подсистем и согласованием их функций через модели верхних уровней на основе

общесистемного критерия; использованием технологии разработки на основе корпоративной библиотеки формализованных типовых компонентов моделей и регламентации взаимодействия с заказчиком. Позволяет повысить оперативность и точность разработки моделей, унифицировать и детализировать подходы к модельным исследованиям функционирования интегрированных организационных структур и на этой основе снизить уровни систематических и случайных ошибок, нормировать регламенты взаимодействия разработчиков моделей с заказчиками на основных этапах создания и внедрения моделей в системы поддержки принятия решений.

Разработан комплекс экономико-математических методов и моделей поддержки принятия решений, обеспечивающих решение стратегических задач в следующих областях:

2) оценивания достоверности результатов контроля состояния интегрированной организационной структуры при реализации комплекса государственных контрактов. Отличается от известных выполнением оценивания ошибок интерпретации совокупности значений показателей и увязкой их в единую систему с результатами применения известных методов расчета инструментальных и методических ошибок. Позволяет существенно дополнить общепринятые методы оценивания ошибок контроля и расширить область их применения в экономике, увеличить количество анализируемых факторов при проведении контроля состояния интегрированной организационной структуры, дает возможность осуществлять комплексный контроль ее состояний в статике и в динамике;

3) упреждающего управления ресурсным обеспечением интегрированной организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов. Отличается оптимизацией параметров ресурсного обеспечения по критерию максимума ее потенциала с целью исключения ситуаций, когда отдельные проекты не были осуществлены с необходимым качеством, и это привело к невостребованности части результатов, качественно осуществленных

проектов. Позволяет определять оптимальную структуру инвестирования проектов на каждый период планирования и обосновывать на этой основе управленческие решения по корректировке планов выполнения проектов;

4) обеспечения устойчивости бизнес-процессов интегрированной организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов. Отличается от известных методов вероятностным подходом к оцениванию фактов одновременного нахождения основных параметров предприятий в областях допустимых для сложившихся условий значений и формированием векторов управляющих воздействий в «реперных» точках. Позволяет обеспечить на горизонте стратегического планирования стабильность технологических процессов и прогнозирование достижимости целей проектов;

5) создания интегрированной структуры, включая предприятие – головной исполнитель и предприятия – соисполнители. Отличается от известных методов оптимизацией и согласованием значений комплекса параметров такой совокупности предприятий по критерию максимума потенциала головного исполнителя. Позволяет повысить производственные возможности кооперационного объединения предприятий за счет исключения «узких мест» с целью повышения гарантированности выполнения государственных контрактов.

Осуществлено развитие математического аппарата и моделей для:

б) поддержки принятия управленческих решений для динамической трансформации организационной структуры предприятия при реализации комплекса государственных контрактов. Отличается использованием процедур оптимизации длительности интервала времени до следующей трансформации этой структуры по критерию максимума математического ожидания объема выполняемых работ при полных и частичных структурных изменениях. Позволяет в процессе функционирования предприятия рассчитывать и своевременно менять его структуру в зависимости от изменения характеристик портфеля контрактов и параметров условий развития, обосновывать стратегические управленческие решения по реинжинирингу с целью повышения результативности деятельности;



7) экономико-математического моделирования условий развития интегрированной организационной структуры по неоднородной экономической информации. Отличается применением модельных методов для анализа условий деятельности интегрированной организационной структуры при неоднородности и частичной неопределенности первичных данных с учетом инструментально-методологических особенностей использования экономических показателей и рейтинговых методов исследования отчетности экономических субъектов. Позволяет выявлять тенденции изменений условий функционирования по общедоступной информации и прогнозировать поведение экономических систем;

8) экономико-математического моделирования рыночных условий функционирования интегрированной организационной структуры по косвенной и фрагментарной информации. Отличается от известных возможностью восстановления части отсутствующих данных о рынке по известным значениям комплекса других показателей и применением инструментальных средств исследования неоднородной экономической информации. Позволяет получать на этой основе количественные оценки основных показателей рыночной конъюнктуры, выявлять глобальные тенденции и прогнозировать развитие экономических систем.

**Теоретическая значимость** диссертационной работы заключается в том, что предложена методология построения иерархических моделей интегрированных организационных структур, специализирующихся на выполнении государственных контрактов; разработан метод оценивания достоверности результатов контроля состояния интегрированной организационной структуры при реализации комплекса государственных контрактов; разработан метод упреждающего управления ресурсным обеспечением интегрированной организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов; предложен метод обеспечения устойчивости бизнес-процессов интегрированной организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов.

**Практическая значимость** диссертационного исследования определяется выявлением особенностей функционирования интегрированных организационных структур в России, выполняющих долговременные проекты по государственным контрактам; обоснованием необходимости создания новых математических методов и инструментария для поддержки принятия решений по стратегическому управлению ими; применимостью его положений для создания интегрированной структуры, включая предприятие – головной исполнитель и предприятия – соисполнители; поддержки принятия управленческих решений для динамической трансформации организационной структуры предприятия при реализации комплекса государственных контрактов; созданием математического аппарата для моделирования условий функционирования интегрированной организационной структуры по неоднородной экономической информации; а также моделирования рыночных условий функционирования интегрированной организационной структуры по косвенной и фрагментарной информации.

**Апробация и внедрение основных результатов исследования.**

Результаты исследований использованы при выполнении следующих научно-исследовательских работ:

1. «Разработка математических моделей и алгоритмов мониторинга массовых событий в социуме на основе фрагментарных данных». Государственный контракт № 02.740.11.0437 от 30 сентября 2009 г. Заказчик – Министерство науки и высшего образования РФ.

2. «Формирование научно обоснованной методологии комплексного моделирования экономических систем, концепций и методов организационного управления такими системами». Тематический план фундаментальных НИР Министерства науки и высшего образования РФ, шифр 1.2.10, 2010 г.

3. «Формирование и стратегическое развитие образовательного пространства для сферы торговли и общественного питания: методология, теория, практика». Государственный контракт № 02.740.11.0587 от 22 марта 2010 г. Заказчик – Министерство науки и высшего образования РФ.

4. «Создание системы мониторинга эпизоотической ситуации по африканской чуме свиней на территории Ленинградской области». Государственный контракт № 16/12 от 09 апреля 2012 г. Заказчик – Правительство Ленинградской области.

5. «Анализ, прогнозирование и регулирование социальной устойчивости регионов». В рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг. Соглашение № 14.В37.21.2123 от 14 ноября 2012 г. Заказчик – Министерство науки и высшего образования РФ.

6. «Статистический анализ конъюнктуры рынка услуг связи в Северо-Западном регионе РФ». Договор № 2178 от 05 ноября 2015 г. между АО «НПП «Вектор» и ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет». Заказчик – АО «НПП «Вектор».

7. «Государственная регистрация недвижимости (в части действия Федерального закона «О государственной регистрации недвижимости», нормативных правовых актов Президента Российской Федерации, Правительства Российской Федерации, федеральных органов исполнительной власти)» Распоряжение директора Центра экспертиз Санкт-Петербургского государственного университета № 4090 от 25.12.2018 г. Заказчик – Министерство юстиции РФ.

По указанным НИР получены соответствующие акты (справки) об использовании результатов диссертационных исследований, все НИР оценены положительно и приняты заказчиками в полном объеме. Материалы диссертации использованы в учебном процессе магистратуры Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого Института «Торгово-экономический университет» при теоретической и практической подготовке магистров по направлению «Экономика» в дисциплинах «Принятие решений в условиях неопределенности» и «Планирование и постановка научного эксперимента».

Основные положения диссертационной работы докладывались автором и обсуждались на международных, всероссийских и межвузовских научных конференциях, в том числе на 28, 29, 31 International Business Information Management Association Conference (Seville, Spain, 2016; Vienna, Austria, 2017; Milan, Italy, 2018); Международных экономических симпозиумах – 2017, 2018, 2019 (Санкт-Петербург, 2017, 2018, 2019 гг.); II международном экономическом симпозиуме «Форсайт «Россия»: новое производство для новой экономики» (Санкт-Петербург, 2016 г.); III международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие: общество и экономика» (Санкт-Петербург, 2016 г.); международной научно-практической конференции «II Соколовские чтения» (Санкт-Петербург, 2013 г.); IX, X, XI, XII международных научно-практических конференциях «Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ)» (Санкт-Петербург, Пафос, Барселона, Афины, Негева; 2011, 2012, 2013, 2014 гг.); международной научно-практической конференции «Управление инновационной деятельностью экономических систем (ИНПРОМ-2014)» (Санкт-Петербург, Таллин; 2014 г.); международной научно-практической конференции «Новая экономическая реальность, кластерные инициативы и развитие промышленности (ИНПРОМ-2016)» (Санкт-Петербург, Хельсинки, Стокгольм, Таллин; 2016 г.); международных и всероссийских научно-практических конференциях «Стратегическое управление организацией» (Санкт-Петербург, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 гг.); XII, XIII, XIV, XV международных научно-практических конференциях «Системный анализ в проектировании и управлении» (Санкт-Петербург, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг.); I и II международных научно-практических конференциях «Современные тенденции развития теории и практики управления в России и за рубежом» (Ставрополь, 2009, 2010 гг.); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы менеджмента: стратегическое прогнозирование и стратегическое планирование» (Санкт-Петербург, 2012); II всероссийской научно-практической конференции «Система управления

современной организацией: проблемы организационного проектирования, логистического управления и информационной безопасности» (Волгоград, 2009 г.); XIII, XV, XVI, XVII и XVIII международных научно-практических конференциях «Интеграция экономики в систему мирохозяйственных связей» (Санкт-Петербург, 2008, 2010, 2011, 2012, 2013 гг.); всероссийских научно-теоретических конференциях «Россия в глобальном мире» (Санкт-Петербург, 2007, 2011 гг.).

**Публикации.** Основные научные результаты диссертационной работы автора изложены в монографиях, статьях и докладах, изданных в журналах и сборниках научных трудов. Всего автором опубликовано (в том числе в соавторстве) 154 научных и учебно-методических работы, из них по теме диссертации: 3 монографии, 26 научных статей в изданиях, рекомендованных ВАК, 3 публикации, индексированные в наукометрических базах «Web of Science CC» и «Scopus», 56 научных статей и тезисов докладов в других изданиях. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 88,3 п.л. (вклад автора – 45,68 п.л.).

# **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР**

## **1.1. Общие проблемы математического моделирования для поддержки управленческих решений**

Глобализация обуславливает и стимулирует определенные формы и векторы развития мировых экономических процессов. Возрастание транспортной доступности почти всех регионов мира способствует более интенсивному выходу на международный рынок крупных компаний, активизирует внешнюю торговлю государств. При этом ведущиеся рядом стран экономические и политические войны накладывают отпечаток на торговое взаимодействие, на международное разделение труда и приводят к частичной изоляции и некоторой закрытости национальных экономик. Ведущиеся в настоящее время военные противостояния также обременяют бюджет государств, внося в экономику административную (нерыночную) составляющую. После распада СССР представленность отечественных компаний в мире очень существенно уменьшилась, как следствие, снизилась и роль России в мировой экономике. Однако в настоящее время российские компании постепенно выходят на мировой рынок, включаются в мировую торговлю, совершенствуют свои системы управления.

В настоящее время России развивается в условиях внешних экономических санкций. Для смягчения их влияния была разработана и осуществляется комплексная программа «импортозамещения», направленная на переориентацию национальной экономики в большей мере на внутренний рынок и самообеспечение. Реализуется совокупность Национальных проектов, утвержденных президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г. (табл. 1.1.1), целью которых является повышение качества жизни населения, общее экономическое и технологическое развитие страны.

Таблица 1.1.1 - Национальные проекты РФ на период до 2024 г.

Категория национальных проектов РФ	Наименование национальных проектов	Количество федеральных проектов
Человеческий капитал (бюджет 5,7 трлн руб.)	Здравоохранение	8
	Образование	10
	Демография	5
	Культура	3
Комфортная среда для жизни (бюджет 9,9 трлн руб.)	Безопасные и качественные автомобильные дороги	4
	Жилье и городская среда	4
	Экология	11
Экономический рост (бюджет 10,1 трлн руб.)	Наука	3
	Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы	5
	Цифровая экономика	6
	Производительность труда и поддержка занятости	3
	Международная кооперация и экспорт	5
	Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г.	11

Составлено автором на основе материалов [142].

Детализируем состав национальных проектов категории «Экономический рост» (табл. 1.1.2), являющихся в некоторой мере экономической основой для остальных двух категорий и обуславливающих устойчивое их развитие в стратегической перспективе.

Таблица 1.1.2 – Федеральные проекты РФ «Экономический рост» на период до 2024 г.

Наименование национальных проектов	Наименование федеральных проектов	Бюджет федеральных проектов, млрд руб.
Наука (бюджет 636,0 млрд руб.)	Развитие научной и научно-производственной кооперации	215,0
	Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации	350,0
	Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок	70,9
Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы (бюджет 481,5 млрд руб.)	Улучшение условий ведения предпринимательской деятельности	2,5
	Расширение доступа субъектов МСП к финансовым ресурсам, в том числе к льготному финансированию	261,8
	Акселерация субъектов МСП	167,9
	Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации	40,8
	Популяризация предпринимательства	8,5
Цифровая экономика (бюджет 1634,9 млрд руб. без учета альтернативных источников финансирования)	Нормативное регулирование цифровой среды	1,7
	Информационная инфраструктура	772,4
	Кадры для цифровой экономики	143,1
	Информационная безопасность	30,2
	Цифровые технологии	451,8
	Цифровое государственное управление	235,7



Наименование национальных проектов	Наименование федеральных проектов	Бюджет федеральных проектов, млрд руб.
Производительность труда и поддержка занятости (бюджет 52,1 млрд руб.)	Системные меры по повышению производительности труда	5,5
	Адресная поддержка повышения производительности труда на предприятиях	33,9
	Поддержка занятости и повышение эффективности рынка труда для обеспечения роста производительности труда	12,7
Международная кооперация и экспорт (бюджет 956,8 млрд руб.)	Промышленный экспорт	423,8
	Экспорт продукции АПК	406,8
	Логистика международной торговли	21,6
	Экспорт услуг	5,8
	Системные меры развития международной кооперации и экспорта	98,8
Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года (бюджет 6348,1 млрд руб. без учета Энергетической части плана)	<b>РАЗДЕЛ 1. ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА</b>	
	Европа – Западный Китай	655,0
	Морские порты России	927,0
	Северный морской путь	587,5
	Железнодорожный транспорт и транзит	1253,5
	Транспортно-логистические центры	45,9
	Коммуникации между центрами экономического роста	1713,5
Развитие региональных аэропортов и	267,5	

Наименование национальных проектов	Наименование федеральных проектов	Бюджет федеральных проектов, млрд руб.
	маршрутов Высокоскоростное железнодорожное сообщение Внутренние водные пути РАЗДЕЛ 2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА Гарантированное обеспечение доступной электроэнергией Гарантированное обеспечение транспорта нефти, нефтепродуктов газа и газового конденсата	621,8  276,4 (данные отсутствуют)

*Составлено автором на основе материалов [142].*

Для успешной реализации национальных проектов и входящих в их состав федеральных проектов, востребованной является разработка теоретических и методологических положений, экономико-математических методов и моделей, математического аппарата для систем поддержки принятия управленческих решений крупных предприятий и их объединений, осуществляющих свою деятельность преимущественно в рамках государственных контрактов и исторически являющихся основой экономики России.

Такие объединения предприятий по своей сущности являются интегрированными организационными структурами (ИОС). Они относятся к категории открытых систем и представляют собой упорядоченную совокупность взаимосвязанных между собой экономических подсистем, объединенных общими целями по объективно обусловленным принципам. В теории систем принято различать вертикальную и горизонтальную интеграции [130, с. 54-87], но в

современных ИОС эти два типа интеграций успешно сочетаются. Характерным отличием такой системы является относительно высокая интенсивность взаимодействия структурных элементов в управленческом и производственном планах. По масштабам деятельности они могут быть национальными и международными, поэтому часто относятся к мезоэкономическому уровню. Следует отметить, что многие экономические школы не согласны с использованием этого термина, но относить совокупности крупных предприятий, играющих очень значительную роль на национальных и мировом рынках, к микроэкономическому уровню представляется неточным. Традиционно выделяют следующие основные виды ИОС:

- «Альянс» представляет собой совокупность предприятий и/или физических лиц, сформированную на основе заключенных договоров и соглашений (не все экономические школы согласны с тем, что эту форму можно отнести к интегрированным структурам);

- «Финансово-промышленная группа» – объединение хозяйствующих субъектов при условии сохранения юридической самостоятельности каждого; одна из основных целей ее создания заключается в интеграции капитала; формирование такой группы осуществляется путем подписания соответствующего договора всеми участниками и создания головной компании; в состав группы обязательно входят хотя бы одно кредитно-финансовое учреждение и предприятия, осуществляющие деятельность по производству товаров и/или услуг; участники группы совместно или перекрестно владеют акциями всех компаний; в состав группы в какой-либо форме может входить государство;

- «Концерн» – совокупность предприятий, каждое из которых обладает ограниченными управленческой и производственной самостоятельностью; обычно создается как система промышленного назначения с единым центром управления и собственностью; иногда может включать в себя кредитно-финансовую организацию, играющую второстепенную обеспечивающую роль;

- «Холдинг» – компания (юридическое лицо), образуемая путем

объединения отдельных предприятий, обладающая контрольными пакетами их акций, и осуществляющая централизованное управление ими; такое управление осуществляется по принципу «голосования акциями», прямые договоры между входящими в холдинг предприятиями обычно отсутствуют;

- «Трест» – совокупность предприятий, объединенных в единую производственную систему без сохранения каждым из них юридической самостоятельности; достаточно часто встречается ситуация, когда предприятия ранее принадлежали к разным отраслям экономики, и цель создания треста заключалась в освоении производства нового вида продукции «на стыке отраслей»; управляющим предприятием треста обычно является холдинговая компания; объединение предприятий осуществляется путем слияния их активов с активами головной компании или через покупку последней долей активов остальных участников;

- «Конгломерат» – совокупность предприятий, частично аналогичная «тресту»; они также обычно принадлежат к разным отраслям экономики, но не взаимосвязаны в рамках непосредственной производственной деятельности; формируется посредством покупки акций участников, головная компания холдингового типа управляет деятельностью остальных участников;

- «Консорциум» – временная совокупность предприятий, созданная для осуществления крупной программы или проекта по основному направлению деятельности (отрасли) каждого из них и юридически оформленная договором (соглашением); руководство этой совокупностью выполняется посредством механизма «доверительного управления», при этом собственность отдельных предприятий даже частично не передается в общую собственность; помимо деятельности, направленной на достижение целей консорциума, предприятия могут осуществлять другие ее виды и входить в другие консорциумы.

В дальнейшем в данной работе под интегрированной организационной структурой будет пониматься совокупность предприятий типа «Концерн». Рассмотрим проблемы и подходы к моделированию состояния и обоснования

решений по управлению крупными предприятиями, в том числе совокупностями предприятий, как интегрированными организационными структурами. Такая совокупность осуществляет свою деятельность посредством выполнения бизнес-процессов в условиях влияния значительно различных внешних и внутренних факторов экономического, социального, технологического и иного характера.

В зависимости от задач, для решения которых строится экономическая модель (ЭМ), и от этапа управления, на котором предполагается использование, выделим основные цели ее создания:

- определение внутренних параметров ИОС при выполнении совокупности проектов, в наибольшей степени влияющих на выходные параметры;
- оценка значений выбранных показателей устойчивости бизнес-процессов (УБП);
- выбор оптимальных номинальных значений и областей допустимых значений (ОДЗ) внутренних параметров рассматриваемой ИОС, обеспечивающих максимальные значения показателей УБП;
- выбор внутренних параметров, которые могут быть использованы в качестве управляемых при функционировании ИОС;
- прогнозирование состояния и оценивание устойчивости бизнес-процессов ИОС на период выполнения государственного контракта или его этапа;
- идентификация параметров модели по информации о выходных параметрах ИОС;
- определение величин управляющих воздействий, необходимых для поддержания показателей УБП ИОС на уровне, обусловленном требованиями государственного контракта или осуществляемого проекта.

В общем случае вопросы построения формализованной модели ИОС наиболее целесообразно решать на этапе ее создания или в начальный период ее деятельности, в это же время необходимо решать и задачи оптимального синтеза ИОС, выбора управляемых параметров и прогнозирования направлений развития. На этапе же ее деятельности возможно решение задач прогнозирования,

идентификации и совершенствования моделей, определения величин управляющих воздействий. К экономической модели ИОС обычно предъявляются следующие требования:

– адекватность, т. е. способность таким образом предсказывать значение выходного параметра ИОС на основе значений внутренних параметров, чтобы оно отличалось от фактического не более чем на заранее известную небольшую величину;

– возможность предсказывать значение выходного параметра с требуемой точностью во всех точках пространства внутренних параметров ИОС в процессе выполнения проектов;

– простота, являющаяся одним из решающих аргументов при выборе вида ЭМ при прочих равных условиях;

– разумная трудоемкость построения модели.

В зависимости от источника информации, используемого при построении ЭМ, принято различать теоретические модели, в которых за основу берутся известные и обоснованные экономические, технологические и иные закономерности моделируемых бизнес-процессов ИОС, и эмпирические модели, получаемые в результате обработки экспериментальных (опытных) данных, собранных непосредственно в исследуемой ИОС или с использованием ее моделей. Построение теоретических ЭМ сопряжено с проведением обширных и длительных исследований, в ходе которых выявляется экономическая природа протекающих в ИОС бизнес-процессов и производится их формализованное описание. Как правило, теоретические ЭМ бизнес-процессов представляются в виде сложной системы уравнений, и далеко не всегда удается составить такое описание ИОС. Модели, создаваемые по результатам экспериментов, в том числе и пассивных, обычно имеют более простую структуру. Достаточно унифицированы, удобны и точны в этом плане полиномиальные ЭМ ИОС, и в настоящее время известно большое число методов построения таких моделей.

Известный метод наименьших квадратов (МНК) позволяет получать

наилучшие с позиции минимума среднеквадратической ошибки оценки коэффициентов полинома при выполнении примерно следующих условий [67, с. 45-67; 75, с. 321-351, 364-370; 194, с. 413-428]: результаты мониторинга свободны от систематических ошибок; все наблюдения независимы; дисперсия результатов наблюдений во всех измерениях одинакова; оценка вектора коэффициентов регрессии является несмещенной; выполняется условие минимума среднеквадратической ошибки; структура регрессионного уравнения заранее известна. Уравнение каждого из выходных параметров общепринято записывать в форме:

$$y = \tilde{y} + \varepsilon, \quad (1.1.1)$$

где  $y$  – наблюдаемый выходной параметр;  $\tilde{y}$  – теоретический (описываемый моделью) выходной параметр;  $\varepsilon$  – случайная ошибка (перечисленные параметры могут быть векторными).

Особенности, достоинства и недостатки различных методов построения таких моделей, а также свойства МНК-оценок приводятся во многих научных и учебных трудах [67, с. 45-67, 122-155; 75, с. 324-388; 194, с. 413-428]. Описанный подход позволяет строить относительно точные ЭМ ИОС при выполнении долговременного проекта по результатам анализа текущей контрольной (отчетной) информации о ней. После построения модели детерминированной составляющей функциональной зависимости выходного параметра ИОС от его внутренних параметров выполняется оценивание ее точности и надежности по известным методикам. При этом необходимо учитывать, что полиномы высоких порядков редко применяются в экономике, а количество наблюдений при исследовании экономических систем обычно небольшое.

В процедуре построения модели методом наименьших квадратов можно выделить пять основных этапов: определение типа модели; выбор существенных внутренних параметров ИОС; определение степени приближающего полинома; построение модели и получение оценок коэффициентов; оценивание значимости коэффициентов регрессионного уравнения. В организационно-экономических

системах, описываемых множественными корреляционно-регрессионными моделями, традиционно используются две основные их формы: аддитивная и мультипликативная. Аддитивная форма

$$\tilde{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_mx_m \quad (1.1.2)$$

применяется, когда каждый фактор вносит независимый от других факторов вклад в результат. Мультипликативная форма

$$\tilde{y} = a \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdot \dots \cdot x_m^{b_m} \quad (1.1.3)$$

применяется, если все факторы только совместно влияют на общий результат. При этом на практике в экономике наиболее часто применяются их аддитивные формы.

Рассмотрим модельные подходы к исследованию структуры и свойств условий развития ИОС. Рациональное определение входных и выходных параметров дает возможность построить адекватную экономическую модель и в то же время сократить затраты на исследование как самих условий развития, так и их влияния на ИОС. При этом выбор выходных параметров определяется в каждом конкретном случае в соответствии с особенностями существования в ней ИОС, выполняемыми бизнес-процессами и входными ее параметрами. В качестве выходных параметров предпочтительны такие, которые наиболее полно отражают ее состояние и существенно влияют на результаты деятельности. Также на выбор влияют доступность и возможная точность их определения, наличие методик измерений, стоимость сбора информации, временные затраты и другие факторы. В качестве входных параметров ИОС целесообразно выбирать существенные характеристики, изменение которых оказывает наибольшее влияние на ее состояние и выходные характеристики, с учетом особенностей комплекса выполняемых проектов.

В идеальном случае для правильного отображения моделируемых условий развития желательно, чтобы экономическая модель включала все входные параметры, существенно влияющие на выходные, так как отсутствие одного из них может привести к частичной неадекватности. Если есть возможность,



целесообразно использовать хорошо отработанные и проверенные практикой методы построения относительно простых моделей или их комплексов по результатам мониторинга. Это существенно удешевит модель и процесс сбора информации для нее. Для определения практически всех входных параметров и оценивания значимости их влияния на выходные параметры могут использоваться известные статистические методы, а в качестве исходных данных – широкодоступная и бесплатная официальная информация.

Характерной чертой современного уровня развития экономической науки является широкое применение аналитических методов анализа, используемых, в частности, при выявлении влияния различных факторов на деятельность ИОС, реализующей проекты по государственным контрактам, как экономической системы, обоснования решений по планированию и оптимизации ее деятельности. Необходимость применения этих методов обусловлена также тем, что изучение взаимодействия ИОС с факторами рынка при выполнении проектов в рамках государственных контрактов требует исследования не только основных закономерностей бизнес-процессов, но и возможных отклонений от них. Применение формализованных методов позволяет существенно повышать обоснованность управленческих решений при оценивании состояния и успешности развития ИОС, рационализировать и унифицировать ее контроль.

Цель анализа состояния ИОС заключается в выявлении закономерностей, присущих процессам ее деятельности, что позволяет затем более адекватно их описывать и конструировать, ограничивать влияние случайных факторов, анализировать и прогнозировать значения основных показателей ее функционирования, направленно управлять развитием, совершенствовать способы контроля ее состояния. Аналитические методы являются эффективным инструментом сбора, анализа и интерпретации информации о состоянии и функционировании ИОС, применение таких методов часто не требует значительных затрат и позволяет с известной точностью и достоверностью анализировать состояние исследуемых объектов и процессов и на основе этого

вырабатывать оптимальные управленческие решения. Основой для оценивания информации о состоянии ИОС служат методы статистики, теории вероятностей и экономической теории, общеполитические методы, исходными данными для которых являются результаты пассивных наблюдений или экспериментов, часто носящие случайный характер.

Концепция управления ИОС состоит в том, что оно представляет собой анализ, планирование, организацию и контроль ее деятельности для достижения имеющихся целей. Известные методы обработки информации во многих случаях позволяют достаточно полно выявлять взаимозависимости в данных, оценивать их надежность. Типовые статистические исследования обычно включают методы регрессионного, корреляционного, дисперсионного, факторного, кластерного анализа, аппарат временных рядов и другие, позволяющие анализировать состояние и бизнес-процессы ИОС при осуществлении проектов. Формирование решений о состоянии ИОС как организационно-экономической системе при выполнении проектов в рамках государственного контракта является важнейшей функцией ее руководства и основывается обычно на сопоставлении отчетной информации с «эталонной», характеризующей набор заранее определенных (желаемых/типовых) состояний. Основой контроля является собранная информация, представляющая собой структурированную совокупность значений показателей, характеризующих производственные, организационные, экономические и иные процессы.

Особенность функционирования ИОС при осуществлении комплексных распределенных во времени многоэтапных проектов состоит в возникновении относительно продолжительных искаженных участков в потоках информации об ее экономическом состоянии. Это может быть связано с нечеткостью перечня и структуры необходимых для анализа показателей в условиях осуществления часто уникальных последовательностей мероприятий, использованием гибких организационных структур, временным привлечением предприятий-соисполнителей. В этом случае для повышения достоверности контроля

целесообразно вообще исключать из него показатели, уровень верности значений которых недостаточно высок, для этого могут быть использованы известные методы отбраковки недостоверных значений показателей, основанные на рациональном «взвешивании» априорных и апостериорных данных о состоянии контролируемых подсистем. Вопросы рационализации состава контролируемых параметров рассматривались в работах [42, с. 73-97, 248-277; 47, 60], но с позиции повышения достоверности контроля экономического состояния ИОС при выполнении длительного проекта данные подходы исследованы недостаточно и требуют более детальной проработки.

Использование методов оптимизации состава контролируемых показателей в системах поддержки принятия решений является достаточно целесообразным для повышения достоверности результатов контроля экономического состояния ИОС. Общая сущность применения формализованных методов увеличения указанной достоверности при выполнении долговременных проектов состоит в обработке по определенным правилам данных о состоянии ИОС и ее подсистем, а также о качестве выполнения ими задач. В соответствии с происходящими в такой ИОС текущими изменениями, эти данные в непрогнозируемые точно (практически случайные) моменты времени обновляются и, следовательно, представляют собой своего рода отдельный процесс контроля. Теоретическая разработка этих методов, исследование их эффективности и особенностей применения на практике при осуществлении проектов в рамках государственных контрактов являются важной и актуальной проблемой.

В ИОС определить оптимальную стратегию управления параметрами рассматриваемого предприятия и комплекса предприятий-соисполнителей проектов (КСИ) возможно эмпирическим и формализованным путем. Первый из них основывается на личном опыте руководителей и чаще всего применяется в узкой предметной области, второй является более унифицированным и позволяет формулировать и решать типовые задачи в обобщенном виде. Многолетний опыт использования формализованных методов показал, что при разработке

долгосрочных мероприятий предприятия такие методы могут быть применены только для выработки приблизительных (оценочных) прогнозов, что обусловлено действием в долгосрочной перспективе довольно большого числа факторов, предположить наличие и силу влияния которых заранее крайне трудно. Но при разработке краткосрочных мероприятий и их планировании формализованные методы могут успешно применяться и способствовать существенному повышению обоснованности принимаемых решений, точности планирования и, как следствие, значительной экономии затрат труда, средств и времени, а также повышению рентабельности деятельности. Эти положения в полной мере справедливы для управления параметрами предприятий при совместном выполнении ими проектов, особенно в условиях мультипроектной среды.

Еще одна причина повышения интереса руководителей различного уровня и исследователей к проблеме оптимизации управления сложными организационно-экономическими системами связана с возможностью использования математики, логистики, компьютерных технологий и методов моделирования на современном уровне их развития для снижения издержек проектирования и производства, внедрения в практику научно обоснованных методов управления комплексами проектов. Особенно актуальны данные вопросы для крупных территориально распределенных национальных и международных корпораций.

Можно выделить два основных класса задач, решаемых при формализованном моделировании процессов ИОС. Первый класс – это задачи оценивания эффективности способов достижения целей ИОС и рациональности мероприятий, осуществляемых для этого ее подразделениями, а также расхода ресурсов, времени и т.п. Второй класс задач – оптимизация состава и структуры коллектива исполнителей работ, количества и качества ресурсов, выработка рекомендаций по рациональному использованию труда людей и ресурсов для достижения целей, разработка оптимальной стратегии развития ИОС. Комплексная формализованная модель деятельности ИОС – это всегда сочетание

задач обоих классов.

Роль сотрудников органа управления ИОС достаточно велика на всех этапах создания модели. Активное и непосредственное участие их начинается с момента разработки задания на моделирование. В ходе этой работы решаются все вопросы, связанные с отражением в задании всех необходимых положений теории управления, особенностей рыночных условий, взаимодействия подразделений, технологий бизнес-процессов, которые должны быть реализованы в модели ИОС. Участие сотрудников органа управления необходимо на этапе формулирования допущений и ограничений в создаваемой модели, обусловленных формализацией реальных процессов. Определенные допущения всегда неизбежны как переход от описательной модели, представленной в задании на моделирование, к ее формальному аналогу, требующему четких правил соответствия формальных объектов реальным элементам моделируемых процессов. Правила соответствия должны согласовываться с сотрудниками органов управления ИОС – будущими потребителями модели. На этом этапе решаются два важных вопроса моделирования: документальная фиксация всех формальных категорий будущей модели и освоение будущими потребителями идеологии модели.

На этапе отработки формализованных алгоритмов модели участие сотрудников органов управления ИОС, по сложившемуся опыту, обычно незначительно. Оно сводится к согласованию вопросов о структуре модели и контрольных точках алгоритмов, в которых необходимо вмешательство лица, принимающего решение, (ЛПР) в процесс моделирования. Более активная роль сотрудников органов управления должна быть на этапах отработки общей технологии реализации модели. Здесь главный вопрос – отработка всех процедур и форм взаимодействия ЛПР с моделью. На этом же этапе должны осуществляться постоянные консультации со специалистами того органа управления ИОС, в котором будет использоваться будущая модель. Цель этих консультаций – установить все требования и характеристики среды функционирования модели: нормативные документы, технологию, структуру компонентов, специфические

особенности диалога с ЛПР и формы представления результатов моделирования.

Основная область применения таких моделей – повышение качества и эффективности деятельности сотрудников органов управления ИОС. Любые модели предназначены прежде всего для активизации творческой мысли руководителей, роста их профессиональной квалификации без использования «метода проб и ошибок», повышения обоснованности управленческих решений. Использование моделей при рациональном их применении ЛПР способствует появлению новых идей в управлении и критической оценке установившихся взглядов.

Следует иметь четкое представление о том, что все средства моделирования выполняют обеспечивающие функции. Они призваны облегчать процессы управления в части, касающейся реализации функций анализа, обобщения и подготовки рекомендаций. Но вся полнота функций управления реальной ИОС принадлежит руководителям соответствующих рангов. Вне зависимости от уровня развития средств моделирования главная роль в управлении ИОС в ходе подготовки и проведения долгосрочных и краткосрочных мероприятий принадлежит ее руководителям. Любые системы моделирования реализуют рутинные технологические функции обработки информации, высвобождая интеллектуальный потенциал ЛПР и других сотрудников органов управления для творческой деятельности при решении стратегических и текущих задач ИОС.

Разделение функций обработки информации на технологические и творческие достаточно условно. Четко разграничить эти области невозможно. Многое зависит от соответствия параметров моделей сложившимся принципам управления. По мере развития средств и технологий моделирования расширяются возможности использования моделей в управленческой деятельности, постепенно проникая в сферы, ранее считавшиеся творческими. Однако это не приводит к сокращению области творческой активности ЛПР в вопросах управления ИОС. Напротив, принимая во внимание все больший объем функций ЛПР по переработке информации, все увеличивающуюся сложность и многоплановость

процессов управления ИОС, совершенствование средств моделирования открывает для руководителя новые области творческой деятельности, на которые у него ранее не хватало времени или возможностей.

Формализованные модели или другие средства поддержки принятия управленческих решений не могут заменить опыт и организаторские способности руководителей любых уровней. Роль моделирующих средств – облегчить и интенсифицировать процесс обработки больших объемов информации, провести их предварительный качественно-количественный анализ, оценить эффективность возможных вариантов стратегии развития ИОС, подготовить рекомендации по распределению ресурсов. Главная цель использования моделей – обеспечить творческий труд руководителей, предоставить им большее время на решение ключевых вопросов управления ИОС в реально складывающейся конъюнктурной ситуации, на поиск того «единственного» решения, которое ведет к успешному достижению цели ИОС.

Периодическое оценивание и прогнозирование состояния ИОС при выполнении долговременного проекта в рамках государственного контракта позволяет принимать своевременные меры по предотвращению отрицательных событий и тем самым существенно повышает вероятность достижения ИОС своих целей, а также гарантированности успешной реализации госконтракта. Большинство таких ИОС и составляющих их предприятий с позиции управления могут рассматриваться как мультипроектные организационно-экономические системы, существующие для достижения имеющихся целей и функционирующие по определенным законам. Под прогнозированием состояния ИОС будем понимать научно обоснованное предсказание значений совокупности параметров, определяющих ее состояние в некоторый предстоящий момент времени.

На сегодняшний день разработано большое число методов прогнозирования состояния сложных систем вообще и экономических систем в частности. По способу получения исходных данных для прогнозирования традиционно принято различать методы индивидуального прогнозирования на основе данных контроля

состояния конкретной системы и методы группового прогнозирования, осуществляемого на основании результатов контроля состояния группы одинаковых систем. Групповые методы позволяют оценить возможности каждой конкретного предприятия лишь в среднем. На практике количество данных о характеристиках похожих предприятий является ограниченным (при этом многие наблюдения неоднородны), и оценить средние значения показателей предприятий исследуемой ИОС при групповом прогнозировании часто не представляется возможным. Соответственно применение индивидуальных методов прогнозирования при анализе во многом уникальных ИОС, реализующих проекты по государственным контрактам, является более целесообразным, так как позволяет оценить возможности и принять решение о рациональном варианте функционирования.

Во многих научных работах в основу классификации методов прогнозирования положен используемый математический аппарат, и все методы подразделяются на аналитические и вероятностные. При аналитическом прогнозировании решается задача наилучшего аналитического выражения тенденции изменения выходного параметра, для того чтобы по известным его значениям в дискретные моменты времени предсказать значение этого параметра в предстоящий момент времени. Прогнозирование состояния ИОС в такой постановке задачи может быть осуществлено с помощью различных экстраполяционных и статистических методов. При вероятностном прогнозировании обычно определяется вероятность выхода значений выбранного параметра системы за установленные границы в предстоящий момент времени при известных значениях этого параметра и его функции распределения в предыдущие моменты времени на интервале наблюдения.

Адаптивное прогнозирование предполагает построение моделей, которые могут подстраиваться под отдельные изменения условий и фактическую ценность исходных данных. На каждом шаге моделирования они оценивают расхождение между спрогнозированным результатом и фактическим значением показателя и



используют при переходе в следующее состояние, затем делается прогноз на следующий момент времени, и процесс повторяется. Такие модели достаточно гибки, однако они не унифицированы и применимы только для отдельных типов данных. Соответственно необходимо выделять и закладывать в модель те адаптивные свойства, которых достаточно для отслеживания реального бизнес-процесса ИОС с заданной точностью [59, 120, с. 48-125, 210-236; 212, 213].

Во многих известных методах прогнозируемый параметр является функцией одной независимой переменной, чаще всего времени. Анализ методов одномерного прогнозирования состояния систем показывает, что им присуща сравнительно невысокая точность, обычно обусловленная неучетом важных зависимостей выходных параметров исследуемой системы от параметров ее подсистем и влияния внешних воздействий. Повысить точность и увеличить интервал прогнозирования состояния рассматриваемой ИОС при выполнении долговременного проекта позволяют методы многомерного прогнозирования, в основе которых лежат аналитические многомерные модели выходных параметров системы [128, с. 53-191; 147, с. 196-349].

Точность прогнозирования определяется степенью близости моделируемого и реального состояний ИОС в предстоящий момент времени. Обычно на точность оказывают влияние следующие основные факторы: адекватность модели реально протекающим процессам; длительность интервала прогнозирования; скорости изменения состояния системы и ее внутренних параметров; величины возмущающих воздействий, не включенных в число внутренних параметров модели.

Многомерное прогнозирование дает возможность оценить изменение выходных параметров ИОС в будущий момент времени с учетом изменения внутренних параметров и воздействия на нее отрицательных факторов. Учет дополнительной информации о параметрах ИОС и воздействии на нее условий развития позволяет повысить точность прогнозирования и гарантированность выполнения государственного контракта. Таким образом, для повышения

вероятности достижения ИОС своих целей необходимо использовать и аналитические, и вероятностные методы прогнозирования ее состояния, основанные на многомерных подходах и позволяющие по известным процессам изменения внутренних параметров системы предсказывать изменение ее выходных параметров.

Учитывая, что одной из основных целей функционирования ИОС при выполнении проектов является получение результатов осуществляемых ею бизнес-процессов, немаловажным является обеспечение устойчивости последних. Под устойчивостью таких процессов (УБП) будем понимать способность ИОС выполнять эти процессы с необходимым качеством в условиях воздействия индифферентных и целенаправленных факторов рыночных условий. Предварительное моделирование деятельности ИОС, реализующих проекты по государственным контрактам, как организационно-экономических систем является достаточно эффективным инструментом их исследования, особенно востребованным при необходимости количественного оценивания устойчивости протекающих в них бизнес-процессов.

Еще аспект. В любой ИОС система контроля ее состояния играет роль звена обратной связи между руководством и собственно ИОС как объектом управления, с помощью которого осуществляется наблюдение и интерпретация ее состояния. С позиции контроля в ИОС можно выделить три уровня иерархии, на каждом из них в понятие «экономическое состояние» вкладывается различный смысл. На низшем уровне под состоянием подсистем ИОС понимается совокупность значений параметров  $\vec{x} \in X$ , наблюдение за которыми осуществляется с помощью системы сбора информации. Такие параметры могут быть как непрерывными, так и дискретными, а модели подсистем ИОС могут строиться как логико-динамические системы или системы с переменной структурой [184, 228, 235, 241, с. 120-143]. Эти модели в виде уравнений для наблюдаемых и ненаблюдаемых параметров  $\vec{x}$  достаточно детально описывают деятельность ИОС как совокупности предприятий, но при этом достаточно сложны и учитывают влияние

ограниченного количества факторов. Они могут использоваться для моделирования отдельных видов «типовой» деятельности ИОС, но при осуществлении сложных многоплановых проектов их непосредственное применение затруднительно.

На следующем иерархическом уровне мультипроектная ИОС в целом рассматривается как объект наблюдения и контроля, ее состояние характеризуется набором дискретных признаков  $\vec{x}^n \in X^n$ , сформированных из параметров  $\vec{x}$  по принципу попадания или непадания в области допустимых значений показателей. Множество состояний  $X^n$  второго уровня иерархии содержит конечное число элементов и соотносится с множеством состояний первого уровня  $X$ . Моделью ИОС является тот или иной вариант вероятностной конечной динамической системы [212, 213]. Придание функции переходов из одного состояния в другое в модели ИОС свойств случайности необходимо для описания непредсказуемости изменений значений признаков, обусловленных активным ее поведением в меняющейся среде и возникающими иногда «нецелевыми» состояниями.

На третьем иерархическом уровне в понятие «состояние ИОС» как объекта наблюдения вкладывается такой смысл, что знание ее текущего состояния позволяет органу управления быстро формировать необходимое управляющее воздействие на нее. Параметрами состояния  $\vec{a}$  в этом случае являются экономико-организационные состояния предприятий и ИОС в целом, перечень выполняемых и запланированных динамических мероприятий и другие обобщенные результаты текущего анализа. На этом уровне модель ИОС обычно строится в виде конечной динамической системы с возможными нарушениями [108, с. 22-56; 110, с. 137-220; 112]. Соответственно технологию оценивания ее текущего состояния целесообразно строить последовательно в направлении от первого уровня к третьему.

В современной экономике крупные предприятия, реализующие проекты по государственным контрактам, для успешного выполнения большинства проектов

должны активно взаимодействовать с другими (внешними) организациями, и гибкое управление такими совокупностями является неотъемлемой частью процесса их совместного функционирования. При осуществлении продолжительных проектов исследуемое предприятие, как головной исполнитель (ГИ), и комплекс предприятий – соисполнителей (КСИ), взаимодействующий с ним и фактически обеспечивающий его деятельность, представляют собой единую совокупность организационно-экономических систем, функционирующих для достижения общих целей. На практике указанные системы часто относятся к разным секторам экономики и распределены территориально, в таких случаях актуальными становятся проблемы обоснования решений по управлению их взаимодействием и согласованностью основных параметров при проектировании и в процессе функционирования. Для результативной и бесперебойной деятельности предприятия – головного исполнителя в условиях множества проектов необходимо управление его параметрами, характеристиками всего КСИ и его отдельных предприятий – соисполнителей (СИ), а также структурами и форматами их взаимодействия.

С позиции исследуемого предприятия КСИ необходим для обеспечения процессов его деятельности и характеризуется принципами построения, структурой, функциональными связями, территориальным размещением основных структурных подразделений, а также принятой стратегией управления. При выполнении проектов они могут взаимодействовать с ГИ на основе партнерских принципов или специально создаваться для его обслуживания. В известных системах управления такими совокупностями в основном применяются две стратегии: периодическое и непрерывное взаимодействие. В формализованном виде эти подходы хорошо исследованы применительно к обеспечению ресурсами, созданию и пополнению их запасов [41, с. 62-154; 93, с. 36-151; 119, с. 188-296, 500-686; 202, с. 198-257, 533-554; 236, с. 66-194], однако для обобщенного описания взаимодействия предприятий как экономических систем при совместном выполнении ими проектов – крайне недостаточно. В

терминах теории массового обслуживания при периодическом взаимодействии обычно устанавливается методика, с помощью которой определяется время подачи заявки и ее объем, при непрерывном – очередная заявка посылается при наступлении ключевого события (например, при переходе технологического элемента в нефункциональное состояние, появлении на предприятии нового проекта или исчерпании ресурсов). Цель обоснования решений по управлению состоит в оптимизации или обеспечении заданных экономических, технических, технологических, временных и иных характеристик ИОС, минимизации издержек ее функционирования.

Управление может осуществляться выбором времени подачи заявок, расчетом объема заявок, а также изменением параметров КСИ, влияющих на характеристики бизнес-процессов обслуживаемого ГИ. Считается, что в общем случае применение стратегии периодического взаимодействия позволяет использовать большинство средств и способов управления, и в этом плане указанная стратегия является достаточно гибкой. Возможности управления при непрерывном взаимодействии предприятий более ограничены, так как при такой стратегии невозможно управлять временем подачи заявки и ее объемом, но управляющие воздействия могут создаваться путем изменения параметров самого КСИ. В отдельных случаях возможно использование прогнозирующих методик для установления времен подачи заявок, однако они применимы, только если имеются сведения об интенсивности наступления ключевых событий. Соответственно использование таких методик в проектах невозможно без знания параметров комплекса предприятий – соисполнителей, так как упреждение подачи заявки влияет на характеристики бизнес-процессов головного исполнителя в зависимости от известных параметров предприятий КСИ.

Управление параметрами предприятий – соисполнителей проекта при непрерывной схеме взаимодействия с ГИ является одним из основных средств обеспечения заданных характеристик бизнес-процессов последнего. Хотя непрерывное взаимодействие с позиции управления обладает более

ограниченными возможностями по сравнению с периодическим, оно успешно используется в практической деятельности предприятий при совместном выполнении ими длительных проектов в рамках государственных контрактов. Например, таким путем решается большой класс задач по управлению созданием, модернизацией и восстановлением крупных производственно-технологических комплексов.

Из всех параметров КСИ наиболее существенное влияние на характеристики бизнес-процессов головного исполнителя оказывает интенсивность обслуживания. Воздействуя на нее, можно добиваться заданных характеристик этих процессов или выполнять оптимизацию их параметров с учетом установленных ограничений. Указанная интенсивность определяется структурой системы, применяемыми технологиями и техническим обеспечением проектных работ, механизмами взаимодействия предприятий и подразделений, штатным составом сотрудников, их профессиональной квалификацией и другими факторами. Соответственно оперативное влияние на многие параметры с целью изменения этой интенсивности затруднительно, целесообразнее управлять интенсивностью обслуживания за счет, например, совершенствования технологий процессов и технического обеспечения работ. Весомым резервом в этом плане является повышение профессиональной квалификации персонала, однако этот процесс плохо поддается планированию на непродолжительных временных интервалах, которыми органы управления располагают на практике для повышения интенсивности обслуживания. Изменение же структуры КСИ, как правило, связано с существенной перестройкой технологий его функционирования и также не может рассматриваться как повседневное средство управления этой интенсивностью в процессе осуществления проектов. Однако, когда все способы повышения интенсивности при заданной структуре КСИ исчерпаны, и сама структура сдерживает ее увеличение или, если необходимо существенное изменение характеристик бизнес-процессов головного исполнителя, то трансформация указанной структуры является наилучшим

решением.

В силу вышеизложенного управление параметрами предприятия – головного исполнителя при непрерывной схеме взаимодействия является инерционным, и для его обоснования решений по его осуществлению и совершенствованию необходимо с разных сторон анализировать КСИ, чтобы в соответствии со структурой и интенсивностью обслуживания в отдельных его звеньях оценивать характеристики проектных процессов ГИ и направленно влиять на контролируемые параметры. Анализ известных схем управления различными экономическими системами позволяет сделать вывод, что взаимодействие ГИ и КСИ выполняется обычно по так называемым каналам обеспечения, особенностью которых является поэтапная реализация заявки, фактически эти этапы и образуют последовательные цепи (каналы). Такая модель является удобной для анализа схемой КСИ и может быть использована для исследования и совершенствования его бизнес-процессов.

Практически любая операция по удовлетворению заявки выполняется обслуживающими подразделениями КСИ, состоящими из ряда отдельных элементов и связанными в определенную структуру. Каждое подразделение, в свою очередь, может иметь различную внутреннюю структуру, в самом простейшем случае – это последовательно работающие обслуживающие подсистемы, при необходимости они могут образовывать параллельные каналы или более сложные структуры. Вместе такие подсистемы образуют канал взаимодействия КСИ и ГИ, по которому выполняется обеспечение последнего необходимым видом потребностей в соответствии с заявкой, поданной при наступлении ключевого события в ходе выполнения проекта или изменении условий его реализации. Фактически рассматриваемое предприятие – головной исполнитель и КСИ представляют собой совокупность экономических систем, которая создается с целью обеспечения заданных характеристик бизнес-процессов ГИ, и для успешной и результативной деятельности такой совокупности параметры ее структурных элементов должны быть как можно лучше согласованы

между собой.

Применительно к организации экономических отношений между ГИ и КСИ известные теории позволяют обосновывать решения по расчету оптимального размера поставок и моментов подачи заявок в типовых ситуациях, причем оптимальность поставки понимается в смысле уменьшения размеров затрат на ту или иную производственную, технологическую или торговую операцию при выбранной стратегии управления. Практически для многих ситуаций может быть предложено достаточно большое число стратегий управления, но из-за различных трудностей выполнить оптимизацию их множества удастся не всегда, в лучшем случае оказывается возможным исследовать небольшое число стратегий и из них выбрать наиболее предпочтительную. В опубликованных научных трудах встречается относительно немного сведений о результатах использования тех или иных моделей в управлении параметрами нескольких реальных экономических систем при совместном выполнении ими проектов. В основном примеры относятся к сфере торговой деятельности и в существенно меньшей мере – к управлению производством, выполнению проектов или научных исследований [9, 53, 114, 115, 155, 164]. В известных результатах применения моделей обычно содержатся очень осторожные утверждения о сокращении издержек или росте прибылей, так как подобные оценки весьма затруднительны и, по мнению многих экспертов, преимущества научной системы управления крупными проектами могут не проявиться в течение длительного времени.

Некоторые вопросы совершенствования управления производственными процессами ИОС, в частности управления ресурсами, исследовались ранее в рамках теорий надежности и эксплуатации сложных систем и решались в более узкой постановке. Так, например, в отдельных работах выполнялось определение необходимого количества резервных элементов для сложных систем на основании средней интенсивности отказов рассматриваемой совокупности элементов, в других – обеспечения заданной или максимальной вероятности бесперебойного функционирования системы в целом с учетом имеющихся ограничений, в третьих



– планирования применительно к рыночным формам хозяйствования [65, 127, 103, 158, 159]. Однако практически не затрагивались вопросы анализа и синтеза систем управления внешними предприятиями как экономическими системами, взаимодействующими с рассматриваемым предприятием, недостаточно исследовались стратегии управления параметрами совокупностей систем при выполнении совместных проектов по принципу «ГИ – КСИ». Модели гарантированного обеспечения бизнес-процессов предприятия – головного исполнителя с помощью КСИ в условиях мультипроектной среды исследовались мало, общенаучные вопросы обоснования подобных технологий частично анализировались в работах [128, с. 53-148; 136, 146, с. 38-59].

С развитием теории надежности в области резервирования структурных элементов некоторые ее положения стали использоваться для определения целесообразной структуры производственного оборудования в системах «без восстановления» и «с восстановлением». Определение оптимальных вариантов при одном ограничении традиционно выполнялось методами динамического программирования с целью достижения в течение каждого периода заданного уровня надежности системы в целом. Ряд задач по определению необходимого количества резервных элементов решался методами теории массового обслуживания, подобные системы в основном изучались с позиции установления оптимального количества резерва при заданной структуре обслуживающих подразделений с целью минимизации расходов на функционирование [8, 65, 91, 127]. Методами теории надежности выполнялась разработка оптимальных способов резервирования в сложных системах с позиции обеспечения заданной надежности при минимальных затратах, были сформулированы и решены задачи определения оптимального числа резервных элементов систем при различных ограничениях, однако в большинстве научных трудов рассмотрены решения таких задач при небольшом количестве ограничений, что нехарактерно для экономической области вообще и управления совместным выполнением проектов несколькими предприятиями в частности.

Значительная часть вопросов, рассматриваемых во многих известных работах, являются частными случаями названной проблемы и сводятся в основном к определению уровня обеспеченности какими-либо ресурсами при минимальном размере капиталовложений. При построении таких моделей предусматривается возможность применения математического аппарата для принятия решений или выработки рекомендаций, причем указанные модели, как правило, используются в основном для определения объема поставки и времени подачи заявки на обслуживание. Однако следует отметить, что полученные в опубликованных работах результаты не всегда могут использоваться для анализа и синтеза комплексных систем управления параметрами взаимодействующих ГИ и КСИ в обобщенном виде, поскольку отдельные разработанные критерии эффективности их функционирования пригодны только для узких предметных областей. Также в научной литературе недостаточно внимания уделяется анализу отдельных элементов КСИ, что не позволяет гибко управлять его структурой и осуществлять целенаправленное совершенствование. В известных стратегиях чаще всего изучаются вопросы оценивания качества обеспечения предприятия (например, системы поставок) и недостаточно прорабатываются способы управления параметрами его бизнес-процессов посредством изменения характеристик и структуры КСИ.

Обзор существующих процедур обслуживания ГИ при совместном с внешними предприятиями выполнении проектов, а также возможных принципов развития подобных совокупностей систем показывает, что многие вопросы, касающиеся их анализа и синтеза, еще мало исследованы. К числу недостаточно разработанных проблем в первую очередь следует отнести анализ и синтез целесообразных структур таких систем при выполнении множества заявок, а также взаимную адаптацию параметров ГИ и СИ при совместном выполнении долговременных проектов в рамках государственного контракта. Анализ возможных технологий работы функциональных подсистем КСИ при различных видах взаимодействия с головным исполнителем позволяет заключить, что

практически во всех случаях выполнение заявок происходит поэтапно, при этом основные функциональные узлы КСИ объединяются в последовательные цепи, по которым проходит заявка на обслуживание ГИ, прежде чем она будет удовлетворена, и число таких этапов обычно может быть значительным. Следует отметить, что указанные последовательные цепи могут образовывать и параллельные участки, в любой из которых поступают заявки на обслуживание анализируемого предприятия, структура и продолжительность таких каналов могут быть различными в зависимости от характера заявок, целей и технологий функционирования комплекса предприятий – соисполнителей проектов в рамках госконтрактов.

Для того чтобы анализировать и синтезировать систему управления КСИ, описываемую подобными моделями, необходимо в первую очередь установить зависимости между ее характеристиками и параметрами ГИ, которые бы позволили определять так называемые локальные потенциалы головного исполнителя относительно заданных структурных элементов КСИ. Такие коэффициенты косвенно характеризуют способность рассматриваемого предприятия достигать имеющиеся конечные цели деятельности и определяются обычно вероятностными методами. Соотношения, связывающие параметры ГИ и взаимодействующего с ним при выполнении проектов комплекса предприятий – соисполнителей, позволяют уточнять фактические потребности головного исполнителя, оценивать целесообразность структуры такой совокупности систем и оптимальность значений их параметров. Кроме того, они могут быть использованы для определения характеристик КСИ по заданным внутренней структуре и параметрам головного исполнителя.

В связи с вышеизложенным актуальными являются: формулировка в обобщенном виде основных типовых задач управления параметрами предприятия – головного исполнителя при выполнении проектов совместно с внешними предприятиями в рамках государственного контракта; выработка обобщенных, желательно формализованных, подходов к анализу и синтезу исследуемой ГИ и

обслуживающих предприятий – соисполнителей; разработка методик расчета их количественных характеристик на основе предъявляемых требований и имеющихся ограничений; проработка вопросов применимости тех или иных стратегий функционирования КСИ для различных совокупностей проектов, а также принципов взаимодействия отдельных компонентов таких систем между собой и с ГИ.

## **1.2. Обзор результатов исследований**

Применение математических методов и информационных технологий для анализа ИОС является необходимой составляющей многих исследований. Однако в таких системах объекты наблюдения обычно оказываются неоднородными, и по этой причине не все математические способы их обработки применимы в полной мере. Кроме того, указанные объекты являются почти всегда существенно многофакторными, и традиционно принято по-отдельности анализировать каждый из них (по показателям), а только затем экспертным путем сводить вместе и интерпретировать. Такой подход, с одной стороны, огрубляет анализ, т. к. все факторы в реальных системах взаимосвязаны. С другой стороны, когда даже немного похожие объекты наблюдения разделяются на «почти независимые» с позиции процесса исследования факторы, неоднородность объектов фактически еще более усиливается. В итоге его результаты часто становятся поверхностными и условно пригодными для полноценного прогнозирования развития рассматриваемых систем. Количество доступной эксперту информации в настоящее время обычно очень большое, естественным является автоматизация первичных этапов исследований и применение при этом математических методов. Соответственно формализованные методы востребованы в этой области, и остро стоит проблема обеспечения корректности их применения в сочетании со снижением потерь информации при обработке и обобщении.

В России и в мире опубликовано большое количество научных трудов, посвященных проблемам применения формализованных методов в социально-экономических исследованиях. В частности, в научных работах И.И. Елисеевой,

С.В. Курьшевой, Е.Ф. Мосина, В.П. Пересады, Ю.В. Раскиной, К.С. Тротт, Ф.Г. Мухаметзяновой [70-74] представлены методологические и инструментальные подходы к сбору и обработке статистической информации о сложных экономических системах. Рассмотрены показатели качества жизни населения и обновленная методология определения его денежных доходов. Проанализированы возможности расчета многомерных показателей бедности с использованием монетарных и немонетарных индикаторов, выделены их преимущества и недостатки. Обоснована возможность использования методов теории вероятностей при анализе макроэкономических данных, показана применимость математического аппарата фиктивных переменных для исследования взаимного влияния экономических и социальных показателей. Описана технология выявления методами многомерного кластерного анализа регионов-лидеров как центров возможных скачков развития национальной экономики.

Научные труды В.В. Трофимова, Е.В. Трофимовой [196-199] посвящены исследованию проблем разработки и внедрения информационных технологий в экономическую деятельность. Предложен концептуальный подход к анализу развития этих технологий, оценены тенденции возрастания объема информации, необходимой для принятия решений. Рассмотрены вопросы моделирования промышленных и иных объектов в контексте развития сферы инноваций в России, предложена система положений по описанию процессов, возникающих при реализации проектов. Выполнено исследование подходов к применению «искусственного интеллекта» при модернизации и адаптации бизнес-процессов на основе анализа больших объемов информации.

В публикациях Н.В. Буровой [30, 31] проанализированы актуальные вопросы внедрения статистических методов в практику деятельности руководителей. Обоснована целесообразность модельных исследований при принятии решений, показана востребованность соответствующего инструментария. Предложена система показателей для оценивания

функционирования средних и малых предприятий, обозначены направления повышения их активности на рынке. Труды В.А. Яворского, А.В. Игнатъевой, М.М. Максимцова, В.М. Кожухара [83, с. 35-144; 100, с. 61-127; 240, с. 9-23] посвящены проблемам организации планирования и проведения мониторинга параметров систем и обработке результатов.

Неоднородные экономические системы анализируются в статьях Ю.К. Бгане, А.В. Болика, Н.А. Тупихи, Л.В. Хараджяна, З.В. Хетагуровой, Н.Б. Читанава [14, 15]. Выделены их роль и место как категории систем, описаны отдельные свойства, сделаны предположения об особенностях эволюции. Выявлено, что в таких системах помимо неоднородности структурных частей наблюдается еще и неоднородность целей их деятельности, что обычно затрудняет управление. Проанализировано социально-экономическое устройство России, отмечена неоднородность ее как системы, что часто является признаком скрытого кризисного состояния. Обоснована целесообразность перехода к устойчивому экономическому развитию с одновременным снижением административной составляющей в управлении. Работа Г.А. Щербакова [237] посвящена исследованию проявлений экономических законов в околокризисные периоды применительно к странам и к мировой экономике. Выделены существенные отличия последствий разных кризисов, сделано предположение, что эти различия обусловлены влиянием неоднородных экономических процессов. Для анализа сущности происходящих событий рекомендовано использовать теоретические положения, основные идеи которых были предложены Н.Д. Кондратьевым.

В научных трудах Г.М. Фридмана, М.Г. Лапиной [204, 205, 256] исследованы математические закономерности, описывающие спрос на рынке. В частности, сделан вывод, что применительно к планированию пассажирских перевозок лучше использовать не традиционно применяемые эвристические методы, а статистические. Рекомендовано при моделировании спроса использовать также метод максимального правдоподобия. Для построения подобных моделей предложены распределения случайной величины на основе

нормального и гамма-распределений, рекомендованы области их практического применения. В статьях В.Ф. Минакова, А.В. Шуваева, О.С. Лобанова [133, 134] рассмотрены проблемные вопросы развития «интеллектуальных» технологий и их роли в жизни общества, отмечены их отличительные признаки. Выделены закономерности взаимовлияния технологического уклада национальной экономики и уровня коммерциализации инноваций, выявлены стимулирующие и ограничивающие факторы.

В статьях В.В. Бузырева, Л.А. Головановой, В.Г. Полякова [25, 52] выполнен сопоставительный анализ методов оценивания привлекательности регионов для инвестиций, выявлена недостаточная при практическом применении их унифицированность. Отмечено, что исходные данные для большинства подобных расчетов являются неоднородными по структуре и размерности, что еще более огрубляет результаты исследований. Рассмотрены проблемы учета и анализа потенциала энергосбережения отрасли и/или региона, проанализированы основные методы его оценивания. Предложен подход к комплексному анализу и прогнозированию этого потенциала, отмечена неоднородность регионов в плане условий использования энергетических ресурсов. Рекомендовано учитывать факторные особенности реализации этого потенциала региона при экономическом планировании. В работах А.А. Ермоленко, В.Г. Ланового [76, 117] анализируются подходы к классификации государств, выделению их типовых черт, исследованию национальных хозяйственных систем на основе теории интегрированных субъектов. Сделана попытка оценить фактический потенциал современной российской экономики, рекомендовано использование для подобного анализа положений системного подхода, экономической теории, юриспруденции, концепции неоднородных экономических систем.

В публикациях Р. Досмуханбетовой, М. Ежебекова, А. Настанского, Х.Г. Штрова [66, 141] рассмотрены подходы к составлению эконометрических моделей коинтегральной регрессии применительно к макроэкономическим показателям Казахстана, выполнена проверка их адекватности. Исследовано

влияние объема запасов и качества природных ресурсов Казахстана и мировых цен на нефть на экономику страны. Проанализированы экономические механизмы влияния цен на недвижимость и стоимостей акций на уровни инвестиционной активности и потребления. Для исследования подобных систем предложены коинтеграционные соотношения в рамках моделей коррекции ошибок. Отмечено возрастание заинтересованности в изменениях цен активов, в т. ч. у центробанков государств. В работе Е.Д. Копновой, Л.А. Родионовой [109] приведены результаты исследования параметров продовольственной безопасности ряда государств Африки. Предложены подходы по дополнению традиционно используемых в этой предметной области методов описательной статистики коинтеграционным анализом. Проведены соответствующие практические расчеты взаимовлияния параметров, выполнена их интерпретация.

В работе К.А. Ивановой, И.Л. Савостьяновой [81] выполнено оценивание коинтеграционного соотношения валютного курса рубля и цен на нефть, выявлено наличие такой коинтеграции, установлена стационарность остатков регрессии. В статье Ал.Ю. Рогачева, Ан.Ю. Рогачева [170] применительно к финансовому рынку рассмотрен способ анализа нестационарных рядов. На основе метода С. Йохансена предложены подходы к определению коинтеграционного пространства и составлению функциональной зависимости. Подчеркнуто, что такой способ является более результативным по сравнению с известными методами Г. Бокса – Дж. Дженкинса и Р. Энгла – К. Грейнджера.

В публикациях Д.А. Кирюхина, В.В. Стрижова, А.В. Субботенко, Г.Д. Петрухина [190, 191] представлены подходы к осуществлению многоклассового распознавания объектов. Предложено применение для этих целей ковариационной матрицы, рекомендованы приемы определения весовых коэффициентов классификаторов. Представлены способы выделения факторов и выбора объектов при восстановлении регрессионной модели. Метод базируется на составлении и анализе ковариационной матрицы параметров модели с последующим распределением объектов наблюдения по подмножествам. В



статьях А.А. Зайцева, А.А. Токмаковой [78, 79] проанализирована устойчивость оценок ковариационной матрицы характеристик моделей регрессии, оценено влияние качества признаков на эти оценки. Представлены подходы к оптимизации гиперпараметров моделей регрессии и использованию оценок таких параметров для отбора факторов. Проведены эмпирическое исследование и моделирование, рассмотрены подходы к формированию расширенного вектора характеристик модели.

В работах М.О. Колбанева, Н.А. Верзун, И.Л. Коршунова, И.М. Левкина [104, 105] рассмотрены вопросы выявления и классификации экономических угроз, обусловленных несанкционированным использованием и модификацией информационных ресурсов. Представлены возможные схемы создания таких угроз и способы оказания влияния на руководителей. Проанализированы проблемы идентификации объектов в цифровой экономике, в том числе в логистике, выделены подходы к такой идентификации в реальном и виртуальном пространствах. В статьях И.В. Ильина, А.И. Левиной, А.С. Дубгорн, С.Г. Светунькова, С.Е. Калязиной, И.В. Багаевой [84, 85] проанализированы тенденции цифровизации бизнеса в России и сопоставлены с аналогичными мировыми. Выделены предполагаемые перспективные направления развития этой сферы, оценено влияние ее параметров на управленческие процессы. Рассмотрены подходы к совершенствованию информационной архитектуры предприятий, предложены модели развития этих архитектур с учетом внешних требований.

В работах В.В. Ковалева, Вит.В. Ковалева, Е.А. Вороновой, Н.А. Львовой U. Götze, J. Bloech [97, 98, 99, 121, 122, 258] рассмотрены вопросы управления финансовой сферой компании, совершенствования ее финансовой модели. Проанализирована история развития соответствующих методов, приведены критерии анализа инвестиционных проектов, представлены способы моделирования отдельных финансовых параметров. Выполнена классификация методологических подходов к исследованию финансового состояния лизинговых компаний, предложен инструментарий для его оценивания. В публикациях

М.А. Алексеева, В.В. Глинского, Л.К. Серга, М.Л. Пятова [4, 167] исследованы изменения поведения участников социально-экономических отношений вследствие развития и внедрения в повседневность цифровых технологий в контексте возможного оказания влияния путем искажения отчетности компаний. Сформулированы потенциальные направления таких искажений, выделены соответствующие группы пользователей отчетности. На основе выявленных многомодальностей рядов распределений финансовых показателей в отчетности компаний сделано предположение о присутствии систематических погрешностей при регистрации данных.

Вопросам разработки инвестиционной политики на разных уровнях управления экономическими системами посвящены труды А.В. Бабкина, В.А. Барышева, В.М. Гильмундинова, О.В. Доброгорской [12, 50, 64], в работе А.Д. Цвиркуна, В.К. Акинфиева [210] рассмотрен инструментарий для инвестиционного анализа. Проблемы институционального моделирования и оценивания изменений, когнитивные подходы к разработке моделей в экономике рассмотрены в статьях О.С. Сухарева, И.В. Соминой [187, 192, 193]. В работах С.В. Алексашенко, Д.В. Мирошниченко, С.В. Смирнова, А.В. Чернявского, Н.Н. Иванова, В.В. Волостных, Т.С. Иванкович, А.В. Иванкович, В.А. Плотникова, М.В. Сулеймановой представлены результаты исследований опыта зарубежных стран по формированию рыночных укладов в экономике, подходов к обеспечению устойчивого развития. Рассмотрены модели продовольственного обеспечения населения всех социальных групп и инфраструктурные аспекты управления развитием сферы услуг [3, 46, 80, 161]. В публикации С.В. Кузнецова, Е.А. Горина проанализированы существующие проблемы и подходы к совершенствованию экономической системы Северо-Запада России, сделан вывод о необходимости и возможности эффективного взаимодействия его научной и производственной сфер [113].

В публикациях Р. Блэйка, Д. Моутона, W.E. Halal, A. Geranmayeh, J. Pourdehnad, J. Kotter, R. Manganelli, M. Klein, G. Pinchot, E. Pinchot, W.R. Scott

[20, 259, 265, 270, 275, 281] представлены исторические аспекты подходов и принципов совершенствования управления предприятиями и в общем организационными системами. Приведены способы описания внутренних рынков как условий развития корпораций, выделены особенности практической модернизации производственной деятельности. Отмечена целесообразность интеллектуализации процессов управления и рационализации функционирования предприятий, уделено внимание вопросам создания внутрикорпоративной культуры. В работах В.Н. Буркова, Н.П. Бусленко, А.Д. Цвиркуна, Н.А. Коргина, Д.А. Новикова, А.В.Щепкина обсуждается на качественном уровне проблема выбора оптимального числа уровней иерархии в организации [28, с. 56-65, 193-252; 29, 32, 77]. А. Альтман, Дж. Сломан, К. Боумэн предложили модели для макроэкономического анализа рыночных процессов [23, с. 35-86, 116-131; 182, 244, 245]. Известны труды М. Месаровича, И. Тахары, П.Ф. Дракера, Д. Мако посвященные общим вопросам разработки моделей организационных систем [68, 130, с. 91-134].

В моделях В.Т. Дементьева, А.И. Ерзина, Р.М. Ларина, Ю.В. Шамардина рассматриваются древовидные структуры организаций [62]. Проблемам модельных исследований поведения сложных систем посвящены работы Р.М. Юсупова, М.Ю. Охтилева, Б.В. Соколова, Д.Н. Верзилина, Г.Г. Пухова [155, 156, 183, 238, 286, 287, 292, 293]. Вопросы системного анализа и моделирования объектов исследованы в работах Б.З. Мильнера, И.В. Блауберга, В.Н. Садовского, Э.М. Мирского, Е.П. Голубкова, С.И. Карташова, С.П. Карташова, В.А. Губанова, В.В. Захарова, А.А. Коваленко [19, 54, 58, 132, с. 55-119, 323-373; 264]. Проблемы моделирования систем рассмотрены в трудах Р.М. Юсупова, Б.В. Соколова, Ю.А. Павловского, А.Д. Цвиркуна, Г.М. Антоновой, Д.А. Новикова А.А. Иващенко [8, 145, с. 8-37, 162-192; 157, 239].

Однако большинство предложенных моделей содержат значительное количество допущений и справедливы только для конкретных условий деятельности предприятия или описывают отдельные аспекты функционирования

организационных систем. В большинстве моделей учитывается небольшое количество воздействующих на систему факторов, точность результатов моделирования остается невысокой, особенно в долгосрочной перспективе. Обобщенные подходы к созданию моделей сложных ИОС проработаны недостаточно для практического использования в долгосрочном планировании.

Основная часть имеющихся моделей предназначена для обеспечения текущей деятельности предприятия. Для планирования перспективных мероприятий используется не более 25–30 % моделей. Причем большинство из них разработаны в достаточно унифицированном виде при большом количестве упрощений и не обеспечивают решения всех вопросов, возложенных на органы управления. Унифицированность многих моделей приводит к ограничению количества учитываемых факторов и огрублению результатов моделирования. Для долгосрочной перспективы точность многих из них оказывается недостаточной [102].

В связи с этим актуальной является разработка формализованных подходов к моделированию, формулирование принципов и правил разработки и использования моделей, позволяющих повысить степень адекватности отражения моделями реально протекающих внутренних и внешних для предприятия процессов. Прежде всего, необходимо повышение точности моделирования и учет большего числа факторов при планировании долгосрочных мероприятий ИОС. Главная задача – перейти от создания отдельных моделей к модельным комплексам, к единой системе формализованных моделей всех основных форм деятельности ИОС в статике и динамике.

В работах А.А. Абраменко, А.Я. Маслова, Л.Н. Немудрук, А.Н. Дорохова [65, 127] предложены научные подходы к формализованному исследованию сложных систем и их моделированию. В трудах зарубежных авторов К.А. Richardson, J.D. Sterman, D. Torhngton, J. Weightman, W.-B. Zhang рассмотрены отдельные проблемы теории систем и организационного управления [276-278, 289, 290, 295]. В публикациях Д.Н. Верзилина, Т.Г. Максимовой,

А.М. Кукушкина, В.В. Буракова, В.Ф. Волкова, С.А. Потрясаева, В.И. Салухова, Н.А. Шедько, С.В. Муравьевой [27, 36–38, 44, 45, 124, 126, 164, 294] исследуются проблемы моделирования, оценивания точности моделей и управления организационными и экономическими системами. Предложены подходы к минимизации суммарной ошибки при решении информационно-расчетных задач и рационализации требований к точности исходных данных при модельных исследованиях. Общим вопросам деятельности организаций, в том числе проблемам развития малого бизнеса, посвящены работы С.А. Белозерова, J. Sarkis, S. Talluri, A. Gunasekaran [16, 280]. В исследованиях Н.В. Афанасьевой, М.В. Мирославской, А.Д. Шматко, Н.Н. Молчанова анализируются методы и экономические аспекты управления инновациями [11, 138, 139].

Значительная часть современных ИОС относится к классу больших систем. Развитие подходов к управлению в них связано с ростом сложности или масштабности решаемых задач. Объективной особенностью такого развития является специализация функций, приводящая к тому, что большая ИОС декомпозируется на совокупность связанных между собой самостоятельно функционирующих подсистем, решающих узкоспециальные задачи. Соответственно это приводит к децентрализации процесса принятия решений в большой ИОС. Методы координации, связанные с проблемами управления иерархическими системами, рассматривались в работах М. Месаровича, Н.К. Моисеевой, А.А. Бадориной, И. Такахары, Б.В. Москвина, Д. Мако [130, с. 139-332; 137, 140]. Наиболее известными и часто применимыми на практике оптимизационными алгоритмами с координацией решений подсистем считаются алгоритмы Данцига-Вулфа и Корнаи-Липтака [140]. В первом исследуется процесс координации, построенный на основе модификации целевой функции с использованием механизма цен, во втором – процесс координации с модификацией пространства альтернатив, построенного на основе распределения ресурсов.

Вопросы о выборе вида и структуры моделей сложных систем различного

назначения исследовались и многими другими авторами, однако до настоящего времени обобщенные унифицированные методы решения этой задачи применительно к организационно-экономическим системам отсутствует. В некоторых случаях представляется целесообразным проводить многофакторные исследования на УБП при построении моделей, но при этом обычно делаются предположения об известности вида и структуры системы аналитических соотношений и входящих в них функций, описывающих ИОС. Отсутствие унифицированных методов построения формализованных моделей систем в виде таких соотношений и значительные сложности в их создании для реальных предприятий, реализующих проекты по государственным контрактам, существенно затрудняют разработку и использование моделей в практике экономических исследований.

Организационная структура предприятия является одним из основных факторов, определяющим качество выполнения им бизнес-процессов. Основными характеристиками такой структуры могут служить следующие: ее тип; общее количество уровней иерархии; наличие, количество и принципы образования горизонтальных, перекрестных и обратных связей; общая штатная численность предприятия и количество сотрудников на каждом уровне иерархии; применяемые принципы взаимодействия сотрудников разных уровней иерархии; наличие в структуре дублирующих звеньев и др. Только при комплексном системном подходе к разработке организационной структуры, рациональном и полном учете рассмотренных выше и иных факторов можно обеспечить гарантированное выполнение ИОС задач государственного контракта. Целесообразно использовать при обосновании организационной структуры формализованные методики, в обобщенном виде учитывающие основные воздействующие факторы, внутренние особенности, принципы взаимодействия с рыночными условиями и дающие возможность осуществить имитационные модельные исследования. Немаловажными являются и структурные исследования свойств условий развития, по результатам которых во многих случаях становится возможным

более рациональное управление ИОС, в том числе создание ее структуры, наилучшим образом соответствующей этим условиям и тенденциям их изменения.

Проблемы разработки экономических систем и их структур исследовались во многих работах. В частности, труды Р. Акоффа, Д. Магинсона, Г. Дж. Эдиссона, Ф. Эмери, А. Ансоффа, К. Уолша, М.И. Левиной, F.R. Devid, G. Dessler, S. Ghoshal, С.А. Bartlett посвящены общим вопросам управления [1, с. 45-122; 2, с. 86-134; 7, с. 84-131, 242-272, 303-327; 118, 201, 243, 251, 253, 257]. В публикациях И.Н. Булгаковой, Ю.В. Вертаковой, А.Р. Григорян, Ю.Л. Макаровой, А.В. Полянина, В.А. Суровневой проанализированы принципы и методы реорганизации предприятий, формирования целесообразной их инфраструктуры и управления стратегическим развитием [26, 39, 40, 123]. Вопросам анализа и синтеза структур сложных многоэлементных экономических систем посвящены труды Б.Г. Волика, Б.Б. Буянова, Н.В. Лубкова, В. Скотта, В.S. Hodge, W.P. Antony, L.M. Gales, F. Hesselbein, G. Marshall, R. Beckhard, F. Ostroff [131, 261, 263, 274].

Работы В.П. Чернова, М.А. Богдановой, А.А. Болтенковой, В.В. Сигидова, А.М. Уздина, [21, 211] посвящены проблемам моделирования и оценивания рисков в экономических системах. Предложены подходы к построению оптимальных планов инвестирования при ограничениях на общий объем средств. Рассмотрены вопросы моделирования развития экономических объектов и их совокупностей при разработке экономической политики. В публикациях В.Г. Халина, Г.В. Черновой, М.В. Черноваловой, С.В. Шманева [207, 208] затронуты проблемы цифровизации социальной и экономической жизни общества, выделены особенности и риски соответствующих процессов в России. Предложены модели на основе нечетких правил и способы учета неопределенностей для планирования инновационных проектов, сформулированы рекомендации по повышению качества принимаемых на их основе управленческих решений.

Анализу вопросов трансформации структур сложных систем также

посвящено значительное число работ, однако в их большинстве рассматриваются достаточно узкоспециализированные системы. Публикации, посвященные динамической оптимизации структур организационно-экономических систем, редки. Большинство предложенных моделей и методов представлены в существенно обобщенном виде и не учитывают специфику технологических процессов функционирования ИОС при выполнении длительных проектов по государственным контрактам и динамики условий развития. Достаточно глубоко изучены только двухуровневые системы, многоуровневые организационные системы исследованы выборочно. Кроме того, особенности проектной формы деятельности в рамках госконтракта накладывают определенные ограничения на традиционные механизмы управления предприятиями, что обуславливает необходимость более глубокой проработки их и адаптации к меняющимся условиям деятельности, к особенностям функционирования в глобальной рыночной экономике.

Большинство государств стараются целенаправленно развивать те или иные части национальной экономики посредством проведения мероприятий по актуализации налоговой политики, модернизации банковской системы, совершенствованию транспортной инфраструктуры и т. п. Экономико-политические условия в стране определяют среду функционирования компаний и фактически частично обуславливают стратегии их развития, формируют отраслевую структуру компаний и территориальное размещение, что в конечном итоге в значительной мере определяет качество жизни населения. Соответственно при макроэкономических исследованиях представляется актуальным оценивание условий деятельности компаний конкретных стран, выявление и прогнозирование основных тенденций, классификация с этих позиций национальных экономик. Однако при макроэкономическом анализе возникает необходимость учета чрезмерно большого количества факторов и тенденций, поэтому часто результаты таких исследований неоднозначны.

В статьях А.В. Воронцовского, Е.Г. Ефимовой, А.Л. Дмитриева [48, 49]



проанализирована эволюция подходов к учету неопределенности при моделировании развития национальных экономик, сформулированы проблемы применения для этих целей стохастических моделей. Выявлено, что выбор методов для таких исследований часто зависит от размеров экономик. Показано, что существенное воздействие конкретного государства на мировые цены на товары может служить критерием отнесения его экономики к открытому типу. В работе А.С. Кольцовой, В.А. Плотникова, С.Н. Черных [107] исследованы подходы к государственному регулированию экономики посредством системы госзаказов, сформулированы ключевые вопросы ее реализации, обоснованы предложения по развитию этого института. Выполнено сопоставление российской практики организации госзаказа и зарубежных стран с позиции государственного управления социально-экономическим развитием.

В работах S. Aaronson, T. Cajner, B. Fallick, F. Galbisreig, Ch. Smith, W. Wascher, L. Amaral, P. Desai, M. Feldstein, S.F. Hipple [242, 246, 252, 255, 262] выполнен анализ отдельных макроэкономических показателей, характеризующих условия развития предприятий. Рассмотрены положительные стороны и недостатки подходов к оцениванию динамики реального ВВП, выделены проблемы учета рабочей силы и ее роли в национальной экономике. Проанализированы причины снижения темпов роста российского ВВП. В публикациях И.Н. Бенсон [17] оценивается воздействие качества институциональной среды на развитие экономики и благосостояние граждан, определяются характеристики этого влияния. Указанное качество среды описывается по результатам международных рейтингов, рассмотрены подходы к проверке их согласованности и обобщению.

В статьях С.М. Иващенко [82] предложены подходы к созданию моделей динамического стохастического общего экономического равновесия и учету в них поведения государства, в том числе при изменениях внешних условий. Разработана такого типа модель для России как государства, проводящего оптимальную при заданных целях политику, и как государства, следующего

инструментальным правилам, сопоставлено качество результатов моделирования. Статьи E. Bartelsman, J. Haltiwanger, S. Scarpetta, M.S. Kruglova, A.I. Volynskii, I.L. Kirilyuk, K.Kh. Zoidov [247, 248, 266, 296] посвящены сопоставительному анализу национальных экономик с позиции динамики развития предприятий и производительности труда. Исследованы распределительные механизмы, предложены подходы к разработке моделей и экономическому анализу на мезоуровне. Выполнено моделирование развития стран СНГ, исследована его цикличность.

В работах Н.А. Рыжкова, Д.Н. Верзилина, Т.Г. Максимовой, Ю.Н. Антохина, С.В. Скорых [125, 173] приведены методы конструирования экономических показателей для управленческих целей. Представлены методологические аспекты получения оценок эффективности деятельности экономических объектов, обоснована целесообразность использования для этих целей статистических моделей. Предложены подходы к оцениванию показателей эффективности деятельности предприятий с позиции их достоверности и информативности. Рассмотрен статистический инструментальный мониторинг на примере исследования угроз экономической безопасности систем. Представляется интересным развитие приведенного инструментария для других областей экономического анализа, обозначение границ применимости изложенных подходов.

В работах Е.М. Исаевой, В.Е. Кантора, Т.С. Колмыковой, Л.М. Никитиной, С.Н. Серебрякова рассмотрены вопросы интеграции предприятий, выделены ключевые признаки таких объединений. Предложено применение интеграционных подходов для развития промышленного потенциала регионов России [90, 106, 143]. Статьи S.P. Sethi, G.L. Thompson, I.K. Slien, D.H. Norrie, J.P. Barthes, R.T. Stefani, B. Shahian, C.J. Savant, G.H. Hostetter [282, 285, 288] посвящены инструментальным средствам проектирования систем управления предприятиями. Рассмотрены общие подходы к применению для этого теории оптимизации, выделены особенности организации в них систем обратной связи.

Обосновано применение теории многоагентных систем при создании интегрированных производственных комплексов.

Публикации Л.А. Миэринь, А.С. Груничева, С.М. Клевцова, Ю.В. Вертаковой, М.Г. Клевцовой посвящены исследованию проблем устойчивого развития. Приведены особенности деятельности естественных монополий в рыночных условиях, выполнен анализ путей формирования распределенных комплексов промышленных предприятий [94, 135]. В работе В.М. Полтеровича, В.В. Попова, А.С. Тониса [163] приведены интересные результаты исследования особенностей экономик государств, имеющих значительное количество природных ресурсов. С помощью методов структурного и множественного регрессионного анализа выделены сходные черты их развития, сопоставлены отдельные макроэкономические показатели таких стран с объемами ресурсного богатства и сделаны выводы об уровнях эффективности его использования. Однако часть представленных регрессионных моделей имеют относительно невысокие коэффициенты аппроксимации (детерминации), что затрудняет полноценное применение их для прогнозирования.

Несмотря на внимание научной общественности к названным и близким к ним проблемам, полное их решение еще, видимо, далеко. Серьезного совершенствования требует и инструментарий исследований. Современные информационные технологии позволяют формировать достаточно большие и представительные совокупности экономических данных, но известные инструментальные средства не дают пока возможности полноценно их анализировать при приемлемой трудоемкости. Соответственно неоднозначными оказываются и результаты. Для обоснования решений о состоянии крупной ИОС необходима, в числе прочего, и правильная интерпретация комплекса значений показателей, характеризующих различные процессы функционирования этой системы. Некорректная интерпретация приводит к принятию неадекватных ситуации управленческих решений и, как следствие, – к ухудшению качества бизнес-процессов. Соответственно возникает проблема контроля и обеспечения

достоверности результатов оценивания состояния ИОС, что, в свою очередь, обуславливает необходимость выработки количественных оценок и анализа этой достоверности. Количественный подход позволяет более обоснованно подойти к выбору направлений повышения достоверности контроля состояния ИОС при осуществлении проектов, оценить результативность и достаточность соответствующих мер.

Большинство известных методов повышения достоверности контроля связано в основном с улучшением характеристик систем управления техническими объектами, управление которыми обычно значительно проще, нежели организационно-экономическими системами, для которых подобные подходы проработаны крайне недостаточно. Особое значение имеют вопросы разработки формализованных методов оценивания и повышения достоверности результатов контроля состояния ИОС, основанных на использовании информационной избыточности отчетной экономической информации. В частности, в трудах Р.Л. Кини, Х. Райфа [92] изложен математический аппарат для определения достоверности информации о состоянии предприятия и принятия многокритериальных решений, а также обеспечения требуемой информативности и достоверности оценок показателей.

В работах Е.В. Стельмашонок, В.Л. Стельмашонок [188, 189] рассмотрены проблемы обеспечения безопасности данных в корпоративных информационных системах предприятий. Для разработки механизмов их защиты предложено применение объектно-ориентированных методов построения моделей и специализированного программного обеспечения. Рекомендовано использование положений и критериев, основанных на экономической целесообразности, при формализации и принятии соответствующих решений. В научных трудах Р.В. Соколова, И.Л. Андреевского [185, 186] проанализированы экономические вопросы управления рисками в системах доступа к информации. Предложены оптимизационные модели для построения соответствующих систем защиты данных. Рассмотрены подходы к построению систем поддержки принятия

решений при организации обеспечения предприятия ресурсами и решении других логистических задач на основе облачных сервисов.

В трудах Н.П. Горидько, Р.М. Нижегородцева Дж. Рингланда, Т. Саати, К. Керне [55, 169, с. 434-552; 174, с. 143-212] рассмотрены аналитические и сценарные методы планирования как инструментарий обоснования решений, исследованы проблемы применимости регрессионных методов и разработки стратегий развития бизнеса. Значительный вклад в развитие теории и практики использования математических и аналитических методов для построения систем контроля состояния различных объектов управления внесли отечественные и зарубежные ученые: А.Н. Колмогоров, В.А. Котельников, Р.Л. Липцер, А.Н. Ширяев, А.Л. Горелик, Э.М. Хазен, Н. Винер, Р. Калман, Р.Л. Стратонович, Г. Куизнир, У. Гренадер, Р. Уотермен.

Сложившаяся в нашей стране в последние годы экономическая ситуация характеризуется наличием существенных диспропорций в механизмах хозяйствования, обусловленных многими причинами. Основными из них являются: сокращение внешнего инвестирования, перестройка производственной системы страны для реализации программы импортозамещения и ограниченные возможности государства в финансовой помощи многим отраслям экономики. В таких условиях крупные ИОС вынуждены особенно тщательно подходить к планированию каждого выполняемого ими проекта, к нахождению компромиссов между его стоимостью и продолжительностью, к формированию состава предприятий-участников. Соответственно представляют интерес методики формализованной оптимизации решения указанных проблем планирования, позволяющие на основе предварительного моделирования рассчитывать целесообразные параметры проектов и составы участников и использовать их при заключении договоров.

К настоящему времени известно достаточно большое число научных трудов, в которых авторы рассматривают постановку задач, анализ и разработку различных экономико-математических моделей (ЭМ) при оценке эффективности

использования выделенных ресурсов (под ресурсами понимаются технологическое оборудование, денежные ассигнования, сырье, комплектующие и т. п.). Во многих работах предлагаются как сами модели, так и различные методы их разработки. Основные предпосылки для построения ЭМ и рекомендации для их совершенствования изложены в трудах Л. Берталанфи, А. Брайсона, Хо-Ю-Ши [18, 24]. Однако эти ЭМ описываются для общего случая, без детального учета особенностей технологических процессов. Для практического применения этого недостаточно, необходима дополнительная проработка ЭМ с целью учета и анализа всех основных факторов, влияющих на динамику развития ИОС. В частности, должны быть увязаны параметры бизнес-процессов, периоды планирования, состояние производственного оборудования, объем и структура выделенных финансовых средств.

Для рациональной реализации целевых процессов ИОС целесообразно использовать системный подход. В трудах И.В. Прангвишвили, В.Н. Романова, Н.В. Сиротиной, Д.Н. Лесных, А.И. Матвеева [165, 172, с. 50-111; 180] излагаются основные идеи такого подхода, но только в общем виде. ЭМ, предлагаемые в работах, учитывают научно-технический прогресс и возможности промышленности. Их особенностью является возможность учета влияния стратегических целей и задач как на структуру исследований и разработок научно-исследовательских организаций, так и на структуру развития промышленности. В трудах В.Г. Болтянского, В.В. Розена, Н.Б. Кобелева, Г.И. Савина, А.А. Самарского [22, 96, с. 44-195; 171, 175, 176, с. 137-200] предприняты попытки представить функции управления в ЭМ в явной форме и выявить особенности математических уравнений, описывающих процессы экономического развития. Подчеркнуто особое значение динамических моделей экономических систем в долгосрочном прогнозировании и перспективном планировании. Используя основные рекомендации по анализу ЭМ динамического типа, и развивая детально идеи динамических моделей применительно к программам развития предприятия, обосновываются различные модели

распределения ресурсов.

В работах Л.В. Канторовича, Б.З. Мильнера [91, 132, с. 411-448] детально анализируются динамические ЭМ, описываются модели оптимального планирования ресурсов, предназначенные для использования в отраслевом планировании. Освещены вопросы баланса производства и распределения продукции, большое внимание уделено вопросам планирования развития экономики. Предлагаемые методы и модели также могут использоваться для оценивания развития и производственных мощностей отдельных отраслей и предприятий. В работе А.П. Козловцева [103, с. 34-128] подробно рассмотрен инструментарий планирования программ развития организационно-технических систем на долгосрочную перспективу, для расчета количественных оценок ключевых показателей использованы математические методы, приведены интересные подходы к распределению ресурсов между программами развития новых технологий производства.

В работах M. Hammer, J. Champy, S. Robbins, D. Cenzo, S.M. Shafritz, S.S. Ott, H. Mintzberg, R. Mead рассматриваются проблемы анализа и совершенствования деятельности предприятий, в том числе в исторической ретроспективе [260, 271-273, 279, 283]. Формализованные подходы к оптимизации состава команд проектов рассмотрены в работах Д.Ю. Могилко, А.А. Михеева, Ю.В. Синягина, О.Ю. Переверзиной [136, 179, с. 45-95]. В исследованиях С.А. Багрецова, Д.Н. Верзилина, Р.А. Князьнеделина, А.Х. Курбанова, В.А. Плотникова, А.С. Кольцовой, С.Н. Черных выполнен анализ механизмов заключения и реализации государственных контрактов применительно к различным типам предприятий, рекомендованы подходы к их совершенствованию [13, 35, 95, 107].

По применяемому инструментарию большинство ЭМ, приведенных в указанных работах, можно подразделить на следующие основные группы: модели, оптимизируемые методами теории графов, математического программирования или совместно; имитационно-аналитические модели; модели, использующие

классические методы статистики и теории вероятностей; логико-экспертные модели. На практике востребованы формализованные методы управления продолжительностью и финансированием проектов, которые могут быть реализованы в системах поддержки принятия управленческих решений, особенно актуально их применение при планировании и коррекции долгосрочных проектов по государственному контракту. Многие вопросы до настоящего времени остаются нерешенными.

Построение математической модели зависит от того, с какой скоростью изменяется состояние ИОС. Если оно меняется достаточно медленно, то такую систему можно считать стационарной, если же изменения значительны, то желательно строить динамические модели, однако трудности, возникающие при разработке динамических моделей реальных ИОС, значительно существеннее аналогичных для стационарных моделей. Для численного решения динамических задач управления обеспечением предприятия посредством внешних систем традиционно применяются методы динамического программирования. При решении таких задач для нестационарных систем с помощью динамических моделей необходимо прогнозировать ключевые параметры, но если об условиях будущей деятельности экономической системы многое неизвестно, то прогнозы могут иметь невысокую точность. Особенно актуальна данная проблема при управлении проектами с большим уровнем инновационности в рамках государственных контрактов, обычно предъявляющих высокие требования к гарантированности получения запланированных результатов.

Проблемам управления такими предприятиями, научным подходам к анализу и прогнозированию их состояний также посвящено большое количество трудов. В частности, практические аспекты реализации проектов рассмотрены в трудах К.Ф. Грея, Э.У. Ларсона, Р.Д. Арчибальда S. Vonder, E. Demeulemeester, W. Herroelen [10, с. 192-248; 57, с. 118-353, 464-513; 291]. Оптимизационные методы управления предприятиями рассматривались в публикациях Т.А. Горошниковой, А.Д. Цвиркуна, А.И. Тятюшкина [56, 200]. Применению



формализованных методов для рационализации механизмов обеспечения организационных систем ресурсами посвящены труды Г.И. Владимировича, А.В. Киселева, Г.И. Просветова [41, с. 65-89; 93, с. 37-49; 166, с. 72-119]. Вопросы использования на предприятиях ERP-систем проанализированы в статьях О.А. Цукановой, Е.К. Торосян [209]. Научные работы С.S. Lalwani, S. Disney, D.R. Towill, M.R. Lissak, H. Letiche, J. van Uden, K.A. Richardson [267, 268, 269] посвящены проблеме сложности и многоплановости экономических систем. Рассмотрены теоретические предпосылки применения теории сложности для управления предприятиями, отмечен рост интереса научной общественности к таким исследованиям, выделены практические особенности моделирования корпоративной среды.

Однако перечисленные выше и другие опубликованные научные труды не охватывают всех вопросов моделирования ИОС, их условий развития и обоснования соответствующих управленческих решений. Можно констатировать, что, несмотря на большое количество проведенных исследований, многие проблемы анализа таких систем с помощью математических методов пока в значительной мере остаются нерешенными и обуславливают необходимость продолжения изучения этой области. Соответственно тематика подобных исследований представляется актуальной.

### **1.3. Выбор показателей и оценивание достоверности результатов контроля состояния интегрированной организационной структуры**

С позиции обоснования принимаемых управленческих решений все факторы можно условно разделить на три группы: 1) факторы, влияющие на ошибки оценивания состояния ИОС первого уровня иерархии  $\tilde{x}$ , которые возникают в процессе непосредственного сбора значений показателей, характеризующих ее состояние, и передачи их органу управления; поскольку результат контроля  $\tilde{a}$  формируется путем преобразования оценочного значения

$\tilde{x}$ , то ошибки, возникающие при определении  $\bar{x}$ , трансформируются в ошибки оценки экономического состояния ИОС  $\tilde{a}$ ; такие ошибки принято называть инструментальными; 2) факторы, связанные с несовершенством принципов и методов оценивания состояния ИОС; такие ошибки обычно относят к методическим [60, 61, 125, 177, 178, 235]; 3) факторы, обусловленные уровнем профессиональной квалификации сотрудников органа управления в момент анализа значений показателей, характеризующих процессы функционирования ИОС при выполнении этапов проекта, и принятия управленческого решения о ее состоянии. Ошибки такого рода принято называть ошибками интерпретации комплекса значений показателей. Любые из этих ошибок обычно приводят к снижению качества выполнения соответствующего государственного контракта.

Рассмотрим подходы к нахождению количественных оценок достоверности результатов оценивания состояния ИОС ( $DV_{рез.оц.с}$ ) при выполнении проекта в рамках государственного контракта. Следует отметить, что при практическом использовании предлагаемого подхода необходимо предусмотреть для каждой из вероятностей весовые коэффициенты, которые совместно позволяют преодолеть известный математический эффект «перемножения вероятностей», когда произведение нескольких их почти всегда равно нулю. В нижеприведенных выражениях под вероятностью « $P$ » будем понимать произведение этой вероятности на соответствующий весовой коэффициент, обычно полученный экспертным путем.

В общем случае указанная достоверность определяется следующими основными компонентами:

–  $DV_{ин}$  – инструментальной достоверностью, представляющей собой вероятность отсутствия инструментальных ошибок ( $P_{ин}$ );

–  $DV_{мет}$  – методической достоверностью, представляющей собой вероятность отсутствия методических ошибок ( $P_{мет}$ );

–  $DV_{инт}$  – достоверностью интерпретации органом управления значений контролируемых показателей при принятии управленческого решения о

состоянии ИОС, представляющей собой вероятность отсутствия указанных ошибок интерпретации ( $P_{\text{инт}}$ ) [227, 230].

Вероятность отсутствия инструментальных ошибок ( $P_{\text{ин}}$ ) определяется следующими основными вероятностями по формуле

$$P_{\text{ин}} = P_{\text{пр.сб.зн}} \cdot P_{\text{дос}}. \quad (1.3.1)$$

$P_{\text{пр.сб.зн}}$  – вероятность правильности сбора значений контролируемых показателей. Представляет собой вероятность отсутствия ошибок наблюдения, определяется вероятностью отсутствия технологических ошибок ( $P_{\text{техн}}$ ) и вероятностью отсутствия математических ошибок ( $P_{\text{матем}}$ ):

$$P_{\text{пр.сб.зн}} = P_{\text{техн}} \cdot P_{\text{матем}}. \quad (1.3.2)$$

$P_{\text{дос}}$  – вероятность правильной и полной доставки органу управления собранных значений контролируемых показателей. По своему смыслу эта вероятность входит в  $P_{\text{опт.сост.п}}$  (описана ниже) и отдельно может не учитываться, при необходимости может считаться константой и находиться как среднее значение для каждого направления деятельности ИОС или соответствующего сектора экономики статистическими или экспертными методами.

$P_{\text{техн}}$  – вероятность отсутствия технологических ошибок, определяется по формуле

$$P_{\text{техн}} = P_{\text{дост.точ.набл}} \cdot P_{\text{над.сист.набл}}. \quad (1.3.3)$$

$P_{\text{дост.точ.набл}}$  – вероятность достаточности точности наблюдений (отличается по смыслу от описанной ниже  $P_{\text{дост.точ.предд}}$ , но взаимосвязана с ней). Характеризует качество измерений значений контролируемых показателей ИОС, может считаться константой и находиться как среднее значение для каждого направления деятельности ИОС (сектора экономики) статистическими или экспертными методами.

$P_{\text{над.сист.набл}}$  – вероятность надежности системы наблюдений. Характеризует неизменность во времени качества измерений и устойчивость к воздействию внешних факторов системы измерений, находится как среднее значение для каждого направления деятельности ИОС статистическими или экспертными

методами.

$P_{\text{матем}}$  – вероятность того, что предварительная обработка результатов оценки математическими методами приведет к улучшению уровня и характера распределений ошибок, определяется по формуле

$$P_{\text{матем}} = P_{\text{ум.ур.ош}} \cdot P_{\text{ул.хар.расп.ош}} \cdot \quad (1.3.4)$$

$P_{\text{ум.ур.ош}}$  – вероятность уменьшения уровня ошибок в результате предварительной обработки данных математическими методами. Может считаться константой и находится статистическими или экспертными методами как среднее значение для каждого направления деятельности ИОС и характера информации.

$P_{\text{ул.хар.расп.ош}}$  – вероятность улучшения характера распределений ошибок в результате предварительной обработки данных математическими методами. Является константой и находится статистическими или экспертными методами как среднее значение для каждого направления деятельности ИОС и характера информации.

Вероятность отсутствия методических ошибок ( $P_{\text{мет}}$ ) определяется следующими основными вероятностями по формуле

$$P_{\text{мет}} = P_{\text{пр.мет.сб.зн}} \cdot P_{\text{дост.точ.пред.д}} \cdot P_{\text{опт.сост.п}} \cdot \quad (1.3.5)$$

$P_{\text{пр.мет.сб.зн}}$  – вероятность правильности выбора методик сбора значений контролируемых показателей. Характеризует качество выбора или разработки методик сбора информации (для большинства случаев методики сбора информации являются типовыми, известны области их применения, требования к точности исходных данных и точность получаемых результатов), может считаться константой и находится статистическими или экспертными методами как среднее значение для каждого направления деятельности ИОС и характера информации.

$P_{\text{дост.точ.пред.д}}$  – вероятность достаточности точности представления значений контролируемых показателей (отличается по смыслу от  $P_{\text{дост.точ.набл}}$ , но взаимосвязана с ней). В рамках предметной области зависимости точности

результатов от точности представления исходных данных обычно известны. Может считаться константой и находиться статистическими или экспертными методами как среднее значение для каждого направления деятельности ИОС или сектора экономики и характера информации.

$P_{\text{опт.сост.п}}$  – вероятность оптимальности состава контролируемых показателей с учетом случайных искажений или отсутствия части значений показателей. Методика определения этой вероятности приведена в работе [235, с. 25-44].

Вероятность отсутствия ошибок при интерпретации сотрудниками органа управления (руководителем) значений контролируемых показателей при принятии соответствующего управленческого решения о состоянии ИОС ( $P_{\text{инт}}$ ) определяется следующими основными вероятностями по формуле

$$P_{\text{инт}} = P_{\text{квал}} \cdot P_{\text{эм.сост}} \cdot P_{\text{дост.инф}} \cdot P_{\text{дост.вр}} \cdot P_{\text{ОДЗ}}. \quad (1.3.6)$$

$P_{\text{квал}}$  – вероятность достаточности квалификации сотрудников органа управления для комплексной оценки значений контролируемых показателей и принятия соответствующего управленческого решения о состоянии ИОС. Значительно зависит от качества работы системы подбора управленческих кадров и наличия на рынке труда специалистов необходимой квалификации, находится с использованием статистических или экспертных методов для различных направлений деятельности ИОС, уровня органа управления в ее иерархии, количества и структуры штатного состава.

$P_{\text{эм.сост}}$  – вероятность корректного эмоционально-психологического состояния сотрудников органа управления (руководителя) при оценке значений контролируемых показателей и принятии соответствующего управленческого решения о состоянии ИОС. Поскольку человеку свойственно уставать к концу рабочего периода, то в рамках этого периода данная вероятность со временем уменьшается, в общем случае эмоционально-психологические характеристики сотрудников органа управления могут частично зависеть от времени, частично – нет.

$P_{\text{дост.инф}}$  – вероятность того, что в сложившихся условиях собранной

информации будет достаточно для выявления состояния ИОС и принятия соответствующего управленческого решения. Обычно для выявления различных состояний ИОС требуется проанализировать разное количество информации, причем анализ проводится в условиях различного воздействия внутренних и внешних факторов. Находится на основе статистических или экспертных методов для различных направлений деятельности ИОС (секторов экономики) и уровня органа управления в ее иерархии.

$P_{\text{дост.вр}}$  – вероятность достаточности у сотрудников органа управления времени на анализ значений контролируемых показателей и принятие соответствующего управленческого решения. Чем больше указанное время, тем выше вероятность того, что оценки состояния ИОС будут более продуманными и обоснованными (например, может быть использовано несколько различных методов и полученные результаты сопоставлены). Существенно зависит от «уровня последствий» принимаемых управленческих решений и требований к методикам оценивания состояний (например, обязательное использование нескольких источников информации при принятии особо ответственных решений).

$P_{\text{Одз}}$  – вероятность правильности выбора областей допустимых значений контролируемых показателей. Находится статистическими или экспертными методами для различных направлений деятельности ИОС и характера оцениваемой информации.

В организационно-экономических системах в большинстве случаев инструментальные и методические ошибки являются взаимозависимыми, а ошибки интерпретации – независимыми от первых двух. Это обусловлено тем, что инструментальные и методические ошибки появляются в результате функционирования «технической» части системы сбора и обработки информации об ИОС, а ошибки экономической интерпретации значений контролируемых показателей при принятии управленческих решений – в результате действия так называемого управленческого (человеческого) фактора. В этом случае

справедливо следующее соотношение:

$$DV_{рез.оц.с} = DV_{ин+мет} \cdot DV_{инт} \cdot K_{слин}. \quad (1.3.7)$$

Здесь  $DV_{ин+мет}$  – вероятность одновременного отсутствия инструментальных и методических ошибок. В связи с тем, что инструментальные и методические ошибки зависимы,  $DV_{ин+мет}$  не может быть найдена как произведение  $DV_{ин}$  и  $DV_{мет}$ . Вопросы вероятностной оценки  $DV_{ин+мет}$  при этих условиях для отдельных типов систем достаточно подробно рассмотрены в работе [235, с. 41-63].

$K_{слин}$  – коэффициент, характеризующий фактический уровень сложности и инновационности выполняемого проекта и особенности его осуществления, определяемые условиями государственного контракта.

Необходимо отметить, что на практике точное количественное описание факторов третьей из указанных выше групп затруднено. Известно, что в высшее руководство крупных ИОС обычно входят достаточно квалифицированные сотрудники, и в большинстве таких ИОС приняты коллективные или близкие к ним подходы к анализу экономического состояния и управлению, что обычно способствует повышению уровня обоснованности принимаемых решений. Однако фактор инновационности деятельности ИОС играет существенную роль. С одной стороны, у органа управления в таких ситуациях обычно отсутствуют готовые типовые решения возникающих проблем, с другой стороны, выполнение проектов в рамках государственного контракта предполагает соблюдение достаточно жестких требований по гарантированности достижения целей и срокам.

Цель изучения ИОС в данном аспекте состоит в исследовании собственно системы контроля экономического состояния и обосновании соответствующих управленческих решений по ее совершенствованию, поэтому достоверность результатов контроля, связанную с методическими и инструментальными факторами, целесообразно рассматривать совместно ( $DV_{ин+мет}$ ), а связанную с интерпретацией результатов ( $DV_{инт}$ ) выделить в отдельную группу, как независимую от первой. При необходимости для отдельных расчетов можно

считать количественную оценку  $DV_{\text{инт}}$  постоянной и известной (в среднем) из опыта практической деятельности исследуемой и аналогичных ИОС, но при этом обязательно учитывать уровень новизны проектных работ, например, вероятно. Подходы к количественному оцениванию указанных вероятностей и коэффициентов рассмотрены ниже.

Следует отметить, что большинство рассматриваемых ИОС даже при выполнении существенно уникальных проектов на относительно небольших этапах используют близкие к типовым схемы управления. Соответственно все меры по снижению уровня методических ошибок – определение состава и количества контролируемых параметров, обоснование необходимой глубины контроля, выбор ОДЗ показателей, разработка методик контроля и другие – целесообразно внедрять при проектировании предприятия. К моменту начала работы ИОС над проектом количество методических ошибок контроля, обусловленных указанными факторами, желательно уменьшить до приемлемого минимума, поскольку уменьшение их «текущими средствами» обычно малоэффективно, а частая смена методик может привести к существенным неточностям при оценивании закономерностей изменения состояния и общей динамики развития ИОС. Такие задачи составляют самостоятельную проблему, решение которой выходит за рамки настоящего исследования, и которой посвящено достаточно большое число научных работ.

В процессе непосредственного функционирования ИОС существенную роль в снижении достоверности результатов контроля ее состояния при выполнении проекта играют факторы, связанные с искажениями значений контролируемых показателей  $\bar{x}$  и частичным отсутствием их значений  $\tilde{x}^n$ . И наибольший практический интерес представляет разработка методов анализа и повышения инструментальной достоверности контроля с обязательным учетом лишь тех методических ошибок, которые обусловлены случайностью состава контролируемых значений показателей. Необходимость системы контроля состояния обусловлена тем, что при осуществлении проектов по госконтрактам



особое внимание уделяется гарантированности получения запланированных результатов и своевременности освоения бюджетных средств. Корректность работы таких систем оказывает значительное влияние на бизнес-процессы ИОС и, как следствие, на эффективность ее функционирования, направление и скорость развития, качество выполнения реализуемого государственного контракта в целом.

Начальным этапом анализа и оптимизации достоверности контроля экономического состояния ИОС при выполнении проекта является выбор показателя достоверности. Среди известных показателей, получивших распространение в теории и практике контроля, можно отметить многокритериальные показатели на основе полных вероятностей, прямых и обратных условных вероятностей и многие другие [33, 34, с. 37-66, 468-514; 43]. Широкое их разнообразие отражает многоплановость задач по исследованию различных характеристик систем. Показатель достоверности для оценивания результатов контроля экономического состояния ИОС должен выбираться из условия полного учета указанных выше факторов инструментального, методического и интерпретационного характера, также он должен позволять учитывать сложность проектов и инновационность деятельности.

Рассмотрим некоторые подходы к выбору и анализу показателей достоверности контроля состояния ИОС как экономической системы при выполнении проекта в рамках государственного контракта. Достаточно хорошо предъявляемым требованиям удовлетворяют обобщенные показатели верности оценок типа среднего риска, разработанные в теории статистических решений. Целесообразность такого подхода следует из того, что компоненты векторов состояний  $\tilde{x}^n$  и  $\vec{a}$ , рассматриваемые на множестве моментов времени  $i$ , в большинстве случаев представляют собой дискретные случайные последовательности  $x_i^n$  и  $a_i$ , принимающие в основном два значения: «значения показателей укладываются в ОДЗ» или «значения показателей не укладываются в ОДЗ». Как следствие – «ИОС функционирует в соответствии с целями» или «ИОС

не функционирует в соответствии с целями». В этом смысле контроль экономического состояния ИОС представляет собой оценивание значений дискретных процессов  $\bar{x}_i^n$  и  $\bar{a}_i$ , а сама достоверность контроля – меру соответствия оценочных процессов  $\tilde{x}_i^n$  и  $\tilde{a}_i$  истинным  $\bar{x}_i^n$  и  $\bar{a}_i$ .

Проанализируем подробнее суть и особенности такого показателя при оценивании вектора  $a_i$ , характеризующего состояние ИОС. Соотнесем с каждой парой  $\langle a_i, \tilde{a}_i \rangle$  некоторый условный выигрыш  $dd(a_i, \tilde{a}_i)$ , тогда обобщенным показателем достоверности результатов контроля экономического состояния ИОС может являться средний по всем комбинациям  $\langle a_i, \tilde{a}_i \rangle \in A$  выигрыш достоверности  $DV$  [235, с. 59-88]:

$$DV = \sum_{a_i \in A} \sum_{\tilde{a}_i \in A} dd(a_i, \tilde{a}_i) P\{a_i, \tilde{a}_i\}, \quad (1.3.8)$$

где  $A = \{a^1, \dots, a^\mu, \dots, a^M\}$  – множество распознаваемых экономических состояний ИОС;  $P\{a_i, \tilde{a}_i\}$  – совместная вероятность появления пары  $\langle a_i, \tilde{a}_i \rangle$ .

Конкретная форма и смысловое содержание обобщенного показателя  $DV$  определяются видом функции «выигрыша», выбор ее целесообразно производить так, чтобы показатель достоверности контроля наиболее полно соответствовал потребностям практики осуществления проекта. Для этого показателю должны быть присущи следующие основные свойства:

- четкая экономическая интерпретация численных его значений;
- простота назначения ОДЗ показателя;
- доступность статистической оценки его значений;
- распространенность (типичность) показателя и его модификаций в практике управления проектами; это требование следует учитывать для того, чтобы полученные в результате исследований рекомендации и выводы были доступны широкому кругу руководителей и специалистов, что будет способствовать снижению уровня ошибок интерпретации и степени неопределенности при принятии управленческих решений в условиях нетипичной

деятельности.

Целесообразно также выбирать такой показатель с позиции простоты решения задач анализа исследуемых характеристик контроля. Сформулированным условиям вполне удовлетворяет следующая функция выигрыша:

$$dd(a, \tilde{a}) = \begin{cases} 1, & \text{при } a = \tilde{a}; \\ 0, & \text{при } a \neq \tilde{a}. \end{cases} \quad (1.3.9)$$

В этом случае обобщенный показатель достоверности результатов контроля состояния ИОС может быть представлен через среднюю вероятность безошибочных решений

$$DV = \sum_{\substack{a \in A \\ \tilde{a} = a}} P\{a, \tilde{a}\} = \sum_{\substack{a \in A \\ \tilde{a} = a}} P\{a\}P\{\tilde{a} / a\} = \sum_{\substack{a \in A \\ a = \tilde{a}}} P\{\tilde{a}\}P\{a / \tilde{a}\} \quad (1.3.10)$$

и представляет собой линейную комбинацию многокритериальных показателей достоверности – прямых  $P\{\tilde{a} / a\}$ ,  $a = \tilde{a} \in A$ , и обратных  $P\{a / \tilde{a}\}$ ,  $\tilde{a} = a \in A$ , условных вероятностей [235, с. 72-87]. Суть показателя (1.3.10) – это относительная доля безошибочных результатов в продолжительной серии актов контроля состояния ИОС при выполнении этапов проекта. Требуемые дополнительные априорные сведения о значимости результатов оценивания (идентификации) ее различных экономических состояний могут быть предоставлены органами управления ИОС, исходя из целей контроля и особенностей выполнения государственного контракта.

Для упрощения формализации можно допустить, что в большинстве ситуаций осуществляется двухальтернативный контроль – «ИОС функционирует в соответствии с заданными целями» или «ИОС не функционирует в соответствии с заданными целями». Для этого случая показатель достоверности результатов контроля состояния будет иметь следующий вид:

$$DV = P\{a = A, \tilde{a} = A\} + P\{a = \bar{A}, \tilde{a} = \bar{A}\}, \quad (1.3.11)$$

где  $A, \bar{A}$  – соответственно «целевые» и «нецелевые» экономические состояния

ИОС.

Одной из важных задач исследования собственно системы контроля ИОС при выполнении проекта является анализ влияния характеристик искажений и пропаданий значений отдельных контролируемых показателей на указанную достоверность  $DV$ . Вопросы анализа достоверности результатов контроля однопараметрических систем различного (в основном технического) назначения к настоящему времени изучены относительно хорошо [6, 47, 69, 111], но применительно к экономическим системам такие исследования крайне редки и их результаты недостаточны для полноценного и широкого практического использования. Известные аналитические соотношения, связывающие достоверность однопараметрического контроля с характеристиками искажений дискретных значений показателей состояния системы, в основном имеют следующий вид [235, с. 85-99]:

$$DV = \sum_{v \in M_p} P_v \sum_{\mu \in M_p} l_{\mu v} + \sum_{v \in M_H} P_v \sum_{\mu \in M_H} l_{\mu v}, \quad (1.3.12)$$

где  $M_p$  и  $M_H$  – подмножества значений дискретных значений показателей, соответствующие «целевому» и «нецелевому» состояниям ИОС;  $P_v = P\{x = x^v\}$  – априорная вероятность  $v$ -го значения показателя;  $l_{\mu v} = P\{\tilde{x} = x^\mu / \tilde{x} = x^v\}$  – условная вероятность трансформации истинного  $v$ -го значения в наблюдаемое  $\mu$ -е значение показателя.

Исходя из этого, можно сформулировать следующие основные направления повышения инструментальной достоверности контроля экономического состояния ИОС при выполнении проекта:

1. Рациональный выбор ОДЗ для непрерывных значений показателей ее состояния.
2. Корректная дискретизация непрерывных значений показателей.
3. Снижение уровня ошибок различного рода, сопровождающих наблюдение контролируемых характеристик (параметров) ИОС.

Математически вопросы оптимизации ОДЗ показателей в общем виде достаточно хорошо исследованы для технических систем, разработаны соответствующие методики их практического использования, но применительно к организационно-экономическим системам проработаны недостаточно. В рамках третьего из указанных направлений повышения инструментальной достоверности контроля экономического состояния ИОС все методы можно разделить на две совокупности:

1) математические, заключающиеся в коррекции искаженных значений показателей с помощью соответствующих методик, в итоге снижающих уровень ошибок;

2) технологические, объединяющие методы повышения качества функционирования системы наблюдения, увеличения точности оценивания значений показателей.

Проблемам анализа и коррекции случайных процессов в сложных системах посвящено значительное количество работ теоретического и прикладного характера [34, с. 517-560; 61, 89, 111, 129], однако подавляющее большинство методик коррекции получены для непрерывных процессов с использованием критерия минимума среднего квадрата ошибок, и в основном такие работы посвящены техническим системам. Достаточно редки научные труды, в которых синтез подобных методик производился по критерию максимизации достоверности контроля для экономических систем. Отдельные вопросы оценивания достоверности характеристик обобщенных и экономических систем рассматриваются в работах [5, 177, 178], однако большинство решений получено для относительно простых систем при непрерывных параметрах. Для этого же случая могут быть использованы известные результаты синтеза методик коррекции по сложным показателям достоверности типа вероятности невыхода погрешности из некоторого диапазона  $P\{\varepsilon \in [\varepsilon^H; \varepsilon^B]\}$ . Поэтому можно считать, что для непрерывных параметров вопросы оптимальной коррекции по выбранному показателю исследованы достаточно хорошо.

Значительно меньше разработана проблема коррекции более характерных для экономических систем дискретных значений показателей, которые наблюдаются в условиях случайных искажений. Известные формализованные методы синтеза фильтров Н. Винера, А.Н. Колмогорова, Ч. Бутона, Р. Калмана для таких систем малопригодны. Эвристические алгоритмы, восстанавливающие искаженные наблюдения, предложены К. Фу в работе [206], но вопрос разработки обобщенного метода их синтеза практически не решен, в том числе и для экономических систем. Рассмотренные в указанных работах подходы к формализации и решению задач коррекции результатов контроля нехарактерны для практики управления экономическими системами. Таким образом, вопросы повышения достоверности результатов однопараметрического контроля и коррекции значений дискретных параметров, характеризующих экономическое состояние ИОС при выполнении проекта в рамках государственного контракта, и в теоретическом, и в прикладном аспектах исследованы недостаточно и требуют более глубокой разработки.

В отличие от однопараметрического случая вопросам оценивания и анализа достоверности многопараметрического контроля с учетом инструментальных, методических и интерпретационных ошибок посвящено сравнительно немного работ. Для оценивания достоверности результатов работы собственно системы многопараметрического контроля необходимо располагать аналитическими соотношениями, связывающими характеристики случайных искажений и отсутствия отдельных признаков  $x^{\Pi}$  с достоверностью результатов контроля  $\tilde{a}$ . В известных работах, посвященных аналогичным вопросам [34, с. 286-369; 203, с. 48-128; 235, с. 91-115], подобные соотношения получены в среднем при следующих предположениях:

- взаимной независимости признаков  $\vec{x}^{\Pi}$ ;
- неслучайности состава неконтролируемых (отсутствующих) признаков;
- взаимной независимости инструментальных и методических ошибок контроля.

Это ограничивает область их прикладного использования, в частности, не позволяет проводить анализ достоверности контроля выполнения динамических мероприятий ИОС, когда признаки, характеризующие изменение значений контролируемых показателей во времени, являются зависимыми, а также анализировать влияние случайного отсутствия признаков на достоверность результатов итогового контроля. Большинство известных формализованных методов повышения достоверности многопараметрического контроля основывается на использовании информационной избыточности анализируемой информации и может быть разделено на две группы:

- использующие структурную избыточность показателей, обусловленную взаимозависимостью контролируемых параметров ИОС  $\vec{x}^n$ ;
- использующие временную избыточность контролируемых показателей, других параметров и оценок экономического состояния ИОС.

Методы первой группы применяются в сложных системах на этапе идентификации их состояния и в теоретическом отношении базируются на принципах известной теории распознавания образов в условиях «зашумленности» значений показателей [69], при этом контроль должен строиться в соответствии со статистически оптимальными правилами принятия решения о классифицируемых состояниях системы. Однако синтез и реализация таких правил связаны с преодолением как методологических, так и математических трудностей больших размерностей, так как количество характеризующих экономическое состояние ИОС показателей может быть достаточно велико. По этим причинам подобные методы классификации в экономическом анализе состояния ИОС не нашли широкого применения.

Более удобные структурные методы классификации, основанные на вероятностных моделях, на практике также редко используются, поскольку их эффективность в существенной мере определяется точностью задания вероятностей состояний системы, а ИОС при выполнении проектов, как правило, являются достаточно уникальными системами, и объем приемлемой

статистической информации о них ограничен. Известны попытки разработать методы оценивания состояний сложных систем в обобщенном виде в условиях искажений и отсутствия значений показателей с использованием методов теории «искусственного интеллекта», однако существенные результаты в этой области, непосредственно применимые к организационно-экономическим системам, и в частности к ИОС, практически неизвестны.

Методы повышения достоверности контроля, основанные на временной избыточности значений показателей анализируемых процессов, более распространены, и в основном они базируются на принципах обобщенной коррекции значений показателей, не привязанной к конкретной предметной области. При многопараметрическом контроле динамических (распределенных во времени) многоэтапных мероприятий ИОС удельный вес подлежащих коррекции дискретных процессов выше, чем при однопараметрическом, в этом случае повышаются важность и актуальность задачи разработки подходов к оцениванию достоверности и коррекции дискретных последовательностей результатов контроля. На практике при выполнении проектов в рамках государственных контрактов такой коррекции целесообразно подвергать результаты контроля и до начала осуществления запланированной последовательности организационно-экономических мероприятий, и на каждом этапе их проведения, и по окончании.

На каждом из описанных выше иерархических уровней состояние рассматриваемой ИОС характеризуется одной из совокупностей оценок –  $\vec{x}$ ,  $\vec{x}^n$  или  $\vec{a}$ , и проблема повышения достоверности контроля состоит в повышении верности результирующей оценки состояния  $\vec{a}$  и определяющих ее промежуточных оценок –  $\vec{x}$  и  $\vec{x}^n$ . Формулировка и решение подобных задач и выбор методов повышения верности указанных оценок могут быть произведены только после построения соответствующих формализованных моделей. Обычно к многофакторной модели экономической системы предъявляются противоречивые требования простоты и точности описания оригинала, компромисс достигается в



том случае, когда в модели удастся зафиксировать лишь наиболее важные свойства объекта-оригинала. Обозначим  $X = \{x^1, \dots, x^\mu, \dots, x^M\}$  множество возможных оценок процесса контроля  $x(t)$ , по сути значения  $x^\mu$  представляют собой оценки состояний этого процесса, а сечение его в любой момент времени  $t_i$  достаточно полно характеризуется набором вероятностей  $P\{x(t_i) = x^\mu\}$  при  $\mu = 1, \dots, M$ .

Важнейшими общими свойствами всех рассмотренных выше процессов контроля экономического состояния ИОС являются непредсказуемость и неопределенность их поведения в будущем, и для их описания могут быть использованы наиболее разработанные и показавшие свою эффективность на практике различные случайные процессы. При этом целесообразно использовать только те из них, которые описываются с помощью небольшого числа наиболее сильно влияющих параметров и соответствуют особенностям реальных процессов контроля в ИОС при выполнении проекта. В этом смысле наиболее унифицированными являются марковские процессы, в общем случае ими могут быть описаны как непрерывные, так и дискретные случайные процессы с непрерывным и дискретным временем.

В основном известные виды моделей в сложных системах базируются на использовании непрерывных марковских процессов, для которых получены достаточно обширные теоретические и прикладные результаты. В частности, отдельные проблемы анализа непрерывных процессов при контроле обобщенных сложных систем рассмотрены в работах [34, с. 537-539; 203, с. 397-492; 131, 206]. Вместе с тем основная часть процессов контроля, оценивание результатов которых необходимо в анализе организационно-экономического состояния ИОС при выполнении проекта, относится к дискретному типу (например, количество производственных единиц, ассортимент освоенной продукции, число обслуженных заказчиков, количество внедренных технологических процессов и др.). Соответственно повышение верности оценок дискретных процессов

контроля состояния ИОС, осуществляющей свою деятельность в рамках государственного контракта, представляет собой актуальную проблему, имеющую важное теоретическое и хозяйственное значение.

Для количественного оценивания достоверности результатов контроля состояния ИОС при обосновании принимаемых управленческих решений для перехода от значений совокупности контролируемых показателей к оцениванию этой достоверности может быть использован подход, основанный на представлении результатов контроля в алфавитном виде. Рассмотрение ИОС в виде формализованной модели предполагает, что исходной информацией для методов контроля является совокупность дискретных признаков  $\vec{z}^n \in Z^n$ , которые представляют собой результаты преобразования оценок непрерывных параметров ИОС  $\vec{x}$  к более удобному для анализа алфавитному виду. Сущность такого преобразования состоит в сопоставлении значений контролируемых показателей с границами заранее назначенных ранжированных диапазонов их значений. При этом значение каждого показателя в зависимости от того, к какому диапазону относится наблюденное значение, соответствует номеру (или идентификатору) этого диапазона – букве алфавита значений показателя. Естественно, что дискретные параметры ИОС, уже представленные в алфавитной форме, такому преобразованию не подвергаются. Таким образом, на этапе формирования комплекса значений контролируемых показателей производится аппроксимация непрерывных параметров бизнес-процессов ИОС.

Для непосредственного анализа все разновидности исследуемых систем удобно разделить на два типа: статические и динамические. Под статическими интегрированными организационными структурами (СИОС) будем понимать такие, состояние которых может быть определено в любой момент времени и полностью характеризуется вектором мгновенных значений показателей  $\vec{z}_i^n, i \in I$  (собственно ИОС). Под динамическими интегрированными организационными структурами (ДИОС) будем подразумевать такие, состояние которых может быть

определено лишь после анализа всех наблюдений  $\vec{z}_{[i_n; i_k]}^\Pi$ , полученных в течение интервала  $I = [i_n; i_k]$ . В течение этого интервала ИОС осуществляет заранее запланированную последовательность распределенных во времени мероприятий, направленных на достижение единой цели (например, выход ИОС на новый рынок, взаимное согласование нескольких технологических процессов или выполнение обособленного этапа крупного проекта).

Тогда статический контроль состояния ИОС в общем виде можно представить как классификацию ее мгновенных образов. Более сложной является процедура оценивания состояний динамической системы. Для выявления состояния «целевое функционирование на интервале времени  $[i_n; i_k]$ » необходимо проанализировать на этом интервале все изменения процесса  $\vec{z}_{[i_n; i_k]}^\Pi$ . Обозначим множество всех отрезков, рассматриваемых на различных подинтервалах  $\Delta i \subseteq [i_n; i_k]$ , символом  $Z^{\Delta i}$ , каждый элемент этого множества представляет собой отрезок конкретной реализации наблюдения  $\vec{z}_{[\Delta i]}^\Pi$ , отнесенный к интервалу  $\Delta i$ . Поскольку для распознавания состояний ДИОС компоненты вектора  $\vec{z}^\Pi$  требуется рассматривать на различных интервалах времени, то элементами множества образов классифицируемых состояний являются всевозможные наборы различных по длительности отрезков  $\vec{z}_{[\Delta i]}^\Pi$ . Для формализованного анализа выражений введем следующие обозначения:

$N = \{1, \dots, n, \dots, N\}$  – множество названий контролируемых параметров ИОС; упорядоченная их последовательность образует вектор  $\vec{z}^\Pi$ ;

$I = \{1, \dots, i, \dots, I\}$  – множество моментов времени, входящих в интервал  $[i_n; i_k]$ ;

$J_n = \{1, \dots, j, \dots, J_n\}$  – множество значений  $n$ -го показателя (параметра) ИОС;

$S$  – поверхность, характеризующая истинное (фактическое) состояние ИОС;

$\tilde{S}$  – поверхность, наблюдаемая с помощью системы контроля состояния ИОС.

Выберем из всех множеств  $J_n$  самое обширное ( $J_{\max}$ ), оно содержит в себе любое из оставшихся множеств  $J_n$ . Образует дискретное пространство  $\Pi = N \times J_{\max} \times I$ . Совокупность истинных (фактических) состояний  $\vec{x}_i^\Pi$  системы, рассматриваемых на множестве моментов времени  $I$ , может быть представлена в виде некоторой поверхности  $S$  в пространстве  $\Pi$ . Аналогичную геометрическую интерпретацию имеет и отрезок траектории наблюдаемого дискретного процесса  $\vec{z}_{[1,I]}^\Pi$  в пространстве  $\Pi$  – это поверхность  $\tilde{S}$ . Различие поверхностей  $S$  и  $\tilde{S}$  обусловлено искажениями и отсутствием значений отдельных контролируемых показателей.

Для контроля состояния СИОС достаточно проанализировать какое-либо одно сечение поверхности  $\tilde{S}$  при произвольном  $i \in I$ . Поскольку этим сечением является некоторая кривая в пространстве  $\Pi_c = N \times J_{\max}$ , то процедура определения указанного состояния сводится к процедуре классификации плоских кривых (образов) в дискретном пространстве [177, 178, 235, с. 111-129]. При контроле экономического состояния ДИОС анализироваться должна уже вся поверхность  $\tilde{S}$ , форма которой и определяет наблюдаемое состояние системы. В этой терминологии контроль экономического состояния ИОС в общем случае представляет собой классификацию полученного многомерного образа, заданного в дискретном пространстве, поэтому анализ достоверности такого контроля возможно проводить с позиций исследования достоверности классификации образов.

Для реализации в СППР указанное многомерное пространство показателей может быть представлено в виде полярной системы координат. Одномоментные значения всех показателей (параметров ИОС) описываются на полярной диаграмме, ортогонально к ней через точку «0» проводится ось времени. При

таким представлении пространства параметров форма «фактической» поверхности будет характеризовать состояние ИОС в динамике, а сечение этой поверхности в любой момент времени – в статике. Аналогичным образом строится и «эталонная» поверхность на тех же осях координат. Тогда различия между этими поверхностями будут характеризовать отклонение состояния ИОС от эталонного. При превышении величинами отличий своих пороговых значений, определенных экспертным путем, должно приниматься решение о коррекции состояния ИОС.

Для автоматизации сравнения фактической и эталонной поверхностей целесообразно найти абсолютные (со знаком) расхождения по каждому показателю, эти разности нормализовать по эталонному значению показателя и отложить в аналогичной системе координат. Получится «разностная» объемная диаграмма. Учитывая, что нормализованные отклонения для реально существующих ИОС будут по модулю небольшими и примерно предсказуемыми, «нулевую» отметку на каждой шкале можно сместить в середину ее. Тогда идеальное состояние ИОС в динамике будет описываться почти цилиндрической поверхностью в этой системе координат, а ее сечение для выбранного момента времени – окружностью. Любое расхождение с этой окружностью будет характеризовать отклонение фактических значений параметров состояния ИОС по величине, направлению и сути соответствующего показателя и являться основанием для принятия управленческого решения по коррекции состояния.

При описанной нормализации всех показателей указанные выше области до пороговых уровней (в положительную и отрицательную стороны) будут представлять собой области допустимых значений параметров. В полярной системе координат со смещенными нулевыми отметками совокупно они будут иметь форму кольца вокруг нулевых значений показателей, причем интервалы варьирования значений по каждой из осей будут отличаться незначительно. Чем больше число показателей будет использовано для контроля состояния ИОС, тем меньшее влияние каждый из них будет оказывать на форму кольца. Для уменьшения ошибок контроля целесообразно однотипные по своей сути

показатели расположить на смежных осях координат. В динамике совокупная ОДЗ всех показателей будет представлять собой пространство между двумя относительно идеальными цилиндрами.

Для автоматизированного выявления «выходов» параметров состояния ИОС за пределы совокупной ОДЗ в качестве индикаторов могут использоваться величины пикового и/или Евклидова расстояний от ближайшего края совокупной ОДЗ до точки, описывающей фактическое состояние ИОС. С помощью пикового расстояния можно выявлять критические «выходы» значений 1-3 показателей, с помощью Евклидова – одновременно многих (реже – всех) показателей. Учитывая, что при построении указанных поверхностей в полярной системе координат нормализация показателей уже выполнялась, повторное ее осуществление при вычислении Евклидова и/или пикового расстояний не требуется. На практике при реализации в СППР представляется целесообразным вычисление обоих расстояний, превышение ими своих пороговых значений будет являться основанием для запуска тех или иных процедур подготовки коррекции состояния ИОС, сбора дополнительной информации, определения величин и направлений управляющих воздействий.

Границы ОДЗ по каждому параметру устанавливаются экспертным путем, величины отклонений совместно с формой фигуры, описывающей состояние ИОС, целесообразно использовать для разработки последовательности корректирующих мероприятий. При необходимости могут анализироваться аналогичные полярные диаграммы за предыдущие периоды времени и/или для других однотипных предприятий. При описанном подходе к построению «разностной» полярной диаграммы многие текущие изменения структуры ИОС, обусловленные, например, слияниями и разделением предприятий, не должны приводить к существенным искажениям формы поверхности совокупной ОДЗ. Поэтому процедуры автоматизированного анализа в этих случаях могут оставаться почти неизменными, возможно также их тиражирование для СППР других сопоставимых ИОС.

Рассмотрим двухальтернативный («ИОС функционирует в соответствии с целями» или «ИОС не функционирует в соответствии с целями») подход к получению обобщенных формализованных соотношений для оценивания достоверности контроля выполнения ИОС динамических многоэтапных мероприятий на некотором интервале  $[1; L]$ . Указанные два статических ее состояния фактически являются частными случаями динамических состояний, а статическая модель системы может обобщена путем добавления в пространство  $\Pi$  еще одного измерения (оси времени). Тогда контроль выполнения динамической последовательности мероприятий на интервале  $[1; L]$  эквивалентен распознаванию формы поверхности  $\tilde{S}$  на этом интервале. Соответственно в общем случае представляют интерес формализованные соотношения, связывающие итоговую достоверность результата классификации состояния ИОС с достоверностью каждой точки наблюдаемой поверхности  $\tilde{S}$ .

Структура таких соотношений в значительной мере определяется вероятностной связью контролируемых показателей (точек поверхности  $\tilde{S}$ ), а также от того, как учитывается эта взаимосвязь при разработке методик контроля состояния ИОС при выполнении проекта. Традиционно принято, что если методами контроля предусматривается использование структурной и/или вероятностной избыточности показателей (т. е. в них заложены свойства в определенной степени противостоять действию внешних отрицательных для контроля факторов), то их называют защищенными, в противном случае – незащищенными.

Получение формализованных соотношений для достоверности контроля экономического состояния ИОС с помощью защищенных методов на основе вероятностной избыточности показателей обычно затруднительно по следующим причинам:

- эти системы являются существенно многофакторными во многих аспектах (часто даже не весь перечень факторов известен), при этом формализованное отображение взаимодействия такого их количества с формированием

вероятностных оценок почти неосуществимо;

- при описании в большинстве случаев они характеризуются значительными уровнями неопределенностей разного рода, сложно изменяющимися с течением времени и неопределяемыми формализовано;

- известный математический эффект перемножения вероятностей для иерархических структурно сложных систем почти всегда приводит к получению близких к нулю значений итоговых показателей;

- в экономических системах, функционирующих в условиях реального рынка, обеспечить избыточные достоверности первичных показателей для формирования в последующем достаточных значений вероятностей итоговых показателей в основном проблематично;

- рассматриваемые ИОС обычно являются уникальными, и по этой причине необходимые для полноценных расчетов статистические данные очень часто просто отсутствуют.

Защищенные методы контроля на основе структурной избыточности показателей для анализа таких ИОС более применимы. Представляется, что целесообразно использование для этих целей известных и хорошо зарекомендовавших себя методов теории надежности, позволяющих в явном виде оценить необходимую избыточность источников данных о состоянии ИОС, исходя из ее структуры и свойств информационных потоков. Негативной особенностью данных методов является их высокая трудоемкость при получении аналитических выражений для количественного оценивания структурной избыточности. По этой причине чаще всего в практике исследований такие методы базируются на экспоненциальных законах распределений компонентов структуры рассматриваемой сложной системы, что позволяет немного снизить уровень трудоемкости, но не приводит к кардинальному решению проблемы. Одним из подходов к частичному ее решению может быть следующий способ.

При разработке вероятностных моделей и оценивании параметров ИОС классическими методами теории надежности часто возникает необходимость



вычисления выражений вида [88, 162, 195, с. 106-107, 173-228]:

$$\begin{aligned}
 B(t) = & A_0 e^{-s\lambda t} + A_1 e^{-(s-1)\lambda t} \int_0^t e^{-\lambda x_1} dx_1 + A_2 e^{-(s-2)\lambda t} \int_0^t e^{-\lambda x_1} \int_{x_1}^t e^{-\lambda x_2} dx_1 dx_2 + \\
 & + A_3 e^{-(s-3)\lambda t} \int_0^t e^{-\lambda x_1} \int_{x_1}^t e^{-\lambda x_2} \int_{x_2}^t e^{-\lambda x_3} dx_1 dx_2 dx_3 + \dots + \\
 & + A_y e^{-(s-y)\lambda t} \int_0^t e^{-\lambda x_1} \int_{x_1}^t e^{-\lambda x_2} \dots \int_{x_{y-1}}^t e^{-\lambda x_y} dx_1 dx_2 \dots dx_y,
 \end{aligned} \tag{1.3.13}$$

где  $A_j = \text{const}$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, y$ ).

Непосредственное интегрирование обычно достаточно трудоемко, а использование численных методов не всегда обеспечивает необходимую точность. Для аналитического решения таких выражений может быть использован матричный способ, суть которого заключается в следующем. Независимо от значений  $s, y, A_j$  решение всегда будет иметь такой вид:

$$B(t) = G_0 e^{-s\lambda t} + G_1 e^{-(s-1)\lambda t} + G_2 e^{-(s-2)\lambda t} + \dots + G_y e^{-(s-y)\lambda t}, \tag{1.3.14}$$

где  $G_j = \text{const}$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, y$ ).

Нахождение решения сводится к определению коэффициентов  $G_0, G_1, G_2, \dots, G_y$ . Для этого сначала строится матрица  $\{g_{ij}\}$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, y; j = 0, 1, 2, \dots, y$ ), являющаяся нижней треугольной матрицей, т. е.  $\{g_{ij}\} = 0$  для всех  $i < j$ . Элементы нулевого столбца вычисляются по формуле:

$$g_{i0} = (-1)^i \quad \text{при } i = 0, 1, 2, \dots, y. \tag{1.3.15}$$

Остальные элементы определяются в соответствии с выражением:

$$g_{ij} = (-1)^j \cdot |g_{(i-1)(j-1)}| + (-1)^j \cdot |g_{(i-1)j}|, \tag{1.3.16}$$

где  $|g|$  – абсолютное значение числа  $g$ ;  $i = 1, 2, \dots, y; j = 1, 2, \dots, y$ .

Принцип вычисления значений элементов матрицы  $\{g_{ij}\}$  с помощью этих выражений во многом аналогичен расчету элементов «треугольника Б. Паскаля». Далее находятся коэффициенты пропорциональности строк ( $R_i$ ) для всех  $i = 0, 1, 2, \dots, y$ :

$$R_i = \begin{cases} A_0 & \text{при } i = 0, \\ \frac{A_i}{R_{(i-1)}g_{i1}} & \text{при } i \neq 0. \end{cases} \quad (1.3.17)$$

Затем строится квадратная матрица  $\{u_{ij}\}$  по правилу:

$$u_{ij} = R_i \cdot g_{ij} \quad \text{при } i = 0, 1, 2, \dots, y \quad \text{и} \quad j = 0, 1, 2, \dots, y. \quad (1.3.18)$$

Коэффициенты  $G_0, G_1, G_2, \dots, G_y$  вычисляются по формуле:

$$G_j = \sum_{i=0}^y u_{ij}. \quad (1.3.19)$$

Использование этого способа определения параметров модели источников информации об ИОС существенно снижает трудоемкость расчетов и делает ее приемлемой для практического использования при обеспечении структурной избыточности показателей, кроме того, что немаловажно, позволяет алгоритмизировать процесс расчетов для реализации в виде компьютерных технологий моделирования [44].

Однако защищенные методы, использующие избыточность информации о территориально-распределенной ИОС, основаны на особенностях ее структуры и бизнес-процессов и обуславливают уникальность получаемых с их помощью соотношений и моделей. Соответственно такие методы целесообразно применять только для относительно простых и «типовых» контролируемых подсистем, когда трудоемкость разработки моделей разумна и оправдана, или для тех, по которым имеется большой статистический материал. Защищенные методы являются несколько теоретизированными, и на практике для многих экономических систем, особенно если их деятельность носит существенно инновационный и адаптационный характер, защищенные методы трудно применимы для разработки глобальных моделей. В этих ситуациях используют незащищенные методы.

Получение формализованных соотношений для незащищенных методов контроля экономического состояния ИОС при выполнении проекта рассмотрим для наиболее «неблагоприятного» контроля. Как было указано выше,

функционирование органов управления ИОС, составной частью которых являются системы контроля, осуществляется в условиях, когда возможны случайные искажения и отсутствие части значений показателей. В терминах описанной выше модели это означает, что на каждом  $i$ -м этапе контроля некоторые компоненты вектора  $\vec{z}_i^{\Pi}$  могут быть искаженными или отсутствовать. При двухальтернативном контроле все множество поверхностей, принадлежащих дискретному пространству  $\Pi$ , разбивается на два класса. К первому классу относят некоторую эталонную поверхность или объединение нескольких поверхностей  $S_3 \subset \Pi$ , соответствующих «целевому» функционированию ИОС на интервале  $[1; L]$ , все остальные поверхности пространства  $\Pi$  образуют второй класс и характеризуют «нецелевое» функционирование исследуемой ИОС.

Для удобства формализации введем дополнительные обозначения:

$K_1 = \{1, \dots, k_1, \dots, K_1\}$  и  $K_2 = \{1, \dots, k_2, \dots, K_2\}$  – подмножества точек поверхности  $S$ , которые в данном процессе контроля доступны и недоступны наблюдению соответственно;

$K = K_1 \cup K_2 = \{1, \dots, k, \dots, K\}$  – множество точек, составляющих поверхность  $S$ ;

$A$  и  $\bar{A}$  – события, заключающиеся в том, что ИОС функционировала «в соответствии с целями» ( $S \subset S_3$ ) и «не в соответствии с целями» ( $S \not\subset S_3$ ) соответственно;

$\tilde{A}$  и  $\bar{\tilde{A}}$  – события, заключающиеся в том, что система контроля выдала решения о «целевом» и «нецелевом» функционировании ИОС соответственно;

$A_{K_1}$  и  $\bar{A}_{K_1}$  – события, состоящие в том, что точки из множества  $K_1$  принадлежат ( $K_1 \subseteq S_3$ ) и не принадлежат ( $K_1 \not\subseteq S_3$ ) поверхности  $S_3$  соответственно;

$A_{K_2}$  и  $\bar{A}_{K_2}$  – события, состоящие в том, что точки из множества  $K_2$  принадлежат ( $K_2 \subseteq S_3$ ) и не принадлежат ( $K_2 \not\subseteq S_3$ ) поверхности  $S_3$  соответственно;

$A_{k_1}$  и  $A_{k_2}$  – элементарные события, состоящие в том, что точки  $k_1 \in K_1$  и

$k_2 \in K_2$  принадлежат поверхности  $S_3$  соответственно;

$\bar{A}_{k_1}$  и  $\bar{A}_{k_2}$  – элементарные события, состоящие в том, что точки  $k_1 \in K_1$  и

$k_2 \in K_2$  не принадлежат поверхности  $S_3$  соответственно;

$\tilde{A}_k$  и  $\bar{\tilde{A}}_k$  – элементарные события, состоящие в том, что наблюдаемые

отдельные  $k$ -е значения показателей (компоненты векторов  $\bar{z}_i^n, i \in I$ ) принадлежат и не принадлежат поверхности  $S_3$  соответственно;

Д – событие, заключающееся в безошибочности результата контроля состояния ИОС на этапе сбора и предварительной обработки значений контролируемых показателей (без их экономической интерпретации) [235, с. 122-138].

Анализ функционирования системы контроля экономического состояния ИОС при выполнении проекта можно выполнить в два этапа:

1) при сборе и предварительной обработке значений контролируемых показателей (без интерпретации);

2) при интерпретации этих значений и принятии управленческого решения о состоянии ИОС.

На первом этапе рассмотрим работу собственно системы контроля («технической» ее части) экономического состояния ИОС с позиции оценивания инструментальных и методических ошибок. В результате действия внешних и внутренних отрицательных факторов, приводящих к случайным искажениям и отсутствию части значений контролируемых показателей, фактическим элементарным событиям  $A_k$  для любых  $k \in K_1$  могут соответствовать как события

$\tilde{A}_k$ , так и  $\bar{\tilde{A}}_k$ . Аналогичная ситуация справедлива и для фактических событий  $\bar{A}_k$  для любых  $k \in K_1$ . Тогда для любого  $k \in K_1$  возможно появление одного из

четырёх событий:  $A_k \tilde{A}_k, A_k \bar{\tilde{A}}_k, \bar{A}_k \tilde{A}_k, \bar{A}_k \bar{\tilde{A}}_k$ , и их вероятности

$$P\{A_k \tilde{A}_k\}, P\{A_k \bar{\tilde{A}}_k\}, P\{\bar{A}_k \tilde{A}_k\}, P\{\bar{A}_k \bar{\tilde{A}}_k\}$$

или условные вероятности

(1.3.20)

$$P\{\tilde{A}_k/A_k\}, P\{\bar{\tilde{A}}_k/A_k\}, P\{\tilde{A}_k/\bar{A}_k\}, P\{\bar{\tilde{A}}_k/\bar{A}_k\}$$

достаточно хорошо характеризуют достоверность формирования элементов наблюдаемой поверхности  $\tilde{S}$ . Оцениваться эти вероятности могут с помощью известных методов для однопараметрического контроля состояния системы [34, с. 67-102; 203, с. 132-158].

В случае отсутствия части значений показателей ( $K_2 \neq \emptyset$ ) для сохранения возможности получения определенного решения в технологии контроля должно быть предусмотрено принятие решения по априорным данным, в частности по нормативным или среднестатистическим значениям параметров подсистем (предприятий) ИОС при выполнении «усредненного» проекта. Желательное решение по каждому отсутствующему значению показателя  $k_2 \in K_2$  состоит в отнесении его к поверхности  $S_3$ , достоверность такого решения характеризуется вероятностью  $P\{A_{k_2}\}$ , представляющей собой вероятность «целевого» функционирования той структурной части ИОС, которая контролируется с помощью показателя  $k_2$ . В общем случае эта вероятность может быть определена следующим образом:

$$P\{A_{k_2}\} = P\{A_{k_2} \tilde{A}_{k_2}\} + P\{A_{k_2} \bar{\tilde{A}}_{k_2}\}. \quad (1.3.21)$$

При этом, так как ИОС объективно существует и функционирует на рынке и ее показатели «сознательно никто не ухудшает», на практике традиционно можно считать  $P\{A_{k_2}\}$  больше 0,5 (для одного показателя). Тогда правдоподобнее предполагать, что отсутствующее значение свидетельствовало о «целевом» функционировании ИОС. Заметим, что вероятности событий (1.3.20) позволяют характеризовать достоверность решений и в случае отсутствия значения показателя.

Получение аналитических соотношений для оценивания достоверности собственно (без интерпретации) контроля заключается в нахождении зависимости

для показателя достоверности  $DV_{\text{ин+мет}}$  в виде некоторой функции от условных вероятностей событий (1.3.20) при условии фиксации множества  $K_2$ . Безошибочность результата работы системы контроля ИОС в принятых обозначениях соответствует совместному наступлению событий ( $A$  и  $\tilde{A}$ ) или ( $\bar{A}$  и  $\bar{\tilde{A}}$ ), что можно записать формализовано:

$$D = A\tilde{A} + \bar{A}\bar{\tilde{A}}. \quad (1.3.22)$$

Поскольку обычно в конкретном процессе контроля наблюдению доступны не все точки поверхности  $S$ , то справедливо равенство [235, с. 136-152]:

$$D = A_{K_1}A_{K_2}\tilde{A} + A_{K_1}\bar{A}_{K_2}\bar{\tilde{A}} + \bar{A}_{K_1}A_{K_2}\tilde{A} + \bar{A}_{K_1}\bar{A}_{K_2}\bar{\tilde{A}}. \quad (1.3.23)$$

Каждое слагаемое выражений (1.3.22) и (1.3.23) является событием, соответствующим безошибочному результату контроля, логическая сумма этих попарно несовместных событий и составляет событие  $D$ . Тогда вероятность отсутствия ошибок при работе собственно системы контроля ИОС (без интерпретации результатов) при выполнении проекта может быть выражена так:

$$DV_{\text{ин+мет}} = P\{A_{K_1}A_{K_2}\tilde{A}\} + P\{A_{K_1}\bar{A}_{K_2}\bar{\tilde{A}}\} + P\{\bar{A}_{K_1}A_{K_2}\tilde{A}\} + P\{\bar{A}_{K_1}\bar{A}_{K_2}\bar{\tilde{A}}\}, \quad (1.3.24)$$

Следует отметить, что достоверность  $DV_{\text{ин+мет}}$  не равна произведению ( $DV_{\text{ин}} \cdot DV_{\text{мет}}$ ), что обусловлено зависимостью событий, отражающих методические и инструментальные ошибки (их описание приведено выше). Во многих научных трудах, в основном посвященных детальному анализу технических и близких к ним систем, вероятностные соотношения для инструментальной и методической достоверностей контроля состояния сложной системы часто традиционно выводятся изолированно друг от друга в предположении о независимости инструментальных и методических ошибок. В качестве общего выражения для достоверности контроля  $DV_{\text{ин+мет}}$  принимается их произведение ( $DV_{\text{ин}} \cdot DV_{\text{мет}}$ ). В простых системах для снижения трудоемкости моделирования это допустимо, однако в практике функционирования органов управления организационно-экономическими системами указанные ошибки

обычно зависимы как составные части единой комплексной системы сбора информации и контроля состояния, и неучет зависимости событий, отражающих эти ошибки, может приводить к получению искаженных оценок названной достоверности.

На основе (1.3.24) в работе [235, с. 141-159] для другого типа систем получено обобщенное соотношение, позволяющее выразить аналогичную искомую вероятность через вероятности элементарных событий при фиксации множества несформированных значений показателей  $K_2$ :

$$DV_{\text{ин+мет}} = 1 - P\left\{\prod_{k \in K_1} A_k\right\} - P\left\{\prod_{k \in K_1} \tilde{A}_k\right\} + 2P\left\{\prod_{k \in K_1} A_k \tilde{A}_k \prod_{k \in K_2} A_k\right\}, \quad (1.3.25)$$

которое объединяет формулы для инструментальной ( $K_2 = \emptyset$ ,  $K_1 = K$ ) и методической достоверностей ( $A_k = \tilde{A}_k$ ,  $\bar{A}_k = \tilde{\bar{A}}_k$  при любых  $k \in K_1$ ) контроля состояния системы. Из-за случайного пропадания этих значений в каждом процессе контроля составы множества  $K_2$  различны, и значения достоверности результатов, полученных в разных процедурах контроля, различаются между собой случайным образом. Т. е. достоверность (1.3.25) является дискретной случайной величиной, зависящей от размеров и состава множества  $K_2$ , и тогда при всяком фиксированном наборе  $K_2^*$  случайная величина  $DV(\hat{K}_2)$  принимает следующее значение [235, с. 149-162]:

$$DV(K_2^*) = 1 - P\left\{\prod_{k \in K/K_2^*} A_k\right\} - P\left\{\prod_{k \in K/K_2^*} \tilde{A}_k\right\} + 2P\left\{\prod_{k \in K/K_2^*} A_k \tilde{A}_k \prod_{k \in K_2^*} A_k\right\}. \quad (1.3.26)$$

Для получения количественных оценок  $DV(\hat{K}_2)$  в этой же работе предложено использовать ее математическое ожидание, являющейся достаточной и удобной характеристикой степени доверия к результатам контроля при случайном отсутствии отдельных значений показателей. Там же приведены методики расчета слагаемых в правой части выражений (1.3.25) и (1.3.24), пригодные для исследования ИОС.

Однако непосредственный расчет такого математического ожидания по типовым вероятностным методикам и использование его в качестве достоверности контроля экономического состояния ИОС представляется нецелесообразным. Такой подход не учитывает влияние состава множества недоступных для наблюдения параметров на результаты контроля, т. к. всегда присутствующая структурная избыточность перечня контролируемых показателей по-разному проявляется для различных сочетаний этих показателей в  $K_2$ . Для преодоления этого на первом этапе контроля (до начала интерпретации результатов) искомую вероятность  $DV_{ин+мет}$  можно рассчитать как среднюю оценку:

$$\overline{DV}_{ин+мет} = \sum_{K_2 \in B(K)} [DV(K_2) \cdot P\{K_2\} \cdot KR(K_2) \cdot DL(K_2)], \quad (1.3.27)$$

где  $P\{K_2\}$  – вероятность того, что множество  $K_2$  будет содержать количество элементов, равное мощности соответствующего подмножества;  $B(K)$  – множество всех подмножеств множества  $K$ ;  $KR(K_2)$  – коэффициент критичности состава множества  $K_2$  для получения ошибочных оценок состояния ИОС, изменяющийся в диапазоне от 0 (очень критичный) до 1 (не критичный), не включая границы;  $DL(K_2)$  – доля мощности множества  $K_2$  в  $K$ .

Более корректный вид этого выражения должен содержать и вероятности взаимосвязи элементов множеств  $K_2 \in B(K)$ . Однако в практике контроля достаточно распространенной является ситуация, когда события, состоящие в отсутствии отдельных элементов поверхности  $S$ , являются независимыми.

На втором этапе рассмотрим работу системы контроля ИОС при экономической интерпретации полученных значений параметров и принятии решений о ее состоянии с позиции оценивания ошибок интерпретации ( $DV_{инт}$ ). Обычно опытные и высококвалифицированные сотрудники органа управления при анализе комплекса полученных значений контролируемых показателей, характеризующих экономическое состояние ИОС, могут частично компенсировать ошибки, возникшие при сборе информации или из-за отсутствия



значений отдельных показателей, и тем самым улучшить достоверность результатов контроля. Это обусловлено тем, что, несмотря на стремление сократить число контролируемых показателей, на практике из-за взаимовлияния не удастся подобрать такой их комплекс, чтобы он имел нулевую информационную избыточность (соответствующую абсолютному минимуму их количества). В свою очередь, неквалифицированные действия сотрудников органа управления на этапе интерпретации могут ухудшить достоверность полученных на предыдущих этапах результатов оценивания состояния ИОС. Поэтому этап интерпретации играет существенную роль в получении итоговых оценок достоверности результатов контроля экономического состояния мультипроектной ИОС при выполнении проекта. Кроме того, при составлении формализованных соотношений должен быть учтен некоторый уровень неоднозначности интерпретации комплекса значений показателей, обусловленный сложностью и инновационностью проектов, выполняемых ИОС.

Как уже было отмечено выше  $DV_{\text{инт}}$  представляет собой вероятность отсутствия ошибок интерпретации ( $P_{\text{инт}}$ ) и может рассчитываться по формуле (1.3.18) следующим образом:

$$P_{\text{инт}} = P_{\text{квал}} \cdot P_{\text{эм.сост}} \cdot P_{\text{дост.инф}} \cdot P_{\text{дост.вр}} \cdot P_{\text{ОДЗ}}. \quad (1.3.28)$$

Рассмотрим подходы к количественной оценке указанных составляющих.

$P_{\text{квал}}$  – вероятность достаточности квалификации сотрудников органа управления. Ее величина зависит от очень многих факторов и аналитически может быть описана аддитивной многофакторной моделью. В частности, для трех факторов она может быть представлена так:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = (a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1x_2 + a_5x_1x_3 + a_6x_2x_3 + a_7x_1^2x_2 + a_8x_1^2x_3 + a_9x_2^2x_3 + a_{10}x_1x_2^2 + a_{11}x_1x_3^2 + a_{12}x_2x_3^2 + a_{14}x_1x_2x_3) \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{у}} \cdot K_{\text{ш}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (1.3.29)$$

где  $x_1, x_2, x_3$  – влияющие факторы;  $a_i$  – коэффициенты, определяющие силу влияния соответствующих факторов и их совокупностей;  $K_{\text{н}}$  – коэффициент, характеризующий направление деятельности ИОС (сектор экономики);  $K_{\text{у}}$  – коэффициент, характеризующий уровень органа управления;  $K_{\text{ш}}$  – коэффициент,

характеризующий количество и структуру штатного состава органа управления;  $K_d$  – коэффициент, комплексно характеризующий другие особенности деятельности органа управления ИОС.

На практике она находится с использованием статистических или вероятностных методов на основе указанной выше информации для различных комбинаций контролируемых параметров ИОС и особенностей функционирования ее органа управления. Однако из-за обычно небольшого объема исходных данных, характерного для экономических систем, взаимодействия высоких порядков чаще всего статистически незначимы и их можно исключить из уравнения, а совместное влияние при необходимости учесть в среднем через  $a_0$ . Тогда можно записать:

$$P_{\text{квал}} = \frac{Y(x_1, x_2, x_3)}{Y_{\text{max}}}, \quad (1.3.30)$$

где  $Y_{\text{max}}$  – максимально возможное значение  $Y(x_1, x_2, x_3)$ .

При отсутствии статистических данных  $P_{\text{квал}}$  может считаться константой и находиться экспертным путем.

$P_{\text{эм.сост}}$  – вероятность корректного эмоционально-психологического состояния сотрудников органа управления. Ввиду того что им свойственно уставать к концу анализируемого рабочего периода (рабочего дня, недели или года), в пределах периода эта вероятность со временем уменьшается. В среднем для такого коллектива сотрудников зависимость может быть описана так:

$$Z(t) = \exp(\lambda_1 t) \cdot K_n \cdot K_y \cdot K_{\text{ш}} \cdot K_d \cdot K_k, \quad (1.3.31)$$

где  $\lambda_1$  – константа, характеризующая в среднем интегральные личностные качества сотрудников органа управления (определяется экспертным путем);  $K_k$  – коэффициент, характеризующий качество работы системы отбора и подготовки управленческих кадров ИОС;  $t$  – текущее время.

Тогда  $P_{\text{эм.сост}}$  можно определить следующим образом:

$$P_{\text{эм.сост}} = \frac{Z(t)}{Z_{\text{max}}}, \quad (1.3.32)$$

где  $Z_{\max}$  – максимально возможное значение  $Z(t)$ .

На длительном временном отрезке, когда рабочие периоды чередуются с периодами отдыха,  $P_{\text{эм.сост}}$  может быть описана совокупностью однотипных экспоненциальных законов распределения («пилообразная» последовательность экспонент). Данная вероятность находится с использованием статистических или вероятностных методов на основе указанной выше информации и других объективных особенностей профессиональной деятельности. При отсутствии статистических данных она может считаться константой и в среднем оцениваться экспертным путем.

$P_{\text{дост.инф}}$  – вероятность того, что в сложившейся ситуации собранной контрольной информации об ИОС будет достаточно для выявления ее состояния при выполнении проекта и принятия управленческого решения. Аналитически такую зависимость можно представить в виде формулы

$$W(t) = (1 - \exp(-\lambda_2 t)) \cdot K_n \cdot K_y \cdot K_d, \quad (1.3.33)$$

где  $\lambda_2$  – константа, характеризующая в среднем степень полноты описания состояния ИОС и особенности принимаемого управленческого решения (определяется экспертным путем).

Тогда для данной вероятности справедливо выражение

$$P_{\text{дост.инф}} = \frac{W(t)}{W_{\max}}, \quad (1.3.34)$$

где  $W_{\max}$  – максимально возможное значение  $W(t)$ .

При отсутствии статистических данных рассматриваемая вероятность может в среднем считаться константой и определяться экспертным путем.

$P_{\text{дост.вр}}$  – вероятность достаточности времени у сотрудников органа управления на анализ значений контролируемых показателей и принятие соответствующего управленческого решения. Так как обычно, чем больше указанное время, тем выше вероятность того, что оценки состояния ИОС будут более взвешенными, данная зависимость может быть описана так:

$$P_{\text{дост.вр}} = 1 - \exp(-\lambda_3 \Delta t), \quad (1.3.35)$$

где  $\lambda_3$  определяется интегрально на основе «уровня последствий» принимаемых управленческих решений и требований к методикам оценки состояний ИОС (определяется экспертным путем);  $\Delta t$  – величина интервала времени, отводимого для принятия решения.

$P_{\text{одз}}$  – вероятность правильности выбора областей допустимых значений контролируемых показателей. Поскольку математические методики выбора таких областей общеизвестны и результаты применения этих методик прогнозируемы, то эта вероятность может считаться в среднем константой. Находится статистическими или экспертными методами для каждого направления деятельности ИОС (сектора экономики) и с учетом характера информации.

Для оценивания каждой из пяти рассмотренных вероятностей целесообразно при возможности одновременно использовать и формализованные, и экспертные методы для заблаговременной коррекции в (1.3.28) известного эффекта «существенного уменьшения итоговой вероятности при умножении нескольких вероятностей».

Итоговая достоверность результатов контроля состояния ИОС при осуществлении проекта в рамках государственного контракта ( $DV_{\text{рез.оц.с}}$ ) определяется по формуле (1.3.7) следующим образом:

$$DV_{\text{рез.оц.с}} = DV_{\text{ин+мет}} \cdot DV_{\text{инт}} \cdot K_{\text{слин}} . \quad (1.3.36)$$

$K_{\text{слин}}$  – корректирующий коэффициент, характеризующий уровень сложности и инновационности выполняемого проекта и условия его осуществления, определяемые государственным контрактом. Принимает значения в диапазоне (0; 1), не включая границы, растет по мере увеличения «типичности» деятельности ИОС. Определяется только экспертным путем для каждой области деятельности ИОС.

В силу того, что достоверности  $DV_{\text{ин+мет}}$  и  $DV_{\text{инт}}$  характеризуют принципиально разные части общей системы контроля ИОС, функционирующие только последовательно и по различным принципам, можно считать эти части независимыми. Полученные выражения могут служить основой для получения

формализованных соотношений для оценивания достоверности  $DV_{рез.оц.с}$  в различных ситуациях.

Для принятия решения о наличии «целевого» или «нецелевого» состояния СИОС при осуществлении проекта, иными словами «функционировании» или «нефункционировании» ИОС в соответствии с известными целями, достаточно проконтролировать значения показателей в выбранный момент времени. В рамках описанной выше геометрической интерпретации это означает, что классификация состояния рассматриваемой территориально-распределенной ИОС может быть произведена по любому  $i$ -му сечению поверхности  $\tilde{S}$ . При этом, учитывая, что перечень контролируемых показателей устанавливается решением руководителя ИОС, в соотношениях (1.3.25) и (1.3.27) все действия следует производить не по множеству  $K$ , а по множеству нормативно утвержденных контролируемых параметров  $N$ .

При оценивании достоверности контроля состояния СИОС вероятностным способом необходимо учитывать взаимовлияние показателей через соответствующие условные вероятности, однако это крайне трудоемко и не всегда реализуемо из-за отсутствия их количественных оценок. На практике контролируемые показатели можно считать независимыми в силу следующих причин:

– экономическая необходимость уменьшения числа контролируемых параметров ИОС и повышения их информативности способствует уменьшению структурной избыточности и названных условных вероятностей;

– формальное наличие относительно сильной корреляционной связи между многими параметрами СИОС не всегда является признаком существования причинно-следственной зависимости, так как значения этих параметров могут быть обусловлены совершенно другими или общими причинами;

– в среднем значение достоверности результатов контроля состояния СИОС, рассчитанное в предположении о независимости анализируемых показателей, является оценкой снизу для значения этой достоверности, которое могло бы быть

вычислено по формулам, учитывающим зависимость параметров, если их удалось бы получить [235, с. 160-178].

Для момента времени проведения контроля вероятность  $P\{A_n\}$  для всех  $n \in N$  является вероятностью «целевого» функционирования той части ИОС, которая контролируется с помощью  $n$ -го показателя. Тогда при независимости параметров вероятность «целевого» функционирования всей ИОС ( $P_c$ ) равна:

$$P_c = \prod_{n=1}^N P\{A_n\}. \quad (1.3.37)$$

Обычно усредненная оценка вероятности  $P_c$  известна из статистических, эмпирических или экспертных данных о деятельности исследуемой и аналогичных ИОС при выполнении проектов.

В работе [113] выражение (1.3.25) трансформировано и исследовано в терминах ошибок 1-го и 2-го рода:

$$DV_{\text{ин+мет}} = 1 - P_c - \prod_{n \in N_1} [P_n(1 - \alpha_n) + (1 - P_n)\beta_n] + 2P_c \prod_{n \in N_1} (1 - \alpha_n), \quad (1.3.38)$$

где  $P_n = P\{A_n\}$ ;  $\alpha_n = P\{\tilde{A}_n / A_n\}$  – вероятность ошибок при формировании наблюдения  $\tilde{A}_n$  (ошибок первого рода);  $\beta_n = P\{\tilde{A}_n / \bar{A}_n\}$  – вероятность ошибок при формировании наблюдения  $\tilde{A}$  (ошибок второго рода).

Установлено, что расчет достоверности контроля состояния сложной статической системы при взаимной независимости инструментальных и методических ошибок приводит к занижению значений оценок достоверности. Кроме того, основное влияние на значение  $DV_{\text{ин+мет}}$  оказывает уровень ошибок первого рода, в меньшей степени – второго, причем чем выше вероятность  $P_c$  «целевого» функционирования такой системы, тем менее значителен вклад ошибок второго рода в эту достоверность.

В этой же работе исследовано изменение значений инструментальной достоверности при изменении уровня ошибок  $\alpha$  и вариации  $\beta$  в пределах диапазона  $[0; \alpha]$ , и сделан вывод, что в предельном случае «абсолютно целевого»

функционирования сложной статической системы ( $P_c = 1$ ) рассматриваемая достоверность определяется только вероятностью ошибок первого рода. Условие  $P_c = 1$  означает, что в такой ситуации нет необходимости контролировать рассматриваемую систему, так как всякий контроль, проводимый с ошибками, только снижает меру уверенности органа управления в «целевом» функционировании анализируемой системы. Более того, для достижения высоких значений достоверности результатов отказ от контроля части наблюдаемых значений показателей в ряде случаев может оказаться целесообразным.

Приведенное выше в полной мере справедливо для ИОС, выполняющих проекты в рамках государственного контракта, как статических (в плане способа контроля) систем. С учетом вышеизложенного формула для достоверности результатов контроля состояния ИОС принимает следующий вид:

$$DV_{рез.оц.с} = \sum_{K_2 \in B(K)} [DV(K_2) \cdot P\{K_2\} \cdot KR(K_2) \cdot DL(K_2)] \cdot DV_{инт} \cdot K_{слин}. \quad (1.3.39)$$

Таким образом, если в статике контроль производится при относительно большом числе искажений и достоверность собранной информации об ИОС невысока, то целесообразно эту информацию вообще не учитывать, а принимать управленческие решения о состоянии ИОС по априорным или среднестатистическим данным, характерным для такого вида деятельности. Обычно приведенные соотношения достаточно громоздки и требуют при их использовании большого объема предварительных данных как о статистических характеристиках СИОС при выполнении рассматриваемого типа проектов, так и об уровне искажений по каждому показателю. На практике более распространенными являются ситуации, когда усредненные значения этих параметров являются известными из опыта предшествующей деятельности и в среднем примерно одинаковыми для групп сходных характеристик ИОС.

Рассмотрим особенности контроля состояния такой ИОС в динамике. Состояние ДИОС, функционирующей на интервале  $[1; L]$ , полностью характеризуется формой истинной поверхности  $S$  в выбранном пространстве

показателей  $\Pi$ , одним из измерений в котором является время. Итоговая достоверность контроля состояния такой системы при осуществлении длительного проекта представляет собой вероятность наступления события, состоящего в идентичности истинной ( $S$ ) и наблюдаемой ( $\tilde{S}$ ) поверхностей. Контроль функционирования ИОС на выбранном интервале  $[1, L]$  (косвенно и контроль качества выполнения комплекса распределенных во времени мероприятий) фактически представляет собой классификацию состояния динамической ИОС. Для этого значения многих ее параметров необходимо контролировать в течение определенных интервалов времени, при этом возможна зависимость границ областей допустимых значений показателей от времени  $i \in [1; L]$  (явление известно как нестационарность норм [34, с. 420-467; 235, с. 173-181]). Однако это не изменяет суть общих соотношений (1.3.25) и (1.3.27) для достоверности контроля, так как обоснование независимости контролируемых показателей, приведенное выше применительно к статической ИОС, справедливо и для динамического контроля ИОС. Смысл вышеописанных элементарных событий при этом также останется без изменений, в частности,  $A_i$  обозначает событие, заключающееся в том, что значение показателя в  $i$ -й момент времени попало в его текущую ОДЗ.

Отличие собственно контроля ДИОС от контроля СИОС (на первом этапе, до начала процедуры интерпретации значений показателей) состоит в следующем. Для каждого контролируемого параметра нельзя считать независимыми последовательные события  $A_i$  для всех  $i \in [1; L]$ . Пусть вследствие ряда причин после некоторого  $i$ -го момента времени ДИОС перестает функционировать в соответствии с целями, т. е. событие  $A_i$  сменяется на событие  $\bar{A}_{i+1}$ . А после некоторого  $j$ -го случайного момента времени возможен и обратный переход события  $\bar{A}_j$  в событие  $A_{j+1}$ , иными словами, ДИОС самопроизвольно восстановила «целевое» функционирование. Априорно нет возможности указать конкретные значения моментов времени  $i$  и  $j$ , однако возникновение таких



ситуаций может быть описано вероятностно. Последовательность состояний «целевого» и «нецелевого» функционирования представляет собой дискретный случайный процесс  $a_i$ , принимающий на каждый момент времени одно из двух значений:  $A_i$  или  $\bar{A}_i$ . В каждый  $(i+1)$ -й момент событие  $A_i$  может либо остаться без изменения с вероятностью  $(1 - \lambda_{i+1})$ , либо с вероятностью  $\lambda_{i+1}$  измениться на событие  $\bar{A}_{i+1}$ , аналогичное изменение может совершить и событие  $\bar{A}_j$ .

Соответственно эти вероятности  $\lambda$  для каждого контролируемого параметра должны быть учтены при определении математического ожидания  $DV_{\text{ин+мет}}[1; I]$ . Однако на практике сделать это проблематично по двум причинам:

- чрезмерно высока трудоемкость подобных расчетов для большой совокупности показателей крупной территориально-распределенной ИОС;
- количественные оценки вероятностей  $\lambda$  для каждого показателя в большинстве своем неизвестны.

Тогда для определения  $DV_{\text{ин+мет}}[1; I]$  целесообразно поступить следующим образом. Сравнительный анализ достоверностей контроля статических и динамических систем, проведенный в работе [235, с. 179-196], показал, что для достижения одинакового уровня итоговой достоверности контроля состояния для динамических систем необходимо принимать дополнительные меры, направленные на снижение вероятностей ошибок первого и второго рода, возникающих при оценивании значений контролируемых показателей, что естественно. Учитывая обобщенность подхода, данный вывод вполне можно распространить на ИОС, осуществляющую долговременный проект в рамках государственного контракта. Соответственно при отсутствии дополнительных мер средняя оценка относительной разницы между величинами  $DV_{\text{ин+мет}}$  для интегрированной организационной структуры и как СИОС, и как ДИОС будет зависеть от длительности интервала ( $I$ ) и достаточно легко определяется экспертным путем. Тогда искомая вероятность может быть определена так:

$$DV_{\text{ин+мет}}[1; I] = \overline{DV}_{\text{ин+мет}} \cdot \overline{K_{\text{с-д}}}(I), \quad (1.3.40)$$

где  $\overline{K_{с-д}}(I)$  – уменьшение вероятности отсутствия инструментальных и методических ошибок при «переходе» от статического к динамическому контролю состояния этой же ИОС в зависимости от длительности интервала ( $1; I$ ) (принимает значения от 0 до 1, не включая границ; чем незначительнее изменения, тем – ближе к единице).

Суть приведенных выше соотношений и выводов будет справедлива и для динамического контроля ИОС при выполнении длительного проекта, итоговая достоверность может быть найдена по формуле

$$DV_{рез.оц.с}[1, I] = DV_{ин+мет}[1, I] \cdot DV_{инт} \cdot K_{слин}. \quad (1.3.41)$$

При наличии более точных сведений о взаимозависимости контролируемых параметров, искажениях и отсутствии значений показателей в условиях выполнения конкретных проектов, а также о требованиях государственного контракта, приведенные выше обобщенные выражения могут быть детализированы. Следует отметить, что предварительная обработка комплекса показателей представляется достаточно результативной для повышения достоверности контроля состояния ИОС и обоснованности принимаемых на их основе управленческих решений. При этом определение структуры контролируемых показателей целесообразнее осуществлять экспертными, а предварительную обработку – статистическими и вероятностными методами.

Представленные в п. 1.3 подходы к оцениванию достоверности результатов контроля состояния интегрированной организационной структуры, могут быть использованы при реализации федеральных проектов «Информационная инфраструктура», «Информационная безопасность» и «Цифровое государственное управление», являющихся составной частью национального проекта «Цифровая экономика» (см. табл. 1.1.2).

Основные положения авторских результатов исследований, приведенных в главе 1, опубликованы в научных трудах [44, 87, 227, 230], в том числе в соавторстве.

## **2. МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР**

### **2.1. Подходы и принципы построения формализованных моделей интегрированной организационной структуры**

Необходимость создания системы формализованных моделей деятельности интегрированной организационной структуры как экономической системы обусловлена целесообразностью превращения на современном этапе развития науки знаний о законах развития общества в непосредственный инструмент обоснования решений по управлению ИОС. С целью сокращения сроков и повышения качества принимаемых решений желательно автоматизировать процессы сбора, первичной обработки информации и, частично, сам процесс выработки решений. Такая автоматизация невозможна без формализации описания деятельности ИОС, без установления функциональных зависимостей между параметрами условий развития и собственно ИОС.

Использование теории иерархических систем для исследования ИОС позволяет, во-первых, унифицировать терминологическую базу, создать основу для сопоставления различных подходов к моделированию и методов анализа, выбора наиболее целесообразных. Во-вторых, дает возможность формализовано описывать исходные ключевые положения, промежуточные и итоговые результаты, в-третьих, по мере выполнения исследования уточнять его направления и приоритеты. Результаты многочисленных исследований, частично рассмотренных в п.1.2, показывают, что в рамках теории систем целесообразно использование многоуровневых структур при создании модели ИОС. Такие системы представляют собой иерархию подсистем, упорядоченных на нескольких уровнях и наделенных правом анализа информации и принятия управленческих решений в своих областях ответственности (компетенций).

Классические положения теории систем [130, с. 53-108] описывают ИОС как структурированную совокупность элементов, каждый из которых принимает ограниченные решения в соответствии с имеющимися у него целями и

мотивационными правилами, причем декларируемые и наблюдаемые на практике цели могут расходиться. Иерархия целей ИОС обычно отличается от иерархии ее подразделений (элементов структуры), объединение их и координация деятельности является одной из основных функций органов управления. Однако «отправной точкой» проектирования ИОС или отдельного предприятия как сложной экономической системы является иерархия целей.

Распределение целей и функций между элементами любой иерархической системы естественным образом приводит к необходимости их специализации и координации (управления). Под специализацией понимается классификация всех видов работ системы и поручение их элементам, имеющим соответствующие возможности (потенциал). С функциональных позиций принято выделять управляющие, основные и вспомогательные производственные подразделения, цели деятельности которых в рамках единой структуры детализируются в той же последовательности. Обязательной функцией управляющих подразделений является координация, заключающаяся в интеграции целей, функций и результатов деятельности подразделений. В большинстве случаев цели координирующего органа не совпадают с глобальной целью ИОС, но закономерно зависят от нее. При реализации интегрального поведения координатор действует в соответствии со своими целями, и если добивается их, то вся система достигает глобальной цели. Иными словами, механизмы интеграции подсистем ИОС формируются на основе целей координирующего органа для достижения глобальной цели, при этом выделение координатора в качестве отдельного структурного элемента системы не обязательно [130, с. 110-134].

Иерархическое построение системы предполагает, что она представляет собой совокупность относительно обособленных структурных элементов, взаимодействующих между собой. Часть таких элементов наделены правом принимать управленческие решения, в этом плане они также взаимосвязаны иерархически. В многоцелевых системах структурные элементы верхних уровней концептуально определяют деятельность нижестоящих, но не абсолютно,

делегируя определенную свободу при принятии решений. Рациональное распределение этой свободы является функцией органов управления вышестоящих уровней и на практике способствует повышению эффективности функционирования ИОС по многим критериям. Считается, что только при таком разделении полномочий целесообразна иерархическая структура системы.

Следует отметить, что управляющие элементы верхнего структурного уровня руководят более крупными подсистемами, являющимися более многоцелевыми, инерционными и неопределенными (неоднозначными), по сравнению с аналогичными подсистемами, нижних уровней. По этим причинам такое управление должно быть более медленным и плавным, а время для принятия решения требуется больше. В свою очередь, подсистемы нижних уровней иерархии оказывают воздействие на поведение управляющих подсистем верхних уровней, в том числе транзитивно через несколько уровней. Такое влияние осуществляется в основном посредством собственных принимаемых решений и предоставления информации [130, с. 76-88].

На практике при создании ИОС на базе совокупности действующих предприятий, на каждом из которых уже существуют и производственный процесс, и система управления, обычно возможна только незначительная коррекция рабочих процессов. В этом случае проектирование структуры ИОС начинают снизу по принципу «от имеющегося», добавляя вертикальные связи, фактически интеграция таких предприятий выполняется на более верхних уровнях. Это не самый идеальный подход к созданию ИОС, но он позволяет существенно сокращать сроки проектирования и запуска ее в эксплуатацию.

Развитием его является сетевая организация связей на одном или нескольких уровнях при сохранении иерархии уровней. Хорошо зарекомендовали себя варианты такой комбинированной структуры, когда на нижнем (последнем) и/или предпоследнем уровне реализована сетевая модель, а на всех остальных (в системе в целом) – иерархическая. В такой структуре производственные предприятия связаны между собой не только через верхние уровни системы, но и

непосредственно. Это дает возможность специализировать управление технологическими процессами, экономить финансовые средства за счет рационализации ресурсных и информационных потоков, поэтапно наращивать производственную систему, одновременно совершенствуя ее.

Для реализации моделей ИОС в системах поддержки принятия решений целесообразно кратко оценить их с позиции организации информационных потоков. Иерархическая модель представляет собой четкую древовидную уровневую структуру, в которой существуют связи только между вершинами смежных уровней (от «корня» к «листьям» и обратно), в пределах же одного уровня и между несмежными уровнями связи отсутствуют. В таких структурах информационные потоки на разных уровнях иерархии неравноправны, обработка информации может осуществляться только в рамках вертикальных связей.

Достоинствами модели являются соответствие иерархии информации иерархии самой ИОС, в большинстве ситуаций высокоэффективное использование ресурсов системы, предрасположенность к анализу иерархически структурированных небольших объемов данных. Недостатками – трудность обработки логически сложных данных, частичное дублирование информации на разных ветвях структурного дерева и затруднительность их одновременного обновления. Кроме того, при временном непрохождении информации через точку ветвления изолированными оказываются все ветви дерева, расположенные по иерархии ниже этой точки, что значительно усиливает отрицательный эффект и часто недопустимо технологически. Сетевые структуры частично свободны от указанных недостатков. В отличие от предыдущих они являются более гибкими, позволяют оперативно менять свою структуру при изменениях технологий производственных процессов, адаптировать информационные потоки и методы обработки данных под изменения структуры ИОС и появление ограничений.

Наибольшей сложностью отличаются процессы выработки решений на самом верхнем уровне управления ИОС. Сложность процессов развития взаимоотношений различных систем в современном мире, их взаимосвязь с

изменением обстановки требуют заблаговременного анализа вариантов краткосрочных и долгосрочных мероприятий ИОС и выбора наиболее целесообразных из них для различных ситуаций. Определение наиболее целесообразных мероприятий, вариантов использования ресурсов, методов реализации преимуществ ИОС возможно только при наличии методологического аппарата, обеспечивающего прогнозирование протекающих процессов и их результатов в зависимости от принятой стратегии развития. Такой аппарат может быть создан только на основе использования методов формализованного моделирования.

Современный уровень развития вычислительной техники, формализованных методов моделирования, технологий разработки программного обеспечения в совокупности с накопленным опытом имитационного моделирования позволил сделать формализованные модели эффективным средством для анализа сложных ситуаций и протекающих процессов. Область применения формализованных моделей охватывает широкий диапазон практической деятельности органов управления ИОС от обоснования перспектив ее развития до обеспечения процессов подготовки решений на проведение краткосрочных и долгосрочных мероприятий, текущего управления подразделениями ИОС.

Решение вопросов методологии моделирования имеет много общего вне зависимости от области применения формализованных моделей. Однако общепризнанным является факт, что требования области применения накладывают четкий отпечаток как на выбор методов моделирования и подходов к построению модели (в том числе выбор критериев, показателей эффективности и состава исходных данных, определение требований к оперативности получения результата и учитываемым факторам), так и на структуру, и на содержание модели в целом. Абсолютно унифицированных моделей, пригодных на все случаи, практически не существует.

В составе инструментария моделирования можно выделить две большие

группы средств:

- средства моделирования, используемые при текущем управлении ИОС;
- средства моделирования, используемые на этапах подготовки и выработки управленческих решений по разработке и планированию краткосрочных и долгосрочных мероприятий ИОС.

Каждая из этих групп средств может содержать похожие по назначению и наименованию модели, но технологические характеристики их принципиально отличаются. Они преемственны по методологии их построения, но по степени обобщения информации, методам представления моделируемых процессов, точности описания реальных процессов, составу и уровню детализации используемых исходных данных, формам представления результатов они существенно отличаются.

Соответственно, приступая к выработке постановки задач на создание средств моделирования, необходимо четко определить предназначение создаваемого инструментария [102, 168, 181]:

- на каком этапе процесса управления ИОС он будет использован?
- как будет обеспечен исходными данными?
- на каком конкретно рабочем месте будет реализован программно?
- какие рекомендации и за какое время должны быть получены?
- совместимы ли требования к степени детализации моделируемых процессов и время получения результата?

Система формализованных моделей должна удовлетворять требованиям, предъявляемым органами управления ИОС к используемым моделям (методикам), а также требованиям к составу и структуре входных и выходных данных, оперативности проведения с их помощью расчетов. Построение системы формализованных моделей базируется на ряде основополагающих принципов и предполагает строго определенную очередность выполнения этапов.

На первом этапе должны определяться глобальные и локальные цели создания системы моделей, совокупность основных и частных критериев



эффективности различных видов деятельности ИОС, критерии определения ценности получаемой с помощью моделей информации. Ценность информации определяется ее точностью, своевременностью, полнотой, релевантностью и степенью способствования принятию правильного решения. Итогом первого этапа создания системы формализованных моделей является общая концепция системы, определяющая круг основных проблем, которые необходимо решить в области методологии моделирования деятельности ИОС на основе системного подхода, основные концептуальные положения о путях решения этих проблем, очередность разработки компонентов модели при создании системы с соблюдением принципа преемственности получаемых результатов.

На втором этапе разрабатывается алгоритмическая модель процесса функционирования ИОС в условиях влияния факторов рынка и схема ее информационного обеспечения. На этом этапе воплощаются следующие принципы создания системы моделей [108, с. 50-72; 228]:

- принцип взаимосвязи задач управления – в соответствии с этим принципом алгоритмическая модель системы строится исходя из алгоритма работы органа управления ИОС;

- принцип согласования (субоптимизации) локальных критериев эффективности между собой и с глобальным критерием (для получения оптимального решения в целом необязательно требование оптимальности решений во всех подсистемах; для достижения общей цели должны быть согласованы между собой решения в подсистемах на основе глобального критерия; оптимизация решения в одной из подсистем, не согласованная с общесистемным критерием эффективности, может привести к снижению эффективности решения на уровне ИОС в целом);

- принцип централизации информации – создание единой базы знаний об ИОС и рыночных условиях деятельности;

- принцип устойчивости структуры системы – обеспечение возможности дальнейшего развития и совершенствования системы моделей;

– принцип оптимума автоматизации – не все задачи в системе могут решаться автоматически, должен быть предусмотрен и интерактивный режим моделирования.

На третьем, завершающем этапе, осуществляется детальная разработка системы моделей на базе принятой структуры, уточняется схема информационного обеспечения, производится ее согласование с возможностями технических средств моделирования. На этом этапе последовательно реализуется принцип модульности, предполагающий, что система в алгоритмической части должна состоять из базовых блоков, отвечающих требованиям типизации и стандартизации.

Система формализованных моделей функций ИОС имеет многоуровневую иерархическую структуру. Модель одного уровня иерархии можно определить с помощью одного из двух признаков [108, с. 69-88; 228]:

- уровня пользователя модели в иерархии органов управления ИОС;
- функциональным предназначением моделей одного уровня, этапом процесса принятия решения по управлению ИОС, для обеспечения которого предназначены модели этого уровня.

Как правило, эти признаки не противоречат друг другу. Более ранним этапам процесса принятия решения по управлению ИОС соответствует и более высокий уровень органа управления, принимающего такие решения. Вместе с тем такое соответствие имеет место не всегда. Поэтому при разработке общей структурной схемы комплексной системы формализованных моделей деятельности ИОС в качестве признака моделей одного уровня используется признак функционального предназначения модели. При таком выборе признака совокупность моделей одного уровня образует функциональную подсистему.

Этим требованиям должны отвечать любые модели, предназначенные для обеспечения практической деятельности органа управления ИОС. При их реализации достигается единство целей и методологических основ создания моделей, их увязка в функциональные комплексы и единую систему моделей

деятельности ИОС. Завершенная в разработке модель, прошедшая верификацию и адаптированная к особенностям условий развития, представляет собой результат напряженной совместной деятельности специалистов в различных областях – сотрудников органов управления, специалистов в области математического моделирования и специалистов по практическому использованию моделей. Наиболее ответственным этапом работ является формулирование задач моделирования, результат решения которых представляет собой задание на разработку модели конкретной ИОС или ее подразделения. Как правило, оно оформляется в виде документа и выпускается органом управления – заказчиком работ.

Задание на моделирование обычно включает две части. В первой из них формулируются основные требования органа управления к разрабатываемой модели. Определяются: целевая направленность модели с указанием перечня вопросов, подлежащих моделированию, среда ее реализации, моделируемые объекты и процессы ИОС, информационное и лингвистическое обеспечение моделирования, основные факторы, подлежащие учету, допустимые ограничения, степень представительности и детализации результатов и форма их представления, степень участия пользователей в процессе моделирования, а также характеристики программной реализации модели.

Во второй части дается описание типов моделируемых процессов. Эта часть постановки задачи является сжатым, но исчерпывающим изложением основных принципов управления ИОС, которые должны быть реализованы в разрабатываемой модели. Эти положения должны отражать существующие взгляды на содержание моделируемых процессов, а также их развитие в ближайшей перспективе с учетом данных об изменении доступности ресурсов и деятельности других (смежных или конкурирующих) предприятий, а также подходов к решению задач управления. Необходимость отражения в постановках задач на моделирование перспективных целей ИОС является очевидной. Крупные комплексные модели разрабатываются в течение длительного времени, переходя

из одной версии в другую. Чтобы модели не устаревали к моменту их завершения, целесообразно включать в задание на разработку ближайшую перспективу [108, с. 86-107; 220, 221, 228].

Большое внимание в задании на моделирование должно уделяться вопросам связи моделируемой ИОС с другими системами, которые являются для нее надсистемой, системами, функционирующими параллельно или в последующие периоды времени. Вопросы согласованности моделей различных систем и процессов, распределенных во времени и пространстве, являются существенными во всей работе по созданию комплексных моделей ИОС. Учет широкого круга факторов, характерных для моделируемой системы, повышает степень достоверности и представительности результатов моделирования. Вместе с тем детальная проработка в модели всего множества факторов значительно усложняет модель, требует большего числа исходных данных, увеличивает время моделирования, затрудняет анализ результатов и выделение главного в результатах моделирования.

При разработке задания на моделирование важно правильно соразмерить процессы ИОС, которые представляются в модели с высокой степенью детализации, и процессы, которые представляются с использованием методов аналитической аппроксимации, нормативных данных и приближенных оценок. Как правило, в модели долгосрочных мероприятий ИОС (стратегических процессов) включаются отдельные моделирующие компоненты, построенные на основе детальных моделей краткосрочных мероприятий. Хорошо проработанное задание является основным исходным документом для начала работ по моделированию.

Математическое моделирование состоит в том, что реальные объекты (ИОС и ее подразделения) и их отношения (все виды процессов, способы решения задач и организация взаимодействия) заменяются подходяще выбранными символьными формализованными объектами и их отношениями с четко определенными правилами соответствия между первыми и вторыми. Главное в

определении содержания модели – воспроизведение с помощью формализованных зависимостей наиболее существенных закономерностей и количественных отношений, присущих реальным процессам, которые обеспечивают с достаточной для практики представительностью получение необходимых результатов моделирования комплексного процесса функционирования ИОС.

На пути от исходной постановки задачи до появления конечного продукта модель претерпевает ряд трансформаций, которые связаны с технологическим циклом моделирования. Каждый этап трансформации имеет свои отличительные особенности. По завершению этапа модель имеет определенную форму, которая также является моделью. Общепринято выделять четыре основных вида моделей: лингвистическую, информационную, математическую, алгоритмическую [46, 47, 66]. Лингвистическая модель ИОС – описательная модель процессов взаимодействия подразделений ИОС с другими подразделениями и с рыночными условиями, представленная на естественном языке в категориях, характерных для предметной области. Постановка задачи на моделирование представляет собой начальную форму лингвистической модели.

Информационная модель ИОС – описание массивов исходных данных и результатов, словарей и классификаторов, которые используются для построения конкретной модели ИОС или ее подразделения. Данная модель представляется в информационных категориях (наименование смысловых и лингвистических переменных, нормативов, критериев, показателей и критериев эффективности) и должна содержать полное описание информационной среды, в которой будет работать будущая модель. Математическая модель ИОС – совокупность символьных переменных и их отношений, описывающих моделируемые процессы. Математическая модель представляется в виде формул, методов поиска результата, алгоритмов вычислений и принятия решений.

Алгоритмическая модель ИОС – формализованные тексты, записанные в символах и по правилам, которые воспринимает среда моделирования рабочего

места должностного лица, где реализуется модель. Программная модель является завершающим этапом технологического цикла разработки модели. Комплексная модель ИОС как завершённый продукт представляет собой соединение всех четырех видов моделей, что находит отражение в отчетной документации модели.

Концепция развития ИОС представляет собой совокупность согласованных по целям, задачам, месту и времени стратегических мероприятий, планируемых к выполнению. Очевидно, что прогнозы протекающих процессов и их результатов могут быть получены только на основе создания комплексной системы моделей этих мероприятий. Такая система моделей представляет собой совокупность формализованных моделей и методик, структурно и функционально взаимосвязанных между собой в соответствии с иерархией управления ИОС, структурой и последовательностью задач, решаемых ее органами управления при планировании мероприятий и их осуществлении.

Недостатком большинства теоретических ЭМ ИОС является то, что достаточно трудно ввести в такую модель фактические характеристики этих систем, а также реальные внешние и внутренние воздействия на них, поэтому широкое признание получили подходы к созданию моделей на основе данных активных и пассивных экспериментов [100, с. 178-186]. Во-первых, они позволяют использовать для построения моделей фактические значения контролируемых показателей ИОС в процессе выполнения проекта, во-вторых, дают возможность комплексно оценивать влияние на ИОС достаточно большого числа различных факторов без уточнения их природы.

Активный эксперимент более сложен, но его применение позволяет построить более корректную модель, четко определить ОДЗ параметров системы. Однако в реальных экономических системах его применение сопряжено со значительными трудностями и в большинстве случаев невозможно, в связи с этим актуально построение модели ИОС в виде функциональных зависимостей ее выходных параметров  $y_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) от внутренних  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) и от времени  $t$  по результатам пассивного эксперимента (мониторинга):

$$y_i = F_i(t, x_{(n)}), \quad (2.1.1)$$

где  $x_{(n)}$  – совокупность (вектор) внутренних параметров  $x$ .

Хорошо зарекомендовавшим себя на практике подходом является представление функциональной зависимости (2.1.1) в виде многомерного линейного полинома. С помощью такой модели большинство непрерывных по внутренним параметрам аналитических функций могут быть описаны с практически любой точностью. Построение многомерного полинома на основе экспериментальных данных можно осуществить с помощью различных методов, однако многие из них достаточно трудоемки и неунифицированы. В связи с этим для построения ЭМ ИОС при выполнении долговременного проекта можно использовать известный метод наименьших квадратов (МНК) и его модификации. Основанные на нем методы исследований получили широкое распространение и хорошо зарекомендовали себя в экономической практике. В частности, методы корреляционного и регрессионного анализа успешно используются при планировании и проведении пассивных экспериментов (мониторинга). Для повышения точности описания моделью выходного параметра ИОС при выполнении проекта теоретически могут быть использованы полиномы высоких степеней, но они не позволяют получить четкую тенденцию.

В общем случае полином имеет следующий вид:

$$\tilde{y}_{ic} = \sum_{k=0}^c a_k x_j^k. \quad (2.1.2)$$

Для переменной  $x_j$  находятся минимальное  $x_{j \min}$  и максимальное  $x_{j \max}$  значения, на интервале  $[x_{j \max}; x_{j \min}]$  по известным данным осуществляется построение регрессионного уравнения  $\tilde{y}_{ic}(x_j)$ . Тесноту взаимосвязи уравнения  $\tilde{y}_{ic}(x_j)$  с исходным рядом переменных  $I_j$  можно определить с помощью коэффициента множественной корреляции  $R_p$ , для этого для разных значений  $p = 1, 2, 3, \dots$  последовательно составляются соответствующие уравнения и рассчитываются коэффициенты  $R_p$ , проверяется их значимость с использованием

$t$ -статистики. Оценкой степени полинома можно считать наименьшее  $p$ , при котором  $R_p = R_{p+1} = R_{p+2}$  [65, с. 41-64; 127].

При оценивании степени полинома методами корреляционного и регрессионного анализа можно воспользоваться коэффициентом детерминации  $R_p^2$ , характеризующем долю общей дисперсии, объясненную уравнением. Определение степени  $n$ -мерного полинома можно свести к  $n$  задачам определения степени одномерного полинома по известным методам, приведенным в работах [65, 127]. После выбора вида многомерной полиномиальной модели и нахождения ее степени определяются значения коэффициентов и осуществляется оценивание их значимости. Вид модели выбирается в зависимости от целей исследования и от того, какой априорной формацией о внутренних параметрах ИОС мы располагаем и какие ресурсы имеются для проведения моделирования.

Состав экономической модели, ее вид и характеристики могут быть различными в зависимости от того, для каких целей она создается: выбор оптимальных номинальных значений и областей допустимых значений входных параметров, прогнозирование ее состояния или выбор управляющих воздействий, а также от того, какие ресурсные и временные ограничения для построения модели существуют, какая априорная информация о характеристиках структурных элементов условий развития может быть получена. Для этого можно воспользоваться динамическими, кинематическими или статическими моделями исследуемой системы, подробно описанными в работах [65, 127]. Наилучшими с позиции информативности описания сложной экономической системы являются динамические модели, позволяющие отразить ее причинно-следственные связи и охарактеризовать во времени процесс перехода из одного состояния в другое. Применительно к условиям развития ИОС возможны две основные разновидности такой модели: зависимости выходных параметров от наиболее важных входных и времени (а) или от законов изменения важных входных параметров во времени (б):



$$\text{а) } \hat{y}_{\langle m \rangle}(t) = F_{\langle m \rangle}(t, \hat{x}_{\langle n \rangle}), \quad \text{б) } \hat{y}_{\langle m \rangle}(t) = F_{\langle m \rangle}(\hat{x}_{\langle n \rangle}(t)). \quad (2.1.2)$$

Особенностью построения модели условий развития ИОС первого вида (а) является учет времени как самостоятельного параметра. В общем случае, теоретически, для каждого момента времени  $t$  желательно проводить активный эксперимент по исследованию выходных параметров условий развития  $\hat{y}_j$  как функций существенных входных ее параметров  $x_{\langle n \rangle}$ . Оценивание детерминированной составляющей функции выходного параметра выполняется по данным мониторинга в ключевых точках пространства входных параметров. Поскольку время входит в модель (а) в качестве самостоятельного фактора, детерминированную составляющую функции можно заменить константой, являющейся оценкой ее в начальный момент времени  $t_0$ . Кроме того, необходимо задаться интервалом прогнозирования  $\Delta t$ , значениями существенных входных параметров в прогнозируемый момент времени ( $t_{\text{п}} = t_0 + \Delta t$ ) и дисперсиями процессов  $x_j(t)$  как функциями времени [65, с. 61-83; 127]. С использованием перечисленного могут быть определены значения выходных параметров  $y_j$  условий развития ИОС.

При построении модели ИОС второго вида (б) время не включается в категорию самостоятельных параметров, расчет ее коэффициентов проводится только по результатам наблюдения (пассивного эксперимента), осуществляемого в начальный момент времени  $t_0$ . Указанные коэффициенты при этом предполагаются постоянными, что несколько огрубляет модель, она также может иметь детерминированную и случайную составляющие.

Теоретически оба вида динамических моделей могут быть использованы для исследования условий развития ИОС на длительном интервале времени, при этом построение модели (а) требует проведения значительно большего числа экспериментов (наблюдений), чем модели (б) [65, с. 79-98; 127]. Однако большинство экономических систем имеют особенность – в них проведение активного эксперимента в процессе функционирования практически невозможно,

а информация об изменении входных параметров  $\hat{x}_{\langle n \rangle}(t)$  во времени может быть фрагментарной. Поэтому применение описанных динамических моделей для исследования условий развития иногда затруднительно, и целесообразно строить статическую модель следующего вида:

$$\hat{y}_{\langle m \rangle} = F_{\langle m \rangle}(\hat{x}_{\langle n \rangle}). \quad (2.1.3)$$

Учитывая, что большинство структурных элементов условий развития функционируют в условиях многофакторности и взаимовлияния, а для управления ими целесообразны только «медленные» регламентные технологии, эта модель вполне применима для оптимального выбора номинальных значений входных параметров. Модель строится путем обработки результатов мониторинга (пассивных экспериментов), заключающихся в наблюдении значений выходных параметров  $\hat{y}_j$  в ключевых точках пространства входных параметров условий развития при нормальном (естественном) ее функционировании как экономической системы, а так как проведение активного эксперимента невозможно, то фактически осуществляется лишь регистрация значений  $\hat{y}_j$  в заданные моменты времени, по результатам которых и строится кинематическая модель вида:

$$\hat{y}_{\langle m \rangle}(t) = \hat{F}_{\langle m \rangle}(t). \quad (2.1.4)$$

Такая модель достаточно удобна для анализа и прогнозирования и часто используется на практике при исследовании особо крупных экономических систем. Она дает возможность учитывать суммарное влияние условий развития на ИОС и ее процессы всех факторов, однако не позволяет формализовано выявлять причинно-следственные связи в анализируемой системе, и считается, что информативность ее обычно меньше, чем динамических моделей. Но часто этот недостаток удается преодолеть путем экспертного анализа результатов моделирования.

При анализе процессов и обосновании управленческих решений в ИОС

традиционно принято выделять следующие основные (базовые) модели жизненного цикла проектов: «Модель водопада»; «Итеративная модель»; «Спиральная модель» и «Эволюционная модель». Модель водопада часто считается исторически первой, в ней процесс выполнения проекта делится на четко определенные этапы, выполняемые строго последовательно и только после полного завершения каждого предыдущего этапа. Такой подход в значительной мере целесообразен в тех случаях, когда, с одной стороны, необходимо административным путем уменьшить количество ошибок, сделанных на ранних этапах проекта и обнаруженных впоследствии только на заключительных его этапах. С другой стороны, требования заказчика могут быть четко сформулированы и зафиксированы в техническом задании в начале проекта, и при этом существует возможность достаточно унифицировать (типизировать) работы каждого этапа и использовать имеющиеся из прошлого опыта разработки для выполнения проекта. В таких случаях эта модель дает возможность почти гарантированно обеспечить определенный уровень качества при соблюдении финансовых и временных ограничений, облегчает контроль заказчиком хода выполнения работ. Поэтому во многих странах она часто используется при выполнении ИОС крупных проектов по государственному контракту в разных сферах деятельности. Однако практика выявила следующие недостатки этой модели:

- она неэффективна в проектах с нечетко выраженными требованиями заказчика и/или при частых их изменениях, что характерно для многих длительных масштабных проектов, посвященных совершенствованию крупных систем национального или регионального уровней;

- усложнено прогнозирование рисков, связанных с использованием ультрасовременных (нетиповых) технологий выполнения работ, прежде всего IT-инструментария, и аналогичных, что в значительной мере характерно для многих проектов в наукоемких областях;

- ограничены возможности оценивания на ранних этапах, прогнозирования

развития и управления всеми основными (временными, стоимостными и техническими) параметрами проекта вследствие многофакторности и динамической изменчивости условий реализации проекта в ИОС.

Итеративная (инкрементальная) модель является естественным развитием предыдущей и отличается только тем, что каждый последующий этап может начинаться до полного окончания работ предыдущего. При этом существует возможность неоднократного возврата к предшествующим этапам проекта и корректировки планов и результатов, если при переходе к последующим этапам выявились сделанные ранее ошибки. Выполнение проекта завершается после осуществления итоговой итерации. Использование такой модели позволяет естественным образом выявлять сделанные критичные ошибки и сосредотачиваться на исправлении только их, но при этом затрудняет заказчику контроль за производством работ и расходованием средств. Известно достаточно много различных подходов к практической реализации данной модели, отличающихся названием, функционалом, способами описания и осуществления «гибкого» планирования. Большинство из них могут быть успешно применены при выполнении проектов в рамках государственного контракта.

Спиральная модель частично похожа на итеративную, но принцип получения необходимого заказчику конечного продукта несколько иной. В отличие от предыдущей сначала создается «грубый» (первичный) образ предполагаемого результата, он оценивается и согласовывается с заказчиком, и далее совершенствуется циклически по однотипным по структуре подэтапам (виткам спирали), при этом каждый виток – на новом качественном уровне. Такой подход позволяет более устойчиво и предсказуемо управлять возникающими в многофакторной системе рисками, при необходимости на каждом витке спирали точно вносить целесообразные коррективы, учитывать изменяющиеся требования заказчика и облегчать государственный контроль результатов.

Эволюционная модель во многом является модернизацией спиральной и чаще всего применяется при разработке ИТ-систем, СППР и аналогичных. Для нее

характерно то, что проверка успешности разработок выполняется конечным пользователем при опытном использовании их в реальных условиях. Чаще всего такой подход целесообразен, когда имеется возможность апробирования результатов большим количеством пользователей и сбора соответствующей статистики. Однако следует учитывать, что каждый из таких пользователей, является специалистом только в узкой предметной области, может не представлять и не использовать разрабатываемую систему в целом, а требования и рекомендации разных пользователей могут оказаться противоречивыми. Но такая модель позволяет совершенствовать ранее разработанный базовый вариант системы в заданном направлении и тем самым успешно тиражировать ее.

При использовании проектных форм управления для разработки и последующего сопровождения разработанных систем, в т. ч. в наукоемких областях, представляется, что наиболее целесообразно на уровне предприятия-исполнителя использование спиральной модели, позволяющей организовывать бесконечное развитие и совершенствование такой системы, на уровне добавления новых модулей в существующую систему – модель водопада, дающую возможность гарантированно получить запланированный результат (по времени, стоимости и функционалу) путем осуществления типовых этапов в известной последовательности, а на уровне модификации систем уже находящихся в эксплуатации – итерационной, спиральной или эволюционной моделей в зависимости от взаимосогласованных пожеланий и возможностей разработчика и заказчика (пользователей) [250].

## **2.2. Системный подход к обеспечению координации моделей подсистем интегрированной организационной структуры**

Одним из направлений изучения подходов к устройству ИОС как экономической системы и обоснования решений по управлению ею является системный подход, представляющий собой совокупность принципов, определяющих научную и практическую деятельность при анализе и синтезе

сложных систем, вытекающих из особенностей их описания. Он предполагает, что понимание принципов функционирования ИОС достигается путем расширения границ исследуемой системы, а не декомпозицией ее на отдельные составляющие. При этом недостаточно знать, как функционирует система, необходимо установить, почему она так функционирует.

Системный подход при анализе ИОС базируется на следующих основных принципах:

- при изучении сложного объекта главное внимание уделяется внешним связям объекта с другими системами, а не его детальной внутренней структуре;
- при изучении сложного объекта сначала изучаются его цели и функции, из которых затем выводится структура, но не наоборот;
- при анализе системы учитывается, какую «цену» придется заплатить за получение требуемого результата;
- при принятии решения в ИОС учитываются его последствия.

В рамках системного подхода можно выделить следующие этапы создания модели ИОС:

1. Формулируются цели создания системы.
2. Разрабатываются основные требования к системе.
3. Формируются особо важные подсистемы ИОС.
4. Анализируются различные варианты и выбираются окончательные варианты подсистем, производится объединение их в единую ИОС на основе критерия выбора.

Любые методы системного анализа опираются на математическое описание (модель) изучаемого объекта или процесса. Модели поведения ИОС не описываются простыми функциями рефлексивного типа (как механистические и биологические системы). При моделировании таких систем необходимо учитывать особенности процедур обработки информации в них.

Управленческое решение зависит от собранной информации сложным образом, и зависимость не является однозначной. Основными целями ИОС

являются чаще всего улучшение условий функционирования. Кроме того, подразделения или отдельные сотрудники в рамках ИОС могут иметь собственные цели. Процессы функционирования таких систем плохо формализуются, для их описания используются поведенческие модели, полученные на основе экспертных оценок. Основное назначение таких моделей – качественное описание, позволяющее оценить допустимые границы действий ИОС и тенденции ее развития.

По характеру и способу использования параметров и их возможностям математические модели могут быть классифицированы по трем группам:

- модели без управления – предназначены для описания поведения ИОС и не содержат свободных параметров или функций;

- классические оптимизационные модели – описывают управляющее воздействие на ИОС, ее реакцию на это воздействие и позволяют на этой основе осуществлять выбор наилучшего, с заданных позиций, управляющего воздействия, которое осуществляется из условия достижения заданной цели;

- кибернетические модели – обобщение управляемых ИОС для случая группы субъектов, обладающих собственными целями и способных оказывать влияние на систему в целом.

Системный анализ позволяет изучать также ИОС, которые не могут быть формализованы, для изучения их необходимо включение в модель эксперта. Описание такой системы является субъективным, основывается на его суждениях и представлении о ситуации. Функционирование сложной иерархической ИОС характеризуется разнообразием задач, решаемых органами управления, и взаимозависимостью процессов управления различными структурными подразделениями (подсистемами), обусловленной общими для всех подразделений ИОС средствами управления и количеством необходимых ресурсов. Эти особенности функционирования ИОС необходимо учитывать при планировании ее стратегических и текущих мероприятий, при разработке моделей процесса ее функционирования на основе моделей процессов деятельности

отдельных подразделений и модели координации этих процессов (планов подразделений).

Выделение в единой системе относительно самостоятельных звеньев, способных оперативно собирать и перерабатывать необходимую для них информацию, на этой основе принимать решения в рамках своей компетенции, приводит к необходимости организации в большой ИОС иерархической структуры. Однако каждая подсистема принимает решение в соответствии со своими целями, не тождественными в общем случае целям других подсистем и большой ИОС. Возникает задача координации решений подсистем. Для этого одна из подсистем высшего уровня иерархии, Центральная система (ЦС), наделяется полномочиями по решению задачи координации подсистем и фактически обеспечивает целостность большой ИОС.

Процедура выработки решения в таких системах обычно строится по итерационному принципу. На каждом интервале времени ЦС решает свою задачу принятия решения для большой ИОС, вырабатывает координирующие воздействия для других подсистем и сообщает их подсистемам. На основе этого все подсистемы решают свои задачи принятия решения и сообщают полученные результаты ЦС. Далее процесс повторяется до тех пор, пока координирующие воздействия не перестанут изменяться. В результате определяются оптимальные решения для подсистем и оптимальное суммарное координирующее воздействие ЦС.

Иерархическая организация процесса принятия решений в большой ИОС часто связана с исследованием ее на предмет соответствия формы процедур принятия решения реальному содержанию решаемой задачи. Тогда исходная задача большой размерности декомпозируется на задачи меньшей размерности. В этом случае координация заключается в учете общих связей подсистем. Она позволяет достичь соответствия решения задачи большой ИОС задачам подсистем. Другая область применения координации – задачи выбора, в которых для большой ИОС вводится единое отношение предпочтения, когда целевые



функции подсистем строятся на основе декомпозиции глобальной целевой функции системы и «навязывания» ее подсистемам. Еще одна область – задачи выбора с независимо вводимыми отношениями предпочтения подсистем. Такие задачи фактически являются задачами выбора в иерархической структуре с мультипредпочтением [140].

Достаточно часто решается задача с координационным выбором, под которым понимается принятие решения в иерархической ИОС, когда вышестоящая подсистема воздействует на подсистемы более низких уровней посредством координирующих воздействий, ограничивающих выбор решений этими подсистемами. Для решения подобных задач применяют два подхода:

- глобальная целевая функция строится на основе композиции целевых функций подсистем с учетом их приоритета, а ЦС согласует действия подсистем на основе анализа и определения общей области их решений;

- большая система и подсистемы имеют различные целевые функции, которые объединяются ЦС путем интеграции моделей отдельных подсистем общей координирующей схемой.

Организация обмена информацией в процессе координации функционирования подсистем может осуществляться двумя способами – посредством реального обмена информацией между ЦС и подсистемами на каждом шаге итеративного процесса и путем самостоятельного осуществления ЦС всего итеративного процесса с последующей выработкой координирующих воздействий на основе анализа полученной от подсистем информации [140].

Решение координирующей задачи при первом способе обмена информацией значительно проще по сравнению со вторым, но может быть ограничено реальными возможностями систем управления и коммуникации. Второй способ предполагает учет факторов неопределенности, когда ЦС не располагает полной информацией о каждой подсистеме и не имеет возможности принимать решение по ним. В этом случае ЦС самостоятельно вырабатывает координирующее воздействие на основе прогнозирования развития ситуации в подсистемах с

использованием, например, вероятностных методов принятия решений, а подсистемы принимают свои решения на основе координирующего воздействия и реально сложившейся локальной ситуации.

В общем случае под координационным выбором понимается такой выбор в ИОС, при котором подсистема верхнего уровня управляет подсистемами нижних уровней посредством координирующих воздействий, влияющих на разработку управленческих решений в этих подсистемах. Разработка модели координации планов подразделений ИОС основывается на формализации конфликтов между подсистемами и последующем решении оптимизационной задачи. Традиционно различают два основных типа конфликтов [140]:

- относительно короткие по времени конфликты, вызванные ограниченными возможностями органов управления ИОС;
- длительные конфликты, обусловленные ограничениями по ресурсам и особенностями функционирования подразделений ИОС.

В первом случае подсистемы на основе моделей, отражающих особенности управления подразделениями, самостоятельно планируют текущие мероприятия и находят для себя оптимальный относительно координирующего воздействия органов управления ИОС план с использованием известных методов оптимизации. При этом для повышения качества процесса координации наряду с оптимальным планом желательно рассчитывать и некоторое количество близких к оптимальному планов. Тогда в подсистемах вырабатываются некоторые множества вариантов планов и соответствующих им целевых функций. Они сообщаются руководству ИОС, которое на их основе решает задачу разрешения конфликтов между планами подсистем. Полученный в результате оптимальный план мероприятий ИОС учитывает особенности управления подразделениями, обусловленные спецификой выполнения ими функциональных задач, и конфликты, возникающие при этом.

Во втором – ограничения целесообразно учитывать при решении «условной» задачи на основе использования релаксации. В общем случае релаксация

заключается во временном пренебрежении частью ограничений, если заранее известно, что их выполнение несущественно. Например, в реальных ситуациях управления ИОС отдельные ограничения часто носят рекомендательный характер. Если других возможностей для выполнения целевых функций подразделений нет, то указанные ограничения могут сначала не приниматься во внимание. При необходимости после нахождения промежуточного решения релаксированная задача решается еще раз с учетом ранее пренебреженных условий [140].

Решение задачи координации планов мероприятий подразделений при моделировании иерархических ИОС является обязательным в любых ситуациях. Однако следует помнить, что применение только формализованных методов не всегда позволяет получать оптимальные по всем параметрам решения из-за необходимости учета чрезмерно большого числа факторов, быстрого изменения их состава и характеристик. На практике достаточно часто для нахождения приемлемого решения лучше использовать эвристические правила.

По глубине реализации формально-математического подхода можно выделить три основных уровня [108, с. 103-130]. Первый уровень реализуется при создании комплекса формализованных моделей, в котором его системное построение подразумевает пространственно-временное согласование различных форм процессов в ИОС. Второй уровень, в дополнение к первому, подразумевает системное согласование комплексов моделей через модель принятия решений верхнего уровня, обеспечивающей обратную связь на основе общесистемного критерия. Третий уровень является развитием второго и реализуется при создании иерархической системы моделей ИОС, согласованных как на одном, так и на разных уровнях иерархии.

Первый уровень обеспечивается путем разработки совокупности аппроксимирующих моделей и их внедрения в комплексы моделей соответствующих сегментов СППР. При этом предполагается, что пространственно-временное согласование различных форм процессов осуществляется на основе совокупности логических правил, определяющих место

и последовательность в соответствии с замыслом ЛПР [108, с. 127-145]. Реализация единства моделей на первом формально-математическом уровне требует решения ряда проблем. К ним относится проблема создания базы данных о логических правилах преобразования замысла ЛПР в пространственно-временную последовательность процессов. Другие проблемы связаны с разработкой аппроксимирующих моделей и заключаются в обосновании уровня агрегирования входной и выходной информации в таких моделях, их точности, уровня стандартизации и унификации.

Второй уровень формально-математического подхода к разработке моделей процессов управления ИОС предполагает введение более высокого уровня иерархии, через который совокупность отдельных иерархических структур моделируемых процессов превращается в дерево системы. Система моделей процессов управления ИОС, реализующая второй уровень, может служить инструментом согласования целей управления и выработки административных документов на их проведение. Такая система моделей включает:

- подсистемы моделей, реализующие первый уровень формально-математического подхода;
- совокупность надмоделей процессов управления ИОС, в которых на основе частных показателей, рассчитываемых в подсистемах, определяются обобщенные показатели, характеризующие процессы управления ИОС на верхнем уровне иерархии;
- модель принятия решений верхнего уровня, в которой на основе совокупности значений нормативных показателей и формализованной системы предпочтений ЛПР вырабатываются варианты альтернативных решений [108, с. 141-167].

Глобальный критерий при таком варианте построения системы моделей процессов управления ИОС выражает степень соответствия совокупности значений нормативных показателей системы предпочтений ЛПР верхнего уровня, под которой понимается совокупность явно или неявно присутствующих у ЛПР

правил, позволяющих ему производить целенаправленный выбор элементов из множества альтернатив в соответствии с задачей принятия решения в процессах управления ИОС.

Второй уровень формально-математического подхода к разработке моделей процессов управления ИОС обеспечивает выполнение одного из основных принципов создания системы моделей – принцип субоптимизации локальных критериев эффективности операций на основе глобального критерия. Он предполагает, что для получения оптимального решения не обязательно требование оптимальности решений в подсистемах. Для достижения общей цели должны быть согласованы между собой решения в подсистемах на основе глобального критерия. В связи с этим оптимизация решения в одной из подсистем, не согласованная с общесистемным критерием эффективности, может привести к снижению эффективности на уровне системы в целом. Реализация второго уровня формально-математического подхода моделей процессов управления ИОС требует решения двух основных проблем. Первая проблема связана с построением надмоделей процессов управления ИОС и заключается в разработке совокупности нормативных показателей эффективности процессов управления верхнего уровня и методик их расчета. Вторая проблема связана с формализацией системы предпочтений ЛПР.

Третий уровень формально-математического подхода к разработке моделей реализуется в рамках методологии системного подхода к созданию моделей процессов управления ИОС. При этом такой процесс рассматривается как процесс управления сложной системой, имеющей иерархическую структуру, в которой сами объекты управления могут являться сложными системами [108, с. 162-178]. Анализ подходов к моделированию при принятии решений показывает, что наиболее полно предъявляемым требованиям к таким моделям удовлетворяет ситуационный подход к моделированию процессов принятия решений. Соответственно одним из направлений реализации третьего уровня является создание иерархической системы моделей процессов управления ИОС на основе

методологии ситуационного управления. В такой системе также может быть предусмотрено несколько уровней иерархии.

Каждый уровень включает в себя структурное единство моделей – при его реализации модели всех уровней имеют одинаковую структуру и содержат блоки микро- и макроописаний ситуаций, экстраполяции и выработки решений. При этом согласование моделей на одном уровне иерархии обеспечивается единством микроописания ситуаций одного уровня. Согласование моделей на разных уровнях иерархии обеспечивается тем, что макроописание ситуаций в моделях нижнего уровня одновременно является микроописанием тех же ситуаций в моделях процессов управления ИОС верхнего уровня, а решения, вырабатываемые на верхних уровнях иерархии, задают цели для нижних.

Третий уровень формально-математического подхода к разработке моделей процессов управления ИОС является дальнейшим развитием первых двух в глубину по уровням иерархии процессов управления с учетом структуры системы управления. Соответственно усложняются и проблемы реализации этого уровня. В отличие от первого уровня создаваемая база знаний должна быть многоуровневой и содержать информацию о базовых ситуациях и решениях на соответствующих уровнях иерархии системы управления ИОС. Такая база знаний может быть создана только на принципах обучения и самообучения, что требует открытости моделей процессов, среды управления и управляющей системы. При моделировании процессов управления ИОС средства математического и программного обеспечения должны в полной мере реализовывать принцип системного подхода и представлять собой систему формализованных моделей процессов различного масштаба и назначения, учитывать все важнейшие факторы, определяющие их ход и результаты, обеспечивать выработку обоснованных и своевременных рекомендаций при принятии управленческих решений и их реализации.

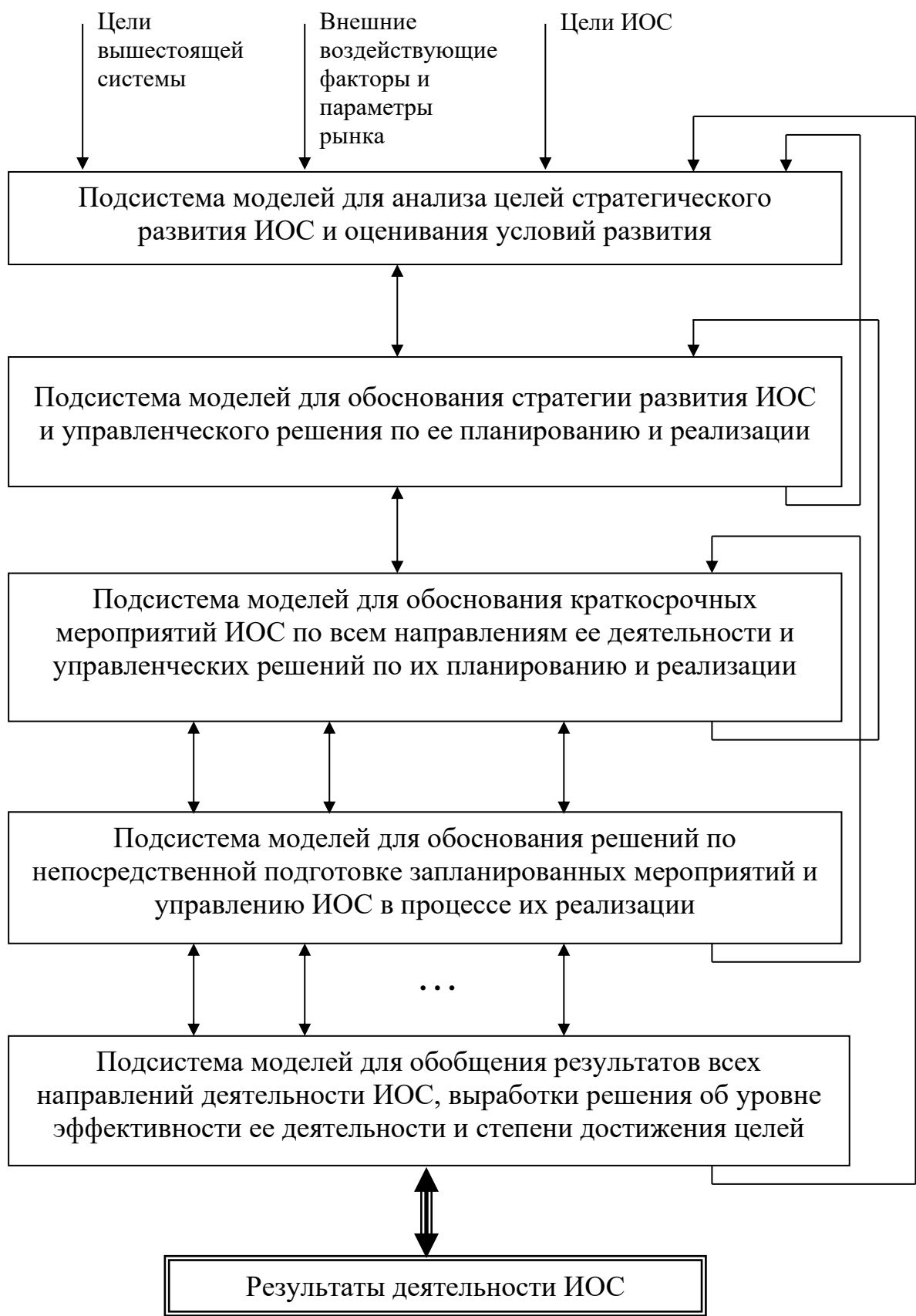
### **2.3. Концептуальная иерархическая модель интегрированной организационной структуры как сложной экономической системы**

В соответствии с описанными выше принципами уровневого построения моделей и основными этапами процессов управления ИОС как экономической системой, осуществляемыми на разных уровнях ее иерархии, в составе комплексной системы моделей рассматриваемой ИОС можно выделить пять основных функциональных подсистем (рис. 2.3.1):

- подсистема моделей для анализа целей стратегического развития ИОС и оценивания условий развития;
- подсистема моделей для обоснования стратегии развития ИОС и управленческого решения по ее планированию и реализации;
- подсистема моделей для обоснования краткосрочных (детальных в рамках стратегии) мероприятий ИОС по всем направлениям ее деятельности и управленческих решений по их планированию и реализации;
- подсистема моделей для обоснования решений по непосредственной подготовке и проведению запланированных мероприятий и управлению ИОС в процессе их реализации;
- подсистема моделей для обобщения результатов всех направлений деятельности ИОС и выработки решения об уровне эффективности ее деятельности и степени достижения целей [218, 220].

Первая подсистема включает следующие компоненты (см. ниже рис. 2.3.2):

- модель для анализа соответствия целей развития ИОС целям вышестоящей системы;
- модель для оценивания текущего и перспективного стратегического потенциала ИОС;
- модель для стратегического оценивания условий развития и тенденций их изменения;
- модель для оценивания качества целей развития ИОС;



Составлено автором.

Рис. 2.3.1. Взаимосвязь функциональных подсистем иерархической модели ИОС при выполнении долговременных проектов в рамках госконтрактов.



- модель для оценки перспективности предполагаемых направлений долгосрочного развития ИОС;

- базу знаний о качестве целей ИОС, параметрах условий развития и возможных направлениях стратегического развития ИОС.

Первая подсистема моделей позволяет анализировать последствия стратегических решений в типовых сценариях развития ситуации и сформировать базу знаний о качестве целей развития ИОС и ее стратегических мероприятиях в различных условиях. Результатами моделирования первой подсистемы являются уточненные цели, оценки условий развития и варианты стратегий ИОС, характеризующиеся уточненными целями ее развития, характеристиками условий развития, наличием и доступностью ресурсов, составом и характеристиками других ИОС, возможными направлениями стратегических мероприятий ИОС, а также методика оценки обобщенных показателей эффективности стратегических мероприятий ИОС.

Вторая подсистема моделей включает (см. ниже рис. 2.3.3):

- комплекс моделей процессов стратегического взаимодействия ИОС и рыночных условий;

- модель для оценивания действий конкурентов;

- модель для выработки рекомендаций по развитию конкурентных преимуществ ИОС;

- модель для разработки долгосрочных мероприятий ИОС при существующих и прогнозируемых характеристиках рыночных условий;

- модель для расчета основных показателей качества разработанной стратегии развития ИОС;

- модель для планирования долгосрочных мероприятий ИОС;

- модель для выработки рекомендаций по уточнению перечня долгосрочных мероприятий ИОС;

- модель для разработки управленческого решения по реализации выбранной стратегии.

Модели второй подсистемы обеспечивают расчет и обоснование состава и видов долгосрочных мероприятий, необходимых для их выполнения ресурсов, направления сосредоточения основных усилий, задачи и последовательность проведения мероприятий. Согласованность различных видов мероприятий достигается путем синхронизации их на основе анализа показателей эффективности, которыми оперирует лицо, ответственное за решение задач планирования долгосрочных мероприятий ИОС. Такая синхронизация задач обеспечивается путем организации во второй подсистеме моделей обратной связи с помощью модели выработки рекомендаций по согласованию и уточнению задач.

Третья подсистема моделей включает следующие компоненты для каждого направления деятельности ИОС (см. ниже рис. 2.3.4):

- комплексная модель (повышенной точности) процессов локального взаимодействия ИОС и отдельных элементов рыночных условий;
- модель для разработки краткосрочных мероприятий ИОС;
- модель для расчета эталонных значений основных показателей качества процессов;
- модель для определения контрольных точек процессов;
- модель для планирования краткосрочных мероприятий ИОС;
- модель для выработки рекомендаций по коррекции планов краткосрочных мероприятий;
- модель для разработки управленческого решения по реализации краткосрочных мероприятий ИОС.

Модели третьей подсистемы предназначены для обеспечения процесса реализации выбранной стратегии развития ИОС в виде разработки комплексов краткосрочных мероприятий по каждому направлению ее деятельности. Синхронизация краткосрочных мероприятий достигается за счет точного следования планам стратегического развития ИОС и наличия обратной связи для внесения корректировок в них.

Четвертая подсистема моделей включает для каждого направления

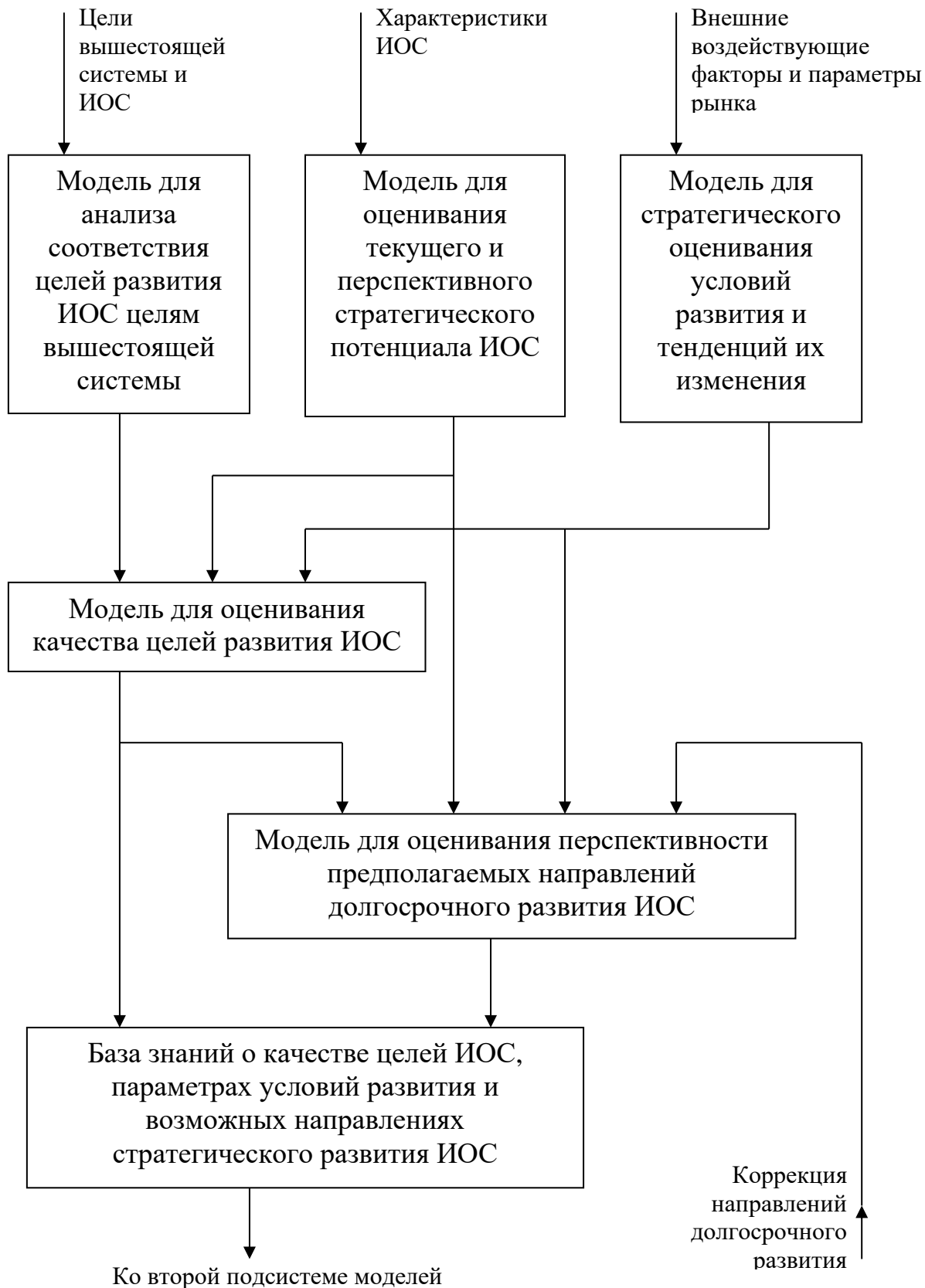
деятельности ИОС следующие модели (см. ниже рис. 2.3.5):

- модель для планирования ресурсного обеспечения ИОС;
- модель для подготовки ИОС к реализации запланированных краткосрочных мероприятий;
- модель для определения контрольных точек технологических процессов;
- модель для расчета значений выбранных показателей качества;
- модель управления ИОС и ее подразделениями в процессе краткосрочных мероприятий;
- модель для уточнения и корректировки запланированных краткосрочных мероприятий;
- модель для оценки полученных результатов и сопоставления их с планом краткосрочных мероприятий.

Модели четвертой подсистемы обеспечивают непрерывный контроль рыночных условий и качество решения запланированных задач, оценку текущего потенциала ИОС и ее подразделений, расчет возможного времени перехода к использованию того или иного варианта краткосрочных мероприятий, выработку рекомендаций по уточнению планов краткосрочных мероприятий.

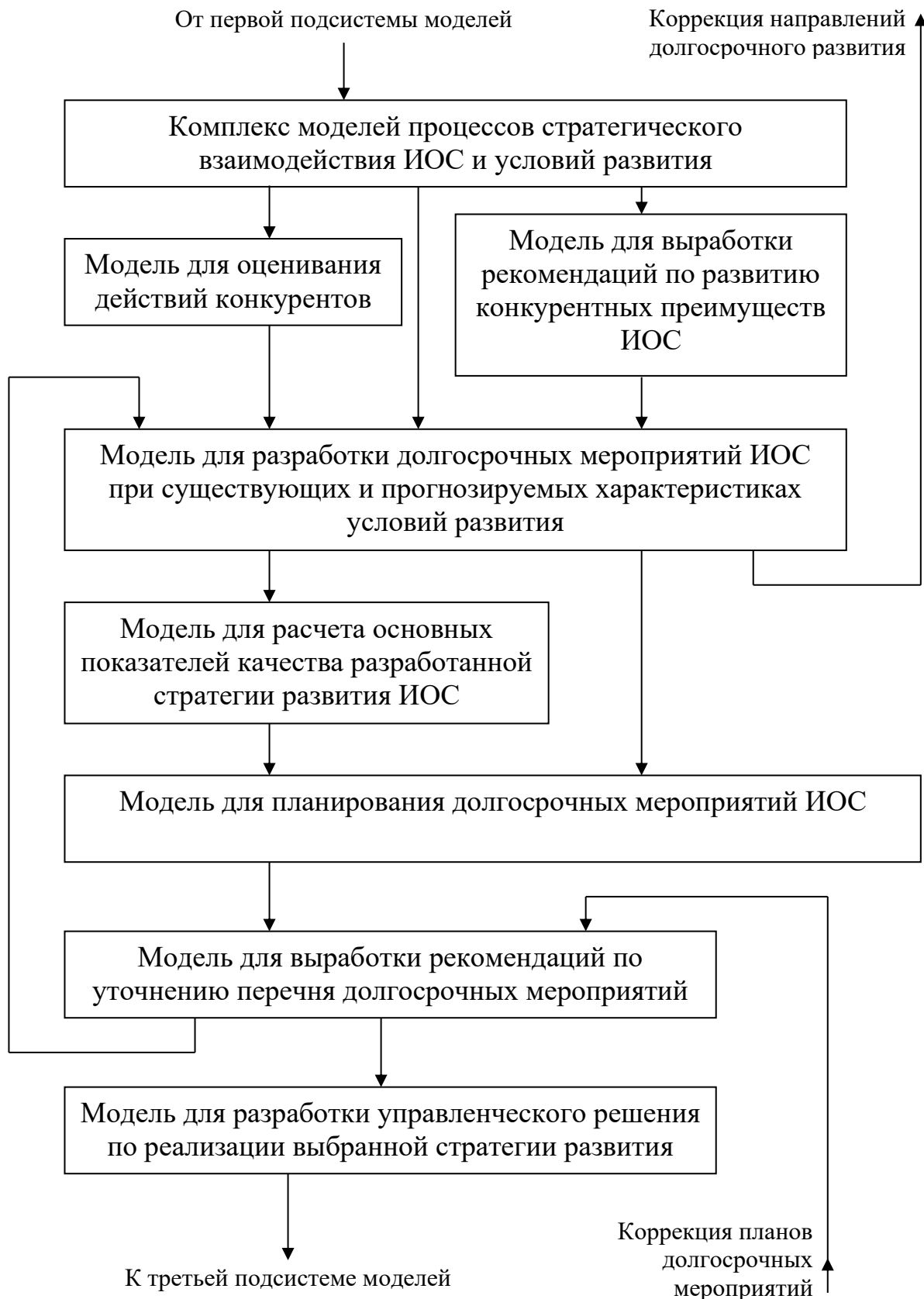
Пятая подсистема моделей включает (см. рис. 2.3.6):

- модели для анализа результатов деятельности ИОС отдельно по каждому направлению;
- модель для обобщения результатов деятельности ИОС по всем направлениям;
- модель для проверки взаимной согласованности результатов деятельности ИОС по всем направлениям ее деятельности;
- модель для выработки рекомендаций по уточнению методик выполнения мероприятий и синхронизации процессов, внесения изменений в краткосрочные и долгосрочные планы, коррекции целей ИОС;
- модель для расчета показателей эффективности функционирования ИОС и формирования отчета о результатах;



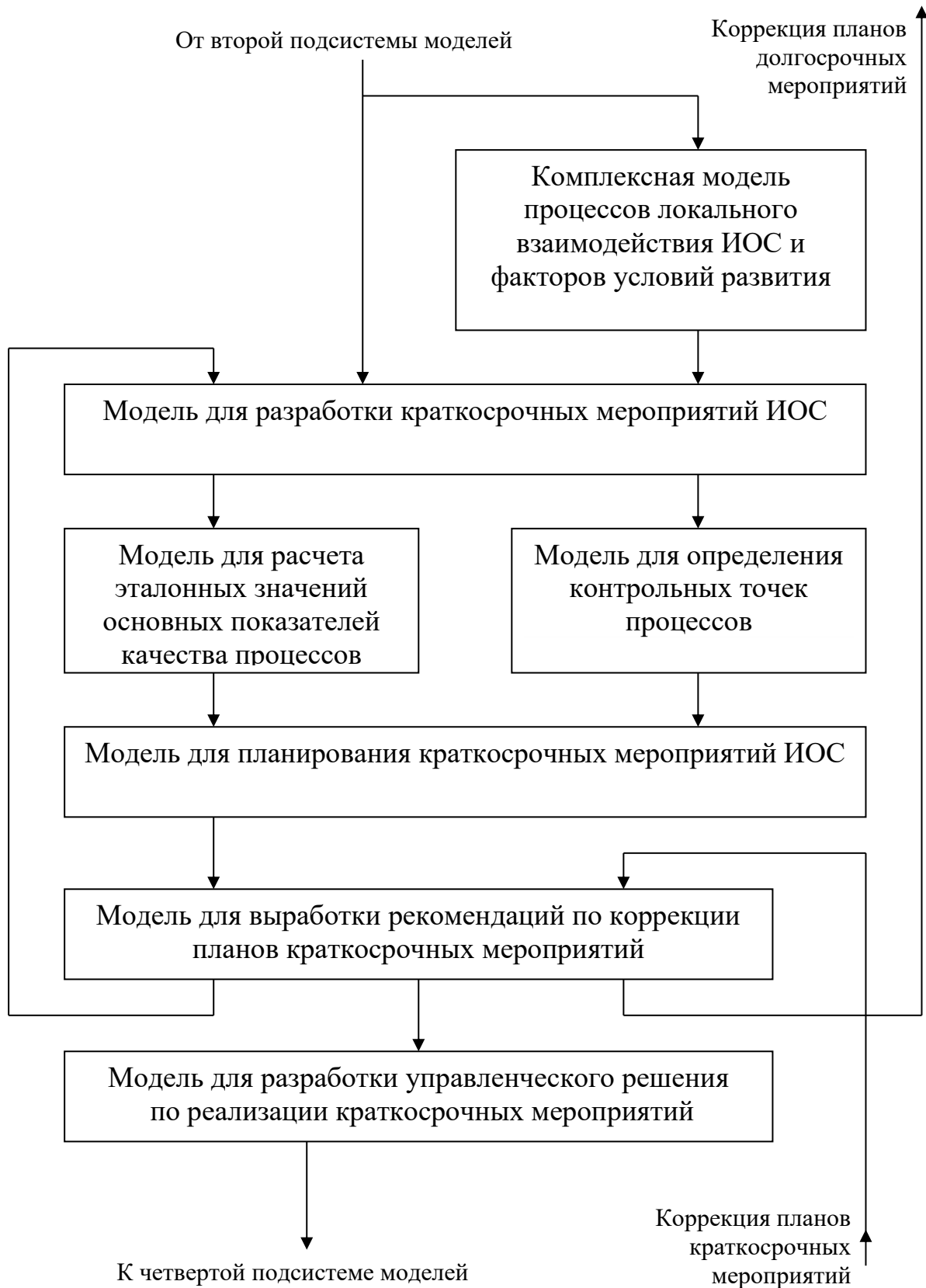
Составлено автором.

Рис. 2.3.2. Подсистема моделей для анализа целей стратегического развития ИОС и оценивания условий развития.



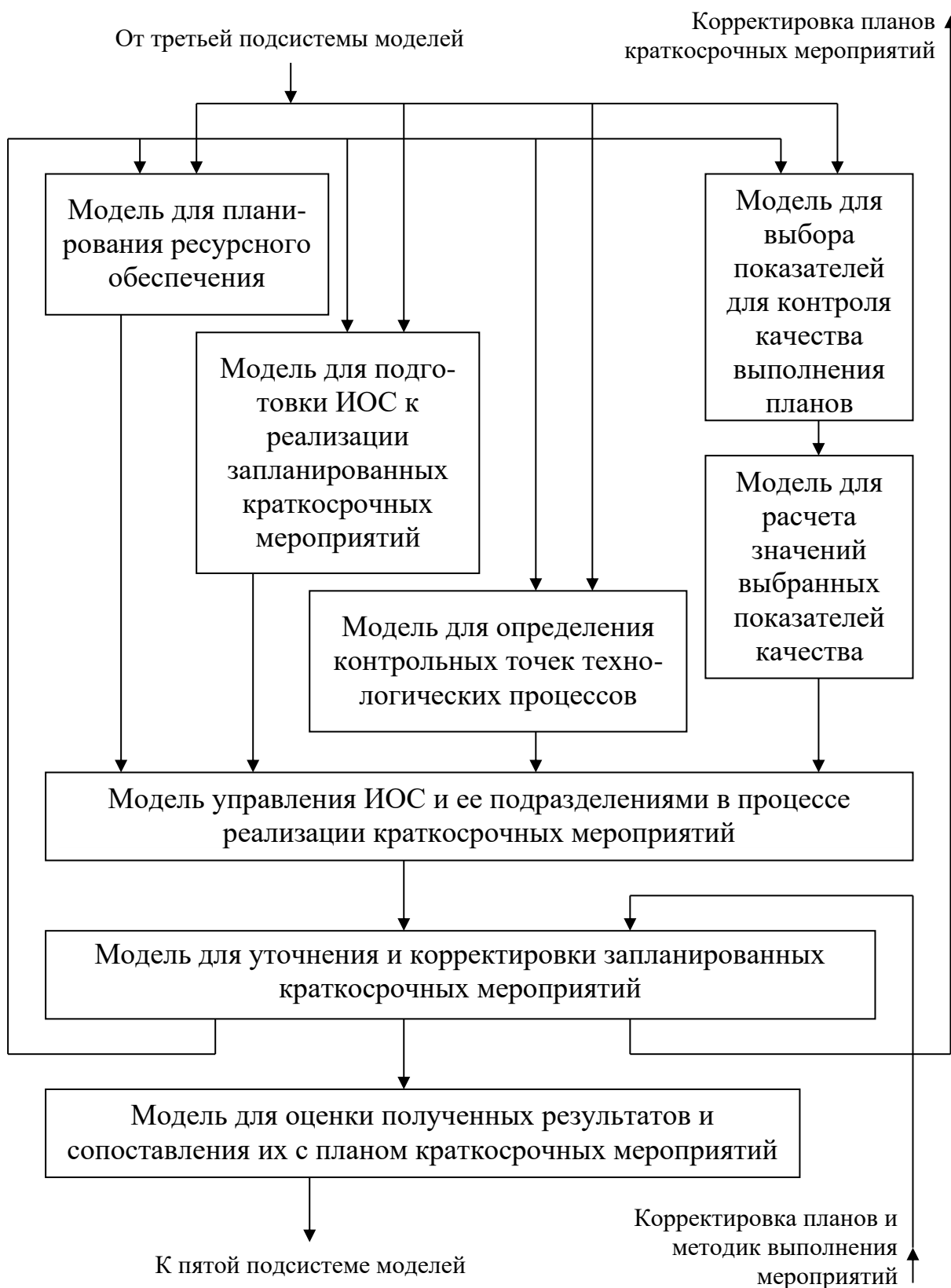
Составлено автором.

Рис. 2.3.3. Подсистема моделей для обоснования стратегии развития ИОС и управленческого решения по ее планированию и реализации.



Составлено автором.

Рис. 2.3.4. Подсистема моделей для обоснования краткосрочных мероприятий ИОС по всем направлениям ее деятельности и управленческих решений по их планированию и реализации.



Составлено автором.

Рис. 2.3.5. Подсистема моделей для обоснования решений по непосредственной подготовке запланированных мероприятий и управлению ИОС в процессе их реализации.



Составлено автором.

Рис 2.3.6. Подсистема моделей для обобщения результатов всех направлений деятельности ИОС, выработки решения об уровне эффективности ее деятельности и степени достижения целей.



– модель для разработки управленческого решения об итогах деятельности ИОС и новых целях ее развития.

Модели пятой подсистемы предназначены для повышения качества обобщения результатов деятельности ИОС по всем направлениям, анализа и выработки решения о противоречивости или взаимном дополнении направлений деятельности, разработки рекомендаций об изменении областей деятельности ИОС. Кроме того, принимаются решения качества методов синхронизации мероприятий различных ее подразделений, совершенствовании распределения ресурсов. В случае неполного достижения целей через обратную связь корректируется стратегия развития ИОС или сами цели. Все модели, входящие в систему, должны разрабатываться в интересах обеспечения единого процесса принятия управленческих решений руководством ИОС различных уровней иерархии. Должно обеспечиваться и единство требований, предъявляемых к системе моделей мероприятий на различных уровнях ее разработки – организационном, методологическом, информационном, лингвистическом, формально-математическом, технологическом и пользовательском [108, с. 171-198; 218, 220, 221].

Синхронизация нижестоящих по иерархии мероприятий достигается за счет точного следования планам вышестоящих мероприятий и наличия обратных связей для внесения корректировок в вышестоящие по иерархии планы ИОС. Корректное решение вопроса о том, что и в какой степени учитывать в модели до настоящего времени остается искусством. В арсенале средств представления различных факторов в моделях ИОС имеется много возможностей корректного решения этой проблемы. Главной идеей является использование различных по своей формальной природе подходов, позволяющих в более загруженном виде, но достаточно представительно, учесть наиболее важные факторы ИОС, не прибегая к чрезмерно детальному их моделированию в рамках создаваемой модели. Правильное решение всех рассмотренных вопросов позволяет создавать комплексные модели, в высокой степени удовлетворяющие требованиям

реальных процессов управления ИОС и необходимые для практической ее деятельности руководителей различного уровня.

#### **2.4. Организационные аспекты обеспечения качества моделей**

Рассмотрим вопросы обеспечения качества создаваемой комплексной модели ИОС. Особенности ее разработки определяют требования к управлению и контролю осуществления всех работ проекта. Следует отметить целесообразность организации параллельной деятельности разных подразделений-исполнителей над созданием относительно независимых подмоделей ИОС, возможность многократного применения ранее разработанных модулей. Координирующее управление процессом разработки является системообразующим механизмом, определяющим качество и стоимость итоговой модели ИОС.

Для организации процессов, позволяющих обеспечивать достаточно высокий уровень качества моделей ИОС, можно взять за основу известные принципы, предложенные Э.У. Демингом [63] и впоследствии развитые во многих системах качества. При разработке моделей ИОС их цели, условия и формы предполагаемого использования обычно указываются в Техническом задании и в период разработки традиционно должны оставаться неизменными. Однако в процессе создания таких моделей и встраивания их в СППР появляется возможность достаточно эффективного (по многим критериям) совершенствования не только СППР, но и бизнес-процессов ИОС. Желательно использовать ее в полной мере, и при заключении соответствующих договоров предусматривать процедуры обсуждения с заказчиком и оперативного внесения в Техническое задание необходимых изменений. Формирование долгосрочных отношений с заказчиком также способствует повышению качества создаваемых моделей. Целесообразно организовывать сопровождение и периодическую модернизацию разработчиками уже встроенных в СППР моделей и предусматривать такие обязательства при заключении договора.

Создание и совершенствование моделей относительно уникальных ИОС предполагает наличие достаточно высокой квалификации исполнителей, сами же работы частично являются творческими. В таких коллективах применение общепринятых методов сплошного контроля качества работ обычно малоэффективно, т. к. часто не только не позволяет своевременно выявлять ошибки, но и способствует увеличению их количества из-за постоянного вмешательства контролирующих органов. Нахождение компромисса между доверием к исполнителям (с предоставлением им определенной самостоятельности) и контролем результатов их деятельности (в рамках авторитарного управления руководителем проекта) является наилучшим решением. При этом контроль должен основываться в большей мере на качественных показателях и в меньшей – на количественных.

Желательно развивать на предприятии-разработчике систему постоянного обучения сотрудников, основанную на внедрении наставничества, периодическом повышении их профессиональной квалификации в учебных центрах, осуществлении исследовательских работ. Кроме того, необходимо развивать и расширять перечень инструментальных средств ведения работ, поощрять выполнение исполнителями смежных функций, проводить тематические семинары (обсуждения) по возникающим проблемам, стимулировать самостоятельное повышение квалификации сотрудниками.

Учитывая, что на таких предприятиях квалификация большинства сотрудников достаточно высокая, надо создать обстановку, в которой они могли бы высказывать свое мнение и по профессиональным, и по организационным вопросам. Например, внедрить систему согласования управленческих решений на этапе их разработки с будущими исполнителями и аналогичные. Помимо регламентированных отношений между подразделениями необходимо поддерживать и развивать неофициальное их взаимодействие. Исключить из практики управления коллективом лозунги и авторитарные наставления, суть и особенности применяемых технологий выполнения работ и организации

производства должны быть известны и понятны исполнителям.

Система управления предприятием-разработчиком моделей не должна базироваться на анализе только количественных достижений, руководители всех уровней должны всячески поддерживать любые совершенствования технологий, направленные на повышение качества работ. Целесообразно развивать профессиональную гордость и самоуважение работников, продвижение по карьерной лестнице должно основываться исключительно на знаниях, умениях и профессиональных заслугах сотрудников. Внедрение таких принципов будет способствовать естественному росту квалификации исполнителей и предприятия в целом, улучшению его имиджа, повышению доверия со стороны заказчиков.

Для непосредственной организации разработки моделей могут использоваться общепринятые принципы проектного управления, применяемые при разработке ИТ-систем [102, 168, 181]. При этом обычно создается отдельное подразделение, которое хранит и поддерживает в рабочем состоянии созданные ранее в других проектах типовые функциональные подмодели (часто подобные подразделения называют «библиотеками»). Это позволяет собрать вместе все прошлые наработки предприятия-разработчика вместо того, чтобы неупорядоченно хранить их в подразделениях, специализирующихся на отдельных направлениях моделирования. Вновь создаваться должны будут только подмодели, выполняющие абсолютно новые функции.

При таком подходе большинство подмоделей должны создаваться в унифицированном виде, что достаточно просто осуществляется на основе современных инструментальных средств. В статьях [102, 181] применительно к созданию ИТ-систем сделан вывод, что каждый такой компонент должен позволять реализовывать достаточно большое количество типовых функций для увеличения кратности его использования в разных проектах, что будет способствовать и повышению рентабельности деятельности предприятия-разработчика, и качества моделей за счет снижения уровня ошибок. В этих же публикациях предложены подходы к организации конвейера по разработке информационных систем на

основе библиотеки IT-компонентов, при этом рекомендовано решения о переходах к следующему этапу работ принимать непосредственным исполнителям по окончании своего этапа.

Однако на предприятии, специализирующемся на разработке моделей для систем поддержки принятия решений крупных ИОС, большинство из которых уникально и существенно зависят от меняющейся рыночной ситуации, такие подходы не всегда оправданы с позиции обеспечения качества готовой модели и сроков ее разработки. Целесообразнее все переходы между этапами работ осуществлять только по решению руководителя проекта, владеющего всей информацией о фактической ситуации и готовности участников проекта к выполнению следующего этапа. При организации работ на основе библиотеки компонентов необходимо создавать не крупные многофункциональные структурные элементы, как рекомендовано в указанных выше публикациях, а наоборот, простые (мелкие) по функционалу подмодели. Это позволит составлять из них более разнообразные модели ИОС, имеющие приемлемую трудоемкость эксплуатации и быстродействие. С другой стороны, даст возможность организовывать в составе СППР параллельные цепочки подмоделей и сравнивать их результаты моделирования. Причем такие сравнения могут выполняться и для больших (длинных) цепочек подмоделей, и для относительно маленьких (коротких), число параллельных цепочек и их длина могут настраиваться в начале моделирования и оперативно корректироваться. Это позволит при принятии управленческих решений в конкретных ситуациях учитывать больше факторов, а также рассматривать существенно большее количество вариантов решений и выбирать из них более взвешенные.

На рис. 2.4.1 приведена концептуальная схема основных этапов создания модели ИОС. Непосредственное выполнение работ организуется в соответствии с выбранной моделью жизненного цикла проекта, собственно функционирование подразделения-библиотеки осуществляется традиционным образом, например, аналогично предложенному в работах [102, 181].



Составлено автором.

Рис. 2.4.1. Концептуальная схема процесса разработки модели ИОС.

На всех этапах разработки руководители работ (и экспертные группы) от исполнителя и от заказчика совместно организуют все технологические процессы. Этим создается возможность для раннего выявления недостатков Технического задания, результатов уже выполненных этапов и коррекции их, что снижает себестоимость модели ИОС, повышает ее качество, сокращает сроки выполнения проекта. Декомпозиция разрабатываемой модели ИОС на структурно-функциональные компоненты должна выполняться с учетом области и масштабов деятельности ИОС, рыночных условий и объективной силы их влияния, продолжительности существования и принципов стратегического развития ИОС, технологической и организационной ее структур, преимущественных характеристик государственных контрактов и аналогичного. Немаловажное значение имеют и особенности государственной политики в этой сфере, ее приоритеты и показатели, используемые в качестве ключевых индикаторов.

Помимо организации корпоративной библиотеки подмоделей достаточно важным аспектом обеспечения качества модели ИОС является регламентация взаимоотношений и разграничение функций предприятия-разработчика и предприятия-заказчика. Целесообразно использование нижеследующих основных регламентов взаимодействия с заказчиком (табл. 2.4.1–2.4.4), частично аналогичных приведенным в авторских работах [228, 231], но с учетом концептуальной схемы (рис. 2.4.1) и выбранной модели жизненного цикла.

Таблица 2.4.1 – Регламент первичных этапов проекта по разработке модели ИОС

<b>Наименование этапа</b>	<b>Формируемый документ</b>	<b>Кто принимает решение?</b>
Предварительное согласование договора на разработку модели ИОС	Проект договора	Руководители экспертных групп от разработчика и заказчика

<b>Наименование этапа</b>	<b>Формируемый документ</b>	<b>Кто принимает решение?</b>
Заключение договора на разработку модели ИОС	Договор на разработку модели ИОС для СППР предприятия-заказчика	Руководители предприятий разработчика и заказчика
Составление и согласование Технического задания	Техническое задание на разработку модели ИОС	Экспертные группы от заказчика и разработчика, руководитель проекта
Анализ Технического задания на разработку модели ИОС и составление ее структуры	Предварительная функциональная схема модели ИОС	Экспертная группа от разработчика и руководитель проекта
Согласование и корректировка структуры модели ИОС	Согласованная с заказчиком структурная схема модели ИОС	Экспертные группы от заказчика и разработчика, руководитель проекта
Определение наличия ранее созданных подмоделей	Список ранее разработанных подмоделей	Руководитель проекта
Определение требований к вновь создаваемым подмоделям	Задание на разработку новых подмоделей	Экспертная группа от разработчика и руководитель проекта
Контроль качества вновь разработанных подмоделей	Список вновь разработанных подмоделей	Руководитель проекта
Составление плана комплексирования подмоделей ИОС	План и технология комплексирования	Руководитель проекта



Таблица 2.4.2 – Регламент комплексирования подмоделей в единую модель ИОС и итогового контроля качества

<b>Наименование этапа</b>	<b>Формируемый документ</b>	<b>Кто принимает решение?</b>
Контроль готовности подмоделей ИОС	Список несоответствий	Руководитель проекта
Контроль качества всех подмоделей с позиции использования в конкретной СППР	Список несоответствий	Экспертная группа от разработчика и руководитель проекта
Входной контроль взаимной согласованности подмоделей ИОС	Список несоответствий	Экспертная группа от разработчика и руководитель проекта
Непосредственное комплексирование подмоделей в функциональные блоки	Перечень функциональных блоков, структурные схемы функциональных блоков.	Экспертная группа от разработчика и руководитель проекта
Комплексирование функциональных блоков в единую модель ИОС	Фактическая структурная схема модели ИОС	Экспертная группа от разработчика и руководитель проекта
Контроль качества итоговой модели ИОС	Заключение о качестве модели, описание необходимых корректировок	Экспертные группы от заказчика и разработчика, руководитель проекта
Корректировка подмоделей и интерфейсов	Перечни сделанных корректировок	Экспертная группа от разработчика и руководитель проекта

Таблица 2.4.3 – Регламент интеграции разработанной модели ИОС в систему поддержки принятия решений предприятия-заказчика

<b>Наименование этапа</b>	<b>Формируемый документ</b>	<b>Кто принимает решение?</b>
Непосредственная интеграция модели ИОС в СППР заказчика	Уведомление руководителя предприятия-заказчика	Руководитель проекта, представитель заказчика
Заполнение базы данных модели информацией	Перечень нормативной и справочной информации	Экспертные группы от заказчика и разработчика, руководитель проекта
Тестовая эксплуатация модели в составе СППР заказчика	Заключение о мере успешности тестирования, описание необходимых корректировок	Экспертные группы от заказчика и разработчика, руководитель проекта
Обучение сотрудников органов управления предприятия-заказчика	Список обучаемых, программа (план) обучения	Руководитель проекта, представитель заказчика
Опытная эксплуатация модели в составе СППР заказчика	Заключение о мере успешности проведения опытной эксплуатации, описание необходимых корректировок, в т.ч. в программе (плане) обучения сотрудников	Экспертные группы от заказчика и разработчика, руководитель проекта
Передача готовой модели заказчику для эксплуатации	Акт о приеме-передаче модели, акт о выполнении работ	Руководители предприятий разработчика и заказчика

Таблица 2.4.4 – Регламент сопровождения модели ИОС в рамках договорных обязательств

<b>Наименование этапа</b>	<b>Формируемый документ</b>	<b>Кто принимает решение?</b>
Доработка подмоделей и интерфейсов	Техническое задание на выполнение доработок	Руководители предприятий разработчика и заказчика
Плановое повышение квалификации сотрудников предприятия-заказчика	Программы обучения	Руководители предприятий разработчика и заказчика
Текущее сопровождение эксплуатации модели ИОС в СППР заказчика	Локальные акты	Руководитель проекта, представитель заказчика

Таблицы 2.4.1-2.4.4 составлены автором с частичным использованием материалов [102, 181, 228, 231].

Реализации приведенных положений и рекомендаций могут быть использованы в современных ERP, CRM, IEM и аналогичных системах, уже имеющихся или впервые устанавливаемых в ИОС или на отдельных предприятиях. В частности, хорошо зарекомендовали себя ERP-системы компаний «SAP», «Oracle», «Microsoft Business Solutions», «Infor», «Epicor», «Sage», занимающих значительную часть этого сегмента мирового рынка. Можно выделить наиболее популярные отечественные системы «Галактика ERP», «1С: Предприятие 8» и системы зарубежных производителей «Microsoft Dynamics AX», «Oracle Applications» и «SAP R/3». Следует также отметить актуальность применения, в дополнение к указанным, систем защиты корпоративной информации, например, программные продукты серий «UserGate», «Kerio», «GFI», «КАРМА» и аналогичных.

Представленные в пп. 2.1 – 2.4 положения методологии построения иерархических моделей интегрированных организационных структур могут быть использованы при реализации федеральных проектов «Развитие научной и научно- производственной кооперации» и «Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации», являющиеся составной частью национального проекта «Наука» (см. табл. 1.1.2).

Основные положения авторских результатов исследований, приведенных в главе 2, опубликованы в научных трудах [5, 37, 38, 87, 218, 220, 221, 224, 228, 250], в том числе в соавторстве.

### **3. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И СТОХАСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И ОПТИМИЗАЦИИ РЕСУРСОВ**

#### **3.1. Оценивание уровней развития проектов**

Рассмотрим подходы к количественному обоснованию управленческих решений по планированию структуры финансирования комплекса долговременных проектов применительно к размещению совокупности разнотипных линейных объектов в регионе страны. Под линейным объектом будем понимать линии электропередачи, линии связи (в том числе линейно-кабельные сооружения), трубопроводы, автомобильные дороги, железнодорожные линии и другие подобные недвижимые сооружения [Градостроительный кодекс РФ]. Размещение такого объекта подразумевает его строительство, реконструкцию и эксплуатацию [Земельный кодекс РФ].

Недвижимые линейные объекты (ЛЮ) размещаются в рамках выполнения федеральных, региональных и местных Программ комплексного развития, совокупность таких программ (СПКР), реализуемых на территории субъекта РФ, может рассматриваться по двум взаимосвязанным направлениям: целевому и технологическому. Целевое направление обеспечивает возможность соотносить все ключевые элементы этой совокупности программ с необходимыми мероприятиями и является основой для планирования. Технологическое направление отражает совокупность основных типов специализированного технологического оборудования (СТО), которое необходимо для реализации СПКР. Для таких программ важной задачей является планирование и осуществление соответствующих проектов по размещению линейных объектов в субъекте РФ и согласование их с возможностями финансового обеспечения. При этом одними из ключевых элементов планирования являются типы и количество единиц созданного (размещенного) СТО для различных линейных объектов. Анализ размещения линейных объектов федерального или регионального

значения предполагает также разработку подходов к оцениванию и количественному обоснованию объема и структуры финансовых средств (ФС), выделяемых для создания комплекса различных линейных объектов на территории субъекта РФ.

Основными исходными данными (показателями) для планирования таких проектов в рамках реализации СПКР являются примерно следующие:

- параметры ситуации в субъекте РФ по выбранным или потенциальным направлениям реализации программ;
- сведения о наиболее вероятных проблемных аспектах;
- характеристики линейных объектов, имеющих в субъекте РФ;
- количество различных типов и характеристики СТО, которые необходимо создать (закупить или произвести) и разместить на территории субъекта РФ;
- перечень проектов по созданию и развитию линейных объектов, выполнение которых необходимо для полноценного осуществления СПКР;
- ограничения по объему финансирования СПКР;
- достижения научно-технического прогресса в развитии наукоемких и других технологий.

Так как стоящие цели и задачи, а также объем имеющихся финансовых средств обычно известны, то важнейшей составляющей обоснования финансового обеспечения СПКР является оптимальное распределение этих средств между отдельными проектами, обеспечивающее наиболее высокое качество размещения и эксплуатации различных линейных объектов на длительный период планирования и наилучшим образом использующее выделенные финансовые средства. Такой подход позволяет комплексировать мероприятия СПКР и определить их целесообразную очередность с учетом фактического обеспечения ФС.

Финансовые средства для осуществления совокупности Программ комплексного развития в субъекте РФ обычно выделяются по календарным (финансовым) годам. С позиции обоснования необходимой структуры

финансирования рассматривается формализованный подход к планированию (распределению) ФС между проектами по размещению линейных объектов, при условии, что расход ФС на весь период планирования фиксирован.

Оптимальным планом распределения ФС будем считать такой план, который при найденных значениях параметров оптимизации удовлетворяет ограничениям по допустимому расходу ФС при максимальном уровне развития (качества) всех наиболее приоритетных ЛО. При этом должны быть учтены ограничения по техническим и технологическим возможностям производственных, научно-исследовательских и других участвующих ИОС, приоритетность отдельных ЛО. С экономических позиций для оптимизации распределения ФС между различными ЛО необходим критерий, который позволяет полно отражать наиболее целесообразное фактическое распределение ФС и обеспечивает наилучшее приближение состояний приоритетных ЛО к желаемым уровням для различных периодов планирования.

Основой подхода к экономическому оцениванию реализуемой в субъекте РФ СПКР может являться логико-математическая система с иерархической структурой, позволяющая соотнести между собой отдельные проекты по размещению ЛО с задачами и имеющимися финансовыми средствами, а также согласовать всю СПКР с имеющимися производственными и технологическими возможностями. Выделим типовые этапы развития ЛО:

- проведение инженерных изысканий (ИИ);
- разработка проектной документации (РПД);
- фактическое размещение (установка или строительство) специализированного технологического оборудования для ЛО;
- эксплуатация СТО и ЛО в целом.

Основные предпосылки, которые должны приниматься для формализованного анализа таких проектов, выполняемых в рамках СПКР, включают:

- исследуемый комплекс мероприятий СПКР строится в плановом порядке,

т.е. имеются необходимые данные для составления этого плана – объемы ФС, характеристики СТО необходимого типа и другие;

- предполагается, что план, обеспечивающий оптимальное распределение ФС, реализуем;

- планирование осуществляется на длительный период с учетом изменений научно-технических достижений и технологической базы всех типов ЛО;

- на основе результатов анализа целей СПКР и сложившейся ситуации определяется необходимая совокупность проектов по размещению ЛО; предполагается известной приоритетность каждого проекта, определяемой по установленным (общепринятым) методикам, исходя из вклада каждого из них в достижение целей СПКР;

- для каждого проекта по созданию и развитию конкретного ЛО считается известным требуемый уровень его качества (степень достижения целей), который определяется с учетом оценки приоритетности его для достижения целей СПКР; известно множество СТО, с помощью которых возможно достижение целей каждого такого проекта;

- известен максимально допустимый расход ФС в каждом периоде планирования на развитие всех ЛО; в каждом периоде планирования ФС распределяются между проектами по размещению ЛО, а в рамках каждого проекта – между СТО; выделенные ФС в зависимости от состояния разработок по данному СТО для данного проекта идут либо на ИИ, либо на РПД, либо на фактическое размещение (установки или строительства) этого СТО, либо на его эксплуатацию, при этом учитываются ограничения по особенностям того или иного периода жизненного цикла этого СТО;

- на основе длительности этапов ИИ, РПД и фактического размещения (установки или строительства) определяется период планирования, в котором возможна эксплуатация СТО в ЛО.

Формализованный подход к распределению ФС между проектами по размещению ЛО может быть сформулирован в виде последовательности типовых



этапов:

1. Оценивание состояния разработок по СТО для ЛО.
2. Оценивание уровня развития комплекса СТО для размещения ЛО.
3. Оценивание стоимости размещения каждого ЛО.
4. Оценивание стоимости СПКР в целом на территории субъекта РФ.

Первый из указанных этапов заключается в оценивании нахождения СТО в одном из пяти состояний:

0. Не начаты никакие работы по использованию  $j$ -го типа СТО в проекте по размещению  $i$ -го ЛО, выполняется только оценивание целесообразности таких работ в целом и предварительное согласование их.

1. Начаты, но не окончены инженерные изыскания по применению  $j$ -го типа СТО в проекте по размещению  $i$ -го ЛО.

2. Окончены ИИ, начата разработка проектной документации по использованию  $j$ -го типа СТО в  $i$ -м ЛО.

3. РПД окончена, начато фактическое размещение (установка или строительство)  $j$ -го типа СТО.

4. Окончено фактическое размещение (установка или строительство)  $j$ -го типа СТО, существует определенное количество готовых к использованию СТО, начато применение СТО этого типа в рамках эксплуатации ЛО.

Фактически пп. 1–4 представляют собой этапы проекта по разработке и использованию  $j$ -го типа СТО в проекте по размещению  $i$ -го ЛО. Такой проект начинает осуществляться после принятия соответствующего решения в конце указанного «нулевого» этапа.

Состояние СТО можно описать функцией  $\gamma_{ijk_s}$ , которая показывает, на каком из указанных выше этапов (от 0-го до 4-го) в периоде  $k$  находится СТО  $j$ -го типа, разрабатываемое для использования в  $i$ -м ЛО (по аналогии с предложенным в работе [103, с. 34-65] для другого типа систем). Если применение  $j$ -го СТО в проекте по размещению  $i$ -го ЛО вообще невозможно, то  $\gamma_{ijk_s} = 0$  при значении  $s$  от 1 до 4, при этом  $\gamma_{ijk_0}$  в начальный период (только на нулевом этапе) всегда равна

единице. В случае, если  $\gamma_{ijk_s}$  при максимально достигнутом  $s$  принимает единичное значение, то все соответствующие  $\gamma_{ijk_s}$  при меньших значениях  $s$  становятся равными нулю. Значения функции  $\gamma_{ijk_s}$  в зависимости от состояния СТО в периоды времени, предшествующие периоду  $k$ , и от объема вложенных ФС определяются соотношением:

$$\gamma_{ijk_s} = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{ijk_s} \leq \sum_{g=1}^k \left[ \left( \sum_{q=0}^{s-1} \gamma_{ijgq} \cdot x_{ijg} \cdot \phi_{ijgq} \right) + x_{ijg} \cdot \phi_{ijgs} \right] \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (3.1.1)$$

при условии:  $\sum_{q=0}^s \gamma_{ijkq} = 1$ ,

где  $s = 0, 1, 2, \dots, S$  – номер состояния (этапа проекта по разработке) СТО (для указанных выше этапов  $S = 4$ );  $k = 1, 2, \dots, K$  – номера периодов планирования (финансовые годы);  $i = 1, 2, \dots, m$  – условные номера (наименования) ЛО;  $j = 1, 2, \dots, n$  – условные номера (типы) СТО, с помощью которых возможно создание рассматриваемого ЛО;  $U_{ijk_s}$  – объем ФС, необходимых в периоде  $k$  для перевода  $j$ -й СТО относительно  $i$ -го ЛО из состояния  $(s-1)$  в состояние  $s$ ;  $x_{ijk}$  – объем ФС, вложенных в период  $k$  в развитие  $j$ -й СТО по  $i$ -му ЛО;  $\phi_{ijk_s}$  – вероятность перехода СТО  $j$ -го типа относительно  $i$ -го ЛО из состояния  $(s-1)$  в состояние  $s$  в период  $k$ .

Выражение (3.1.1) описывает динамику развития ЛО на этапах ИИ, РПД, фактической установки или строительства и эксплуатации СТО в зависимости от объема финансирования. При этом  $j$ -й СТО, находившийся в периоде  $(k-1)$  в состоянии  $s$  (т.е.  $\gamma_{ij(k-1)s} = 1$ ), может в периоде  $k$  с вероятностью  $\phi_{ijk_s}$  перейти в следующее состояние  $(s+1)$  или с вероятностью  $(1-\phi_{ijk_s})$  остаться в этом же состоянии:

$$\begin{cases} \gamma_{ijk_s} = 1, & \text{с вер. } (1-\phi_{ijk_s}), \\ \gamma_{ijk(s+1)} = 1, & \text{с вер. } \phi_{ijk_s}. \end{cases} \quad (3.1.2)$$

Вероятность  $\phi_{ijk_s}$  перехода СТО  $j$ -го типа в следующее состояние в общем случае не равна единице, поскольку вложение определенного объема ФС в выполнение работ по текущему этапу развития СТО является необходимым, но не достаточным условием его перехода из состояния  $s$  в состояние  $(s+1)$ . Это обусловлено существованием большого числа объективных и неуправляемых факторов условий деятельности, оказывающих влияние на выполнение этого перехода, учесть их воздействие количественно можно только вероятностным способом. Математическое ожидание функции состояния СТО не имеет практического смысла, однако учет  $\phi_{ijk_s}$  целесообразен при распределении ФС между ЛО. Фактически посредством этой вероятности может быть учтен объем страховых технических резервов финансовых средств для покрытия непредвиденных дополнительных расходов на перевод СТО  $j$ -го типа в следующее состояние относительно  $i$ -го ЛО. Тогда величина  $\phi_{ijk_s}$  количественно может быть оценена как доля полного объема ФС, запланированных на  $s$ -й этап для  $j$ -го СТО в рамках  $i$ -го ЛО, экспертным путем или статистически на основе существующего опыта разработок аналогичных СТО.

В общем случае  $\phi_{ijk_s}$  зависит от типа СТО ( $j$ ), наименования (параметров) ЛО ( $i$ ), периода планирования ( $k$ ) и состояния СТО ( $s$ ). Однако для планирования распределения ФС между проектами по размещению ЛО на практике можно сделать следующее допущение. Учет номера периода ( $k$ ) необходим только при существенной нестабильности ситуации в течение длительного времени, что не очень характерно для фактического положения дел. При расчетах это приводит к усложнению формализованных выражений, а точность вычислений при этом почти не изменяется. Поэтому вполне достаточно оценить среднее значение  $\phi_{ijk_s}$  для каждого типа СТО, ее состояния и наименования ЛО и применять его на протяжении всех периодов, а индекс « $k$ » в дальнейшем можно не использовать.

Для первого, второго и третьего этапов развития каждого СТО обычно существуют ограничения на капиталовложения для каждого периода

планирования, определяемые источником финансирования:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (2 - \phi_{ijs}) \cdot \gamma_{ijks} \cdot x_{ijk} \leq C_k \quad \text{при } s = 0, 1, 2, \dots, S, \quad (3.1.3)$$

где  $C_k$  – максимальный объем ФС, которые могут быть освоены в период  $k$  при разработке всех запланированных СТО.

Суммарно для всех периодов планирования финансовые средства, выделяемые на выполнение ИИ по применению каждого СТО  $j$ -го типа в проекте по размещению  $i$ -го ЛО ( $s = 1$ ), обычно подразделяются следующим образом:

$$C_{ij1} = C_{ij}^{\text{ТЗ}} + C_{ij}^{\text{ВНИ}} + C_{ij}^{\text{ТЭИ}} + C_{ij}^{\text{ОРИ}} + C_{ij}^{\text{ПР}}, \quad (3.1.4)$$

где  $C^{\text{ТЗ}}$  – стоимость разработки технического задания на ИИ;  $C^{\text{ВНИ}}$  – работ по выбору направления исследований;  $C^{\text{ТЭИ}}$  – теоретических и экспериментальных исследований;  $C^{\text{ОРИ}}$  – работ по обобщению и оценке результатов исследований, выпуску отчетной документации по ИИ;  $C^{\text{ПР}}$  – работ по предъявлению результатов ИИ к приемке и собственно приемке.

Аналогично, финансовые средства, выделяемые на РПД ( $s = 2$ ), расходуются по таким направлениям:

$$C_{ij2} = C_{ij}^{\text{ЭП}} + C_{ij}^{\text{ТП}} + C_{ij}^{\text{РРД}} + C_{ij}^{\text{ЭКД}} + C_{ij}^{\text{УД}}, \quad (3.1.5)$$

где  $C^{\text{ЭП}}$  – стоимость разработки эскизного проекта;  $C^{\text{ТП}}$  – разработки технического проекта;  $C^{\text{РРД}}$  – разработки рабочей документации;  $C^{\text{ЭКД}}$  – экспертиза рабочей документации;  $C^{\text{УД}}$  – утверждение документации.

Так же аналогично вышеприведенному, финансовые средства, затрачиваемые на фактическое размещение (установку или строительство)  $j$ -го СТО ( $s = 3$ ), в среднем состоят из следующих частей:

$$C_{ij3} = C_{ij}^{\text{КП}} + C_{ij}^{\text{ТП}} + C_{ij}^{\text{ОП}} + C_{ij}^{\text{ПО}}, \quad (3.1.6)$$

где  $C^{\text{КП}}$  – стоимость конструкторской подготовки;  $C^{\text{ТП}}$  – технологической подготовки;  $C^{\text{ОП}}$  – организационной подготовки;  $C^{\text{ПО}}$  – практической отработки «серийного» размещения (установки или строительства)  $j$ -го типа СТО.

Суммарный объем финансовых средств, расходуемый на разработку СТО  $j$ -го типа для  $i$ -го ЛО, не может превышать предельную (максимальную) стоимость ее создания, заданную требованиями заказчика:

$$\sum_{s=1}^3 C_{ijs} \leq C_{ij}^{\max}, \quad (3.1.7)$$

где  $C_{ij}^{\max}$  – максимально возможная стоимость разработки  $j$ -го СТО для  $i$ -го ЛО.

При выполнении этого неравенства проводится распределение работ и финансовых средств по периодам планирования ( $k$ ) в соответствии с возможностями участвующих ИОС, ресурсного обеспечения, а также с учетом существующих аналогичных планов параллельного создания других СТО (по аналогии с приведенным в работе [103, с. 53-72] для других систем).

При планировании оценивание развития комплекса СТО подразумевает определение числа функционирующих СТО  $j$ -го типа, которые могут выполнять задачи ЛО. Общее число используемых СТО  $j$ -го типа состоит из количества новых СТО, установленных в непосредственно предшествующий период, и числа СТО, установленных в остальных прошедших периодах, уже проработавших некоторое время, но срок эксплуатации которых не окончился.

Создание СТО  $j$ -го типа по  $i$ -му ЛО в периоде  $k$  возможно только в случае окончания ИИ и РПД в предшествующий период ( $\gamma_{ij(k-1)3} = 1$ ), а установленное в период  $k$  количество СТО  $j$ -го типа по  $i$ -му ЛО необходимо для развития этого ЛО в периоде  $(k+1)$ . Соответственно, для того чтобы  $i$ -й ЛО развивался в периоде  $k$ , необходимые для этого СТО  $j$ -го типа должны быть созданы в периоде  $(k-1)$  или ранее. При этом для большинства практических разработок характерна ситуация, когда фактическое размещение (установка или строительство)  $j$ -го типа СТО осуществляется параллельно с эксплуатацией ЛО. Если известны стоимость создание одного СТО  $j$ -го типа и объем выделенных ФС на такое СТО в периоде  $k$ , то при известной функции состояния СТО число размещенных в этом периоде СТО будет определяться по формуле:

$$y_{ijk} = x_{ijk} \cdot \phi_{ij4} \cdot \left( \frac{\gamma_{ij(k-1)3}}{z_{ijk}^{\text{оп}}} + \frac{\gamma_{ij(k-1)4}}{z_{ijk}^{\text{сер}}} \right), \quad (3.1.8)$$

где  $z_{ijk}^{\text{оп}}$  и  $z_{ijk}^{\text{сер}}$  – средняя стоимость опытного и серийного (соответственно) размещения одной  $j$ -й СТО для  $i$ -го ЛО в периоде  $k$ .

Значение  $y_{ijk}$  будет положительным только при условии, что  $\gamma_{ij(k-1)3} = 1$  или  $\gamma_{ij(k-1)4} = 1$ , если же обе функции будут равны нулю, то установка такой СТО в периоде  $k$  невозможна. Себестоимость установки одного СТО любого типа тем ниже, чем больше серийность (до определенного предела), что обусловлено уменьшением стоимости накладных расходов и издержек, повышения производительности работ вследствие приобретения опыта и других «эффектов» массового производства.

Для любых производственных процессов в рамках СПКР существует ограничение ( $\lambda_{jk}$ ) на предельные возможности по созданию СТО  $j$ -го типа:

$$\sum_{i=1}^m y_{ijk} \leq \lambda_{jk}. \quad (3.1.9)$$

Предельные возможности производства чаще всего зависят от следующих основных факторов: производственных мощностей, применяемых технологий и технологической новизны СТО, запланированного объема создания СТО, выделенных ФС и других ресурсов.

После окончания создания СТО его функционирование в составе ЛО начинается в следующий период и характеризуется рекомендованным сроком эксплуатации, длительностью и условиями фактической эксплуатации, временем технологического обслуживания, возможностью применения в составе разных ЛО. Установленная изготовителем длительность функционирования каждого СТО определяет число периодов планирования, в течение которых он может быть использован в ЛО. Возможность эксплуатации СТО, установленных в предшествующих периодах, может быть описана матрицей  $\|\beta_{ijk}\|$ , характеризующей возможность применения в  $i$ -м ЛО в периоде  $k$  СТО  $j$ -го типа,

созданного в период  $g$ . Элементы матрицы определяются следующим образом [103, с. 67-83]:

$$\beta_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если верно } UIO; \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (3.1.10)$$

где  $UIO$  (условие использования оборудования) – «СТО  $j$ -го типа, установленное в периоде  $g$  для  $i$ -го ЛО, возможно использовать в периоде  $k$ ».

При этом  $\beta_{ijk} = 1$  для всех СТО, размещенных в непосредственно предшествующем периоде. Во многих случаях экономически целесообразно увеличение срока эксплуатации СТО, например, путем проведения капитального или другого восстановительного ремонта, а также использование однотипных СТО в разных ЛО. Общее количество фактически функционирующих СТО  $j$ -го типа складывается из числа СТО, установленных во всех прошедших периодах, если срок их эксплуатации еще не окончился, и может быть найдено из соотношения:

$$y_{ijk}^{\Sigma} = \sum_{g=1}^{k-1} y_{ijg} \cdot \beta_{ijk} , \quad (3.1.11)$$

где  $y_{ijg}$  – число СТО  $j$ -го типа, созданных в период  $g$  для выполнения  $i$ -го ЛО в последующие периоды.

На развитие ЛО как системы СТО существенно влияют сроки выполнения ИИ, РПД и фактического размещения (установки или строительства)  $j$ -го типа СТО. В общем случае возможны ситуации, когда СТО не устанавливается в состав ЛО в связи с появлением существенно более совершенного образца, при этом ФС на его разработку уже были потрачены, но эксплуатация СТО в ЛО не планируется. Однако такие ситуации на практике достаточно редки и обычно могут быть предсказаны заблаговременно.

Следующим аспектом анализа финансового обеспечения СПКР является оценка стоимости размещения ЛО, предусмотренных планом. Стоимость создания одного ЛО в период  $k$  в качестве основного компонента включает затраты на установку СТО для этого ЛО (на ИИ, РПД, фактическое строительство

и эксплуатацию). Затраты на эксплуатацию СТО могут изменяться в зависимости от уровня действующих цен, износа СТО, фактических межремонтных сроков и других причин. В связи с этим стоимость эксплуатации зависит от периода  $g$ , в котором были произведены СТО  $j$ -го типа, и текущего периода  $k$ . Если учесть через параметр  $\beta_{ijk}$  возможность эксплуатации соответствующего СТО, то стоимость эксплуатации в периоде  $k$  всех СТО, созданных в прошедших периодах, определяется по формуле [103, с. 81-103]:

$$C^{\exists} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\exists} \cdot \beta_{ijk} \cdot y_{ijg}, \quad (3.1.12)$$

где  $C_{ijk}^{\exists}$  – стоимость эксплуатации в период  $k$  в  $i$ -м ЛО одного СТО  $j$ -го типа, созданного в период  $g$ .

Полная стоимость эксплуатации в  $k$ -м периоде  $i$ -го ЛО включает все ФС, расходуемые на ИИ, РПД, фактическую установку или строительство и эксплуатацию СТО в этом периоде, а также общие затраты на эксплуатацию этого ЛО в целом ( $C_{ik}^{033}$ ). На основе вышеизложенного можно записать выражение для расчета ФС, необходимых для создания каждого ЛО в периоде  $k$ :

$$C_{ik} = \sum_{j=1}^n (2 - \phi_{ij4}) \cdot x_{ijk} + \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\exists} \cdot \beta_{ijk} \cdot y_{ijg} + C_{ik}^{033}, \quad (3.1.13)$$

где первое слагаемое представляет собой объем ФС, вложенных в развитие  $i$ -го ЛО в период  $k$  с учетом создания страховых технических резервов; второе – стоимость эксплуатации СТО, произведенных во всех прошедших периодах.

Оценивание стоимости СПКР в целом как совокупности ЛО для периода  $k$  заключается в суммировании ФС, запланированных для размещения каждого ЛО, расходов на «координацию» функционирования различных ЛО между собой ( $C_k^{кф}$ ) и общеадминистративных расходов ( $C_k^{oa}$ ). Формализовано это может быть записано следующим образом (аналогично приведенному в [103, с. 93-124] для другого типа систем):



$$C_k = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (2 - \phi_{ij4}) \cdot x_{ijk} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\text{э}} \cdot \beta_{ijk} \cdot y_{ijg} + \sum_{i=1}^m C_{ik}^{\text{озэ}} + C_k^{\text{кф}} + C_k^{\text{оа}}. \quad (3.1.14)$$

При этом суммарные затраты не должны превышать допустимые для данного периода ( $C_k^{\text{д}}$ ):

$$C_k \leq C_k^{\text{д}}. \quad (3.1.15)$$

Расходы  $C_k^{\text{кф}}$  и  $C_k^{\text{оа}}$  целесообразно оценивать как средние по всем периодам для данной СПКР экспертным путем или статистически на основе существующего опыта создания аналогичных ЛО. Выражения (3.1.13) и (3.1.14) с учетом ограничения (3.1.15) являются искомыми формулами для расчета распределения финансовых средств между ЛО.

Детализируем расчет затрат на собственно эксплуатацию СТО в рамках ЛО в период  $k$ . Эксплуатационные расходы для каждой СТО складываются из прямых ( $C_{ijk}^{\text{п}}$ ) и косвенных ( $C_{ijk}^{\text{к}}$ ) издержек. Прямые складываются из расходов на амортизацию оборудования, текущий ремонт, периодические осмотры и контроль, расходные материалы на ремонт и проверки, а также расходы на заработную плату персонала и других. В среднем их можно рассчитать по формуле:

$$C_{ijk}^{\text{п}} = \sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\text{хр}} \cdot \beta_{ijk} + C_{ijk}^{\text{то}} + C_{ijk}^{\text{э}} + C_{ijk}^{\text{вэ}} + C_{ijk}^{\text{от}} + C_{ijk}^{\text{оп}}, \quad (3.1.16)$$

где  $\sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\text{хр}} \cdot \beta_{ijk}$  – расходы на содержание всех СТО  $j$ -го типа, размещенных в предыдущие периоды для  $i$ -го ЛО;  $C_{ijk}^{\text{то}}$  – на технологическое обслуживание одного такого СТО в период  $k$ ;  $C_{ijk}^{\text{э}}$  – на непосредственную эксплуатацию СТО в  $k$ -й период;  $C_{ijk}^{\text{вэ}}$  – на ввод в эксплуатацию СТО в  $k$ -м периоде;  $C_{ijk}^{\text{от}}$  – на оплату труда эксплуатирующего и обслуживающего персонала;  $C_{ijk}^{\text{оп}}$  – на обучение персонала.

Косвенные эксплуатационные затраты включают расходы на содержание части основных фондов, средств обеспечения, управления и контроля, необходимых для создания  $i$ -го ЛО и другие. В среднем их можно определить следующим образом:

$$C_{ijk}^k = N_{ijk}^{ck} \cdot C_{ijk}^{ck} + C_{ijk}^{co} + C_{ijk}^{am} + C_{ijk}^{ca} + C_{ijk}^{вост} + C_{ijk}^{утил}, \quad (3.1.17)$$

где  $N_{ijk}^{ck}$  – количество СТО;  $C_{ijk}^{ck}$  – расходы на содержание технологического комплекса в целом на базе СТО  $j$ -го типа для  $i$ -го ЛО в период  $k$ , пересчитанные в среднем на одно СТО;  $C_{ijk}^{co}$  – на содержание средств обеспечения технологических процессов и контроля функционирования таких СТО в  $k$ -м периоде;  $C_{ijk}^{вост}$  – на восстановление ремонтпригодных СТО;  $C_{ijk}^{am}$  – амортизационные расходы на СТО в  $k$ -м периоде;  $C_{ijk}^{утил}$  – на утилизацию СТО, восстановление которых экономически нецелесообразно, и ремонтнепригодных СТО;  $C_{ijk}^{ca}$  – на содержание административно-управленческого персонала.

Тогда для периода  $k$  суммарные затраты на эксплуатацию всех СТО ( $C_k^\Sigma$ ) могут быть найдены из выражения:

$$C_k^\Sigma = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (C_{ijk}^п + C_{ijk}^k). \quad (3.1.18)$$

При этом обязательно должно выполняться ограничение:

$$C_k^\Sigma \leq C_k^{э(пред)}, \quad (3.1.19)$$

где  $C_k^{э(пред)}$  – предельно допустимые (максимальные) расходы на эксплуатацию всех СТО период  $k$ .

Важной задачей является и анализ точности прогнозирования стоимости реализации СПКР. С учетом того, что результаты СПКР представляют собой размещение совокупности отдельных линейных объектов, точность прогнозирования ее стоимости может быть определена экспертным путем или с

помощью статистических методов. Однако на нее влияют многие факторы, разные для различных линейных объектов, и оценить таким путем отдельно каждый объект непосредственно по значениям показателей на практике затруднительно.

Кроме того, для проектов по размещению линейных объектов, осуществляемых в рамках единой СПКР субъекта РФ, характерно взаимовлияние, точность оценивания которого также необходимо учитывать. Возможно выполнить анализ указанной точности, например, посредством коэффициента вариации, по значениям типовых макропоказателей в среднем для всех линейных объектов (или отдельно для каждого типа линейного объекта) в субъекте РФ. При необходимости могут учитываться и индивидуальные особенности каждого. Вопрос оценивания точности прогнозирования стоимости размещения линейного объекта является сложным и требует отдельных исследований, выходящих за рамки настоящего исследования. При этом необходимо учитывать его тип, условия размещения и фактические особенности реализации СПКР с использованием экспертных, статистических и экономических методов и с учетом опыта планирования затрат на создание аналогичных СТО и линейных объектов в других субъектах РФ.

### **3.2. Формализованное описание процессов поддержки принятия решений по управлению ресурсами интегрированной организационной структуры при реализации комплекса проектов**

Важным вопросом управления ресурсами при реализации СПКР, в частности финансовыми средствами, является выбор и формулировка критерия оптимизации их распределения между ЛО. В общем случае выбор такого критерия связан и с необходимостью оценивания качества ее реализации. Отметим основные требования, предъявляемые к критерию оптимизации [45]:

- представительность;
- максимально возможная простота;
- объективность и чувствительность к исследуемым параметрам;

– комплексирование в себе особенностей всех основных элементов исследуемого процесса.

Указанный критерий выбирается на основе системного подхода с учетом характеристик всех основных технологических процессов по размещению совокупности ЛО в регионе. Следует отметить, что на практике некоторые приоритетные ЛО по объективным причинам могут не достигнуть запланированного уровня развития, что приведет к невостребованности части результатов успешного создания других ЛО.

Обозначим:  $F_{ik}^{\phi}$  и  $F_{ik}^{\pi}$  – фактический и запланированный уровни развития  $i$ -го ЛО в  $k$ -й период планирования соответственно. Уровни развития ЛО, выполняемых в одном регионе, обычно взаимосвязаны между собой. Например, при одновременной прокладке магистрального газопровода, строительстве двух насосных станций для него и линии электропередачи для этих станций темпы проведения работ на всех объектах должны быть согласованы между собой. Иначе возникнет необходимость в дополнительных затратах на поддержание состояния (временную консервацию) объекта, построенного с опережением относительно других. Такая зависимость для двух ЛО (например,  $i$ -го и  $w$ -го) для  $k$ -го периода может быть описана так:

$$F_{ik}^{\pi} = a_{iw} \cdot F_{wk}^{\pi}. \quad (3.2.1)$$

Совокупность  $a_{iw}$  для всех возможных пар линейных объектов, возводимых в регионе, представляет собой матрицу взаимозависимостей уровней развития линейных объектов  $\|A^{ЛО}\|$ .

В идеальном случае для каждого  $i$ -го ЛО должно выполняться соотношение  $\frac{F_{ik}^{\phi}}{F_{ik}^{\pi}} \approx 1$ . Фактический уровень развития  $i$ -го ЛО в  $k$ -м периоде зависит от его планового уровня в предыдущем периоде и фактического достижения этого уровня. При фактическом отставании развития ЛО в предыдущем периоде необходим дополнительный объем финансовых средств. Формализовано

представим так:

$$F_{ik}^{\phi} = f(x_{ik}) \cdot F_{i(k-1)}^{\pi} + f^{\text{доп}}(x_{ik}^{\text{доп}}) \cdot (F_{i(k-1)}^{\pi} - F_{i(k-1)}^{\phi}), \quad (3.2.2)$$

где первое слагаемое описывает запланированное развитие  $i$ -го ЛО в  $k$ -м периоде, второе – выполнение в  $k$ -м периоде дополнительных работ, направленных на предварительное достижение планового уровня  $(k-1)$ -го периода и невыполненных вовремя;  $x_{ik}$  – объем ФС, выделенных для  $i$ -го ЛО в  $k$ -й период;  $x_{ik}^{\text{доп}}$  – указанный объем дополнительных расходов.

Как уже отмечалось, начатые, но незавершенные проекты по созданию ЛО. обычно требуют дополнительных затрат ФС ( $x_{ik}^{\text{мин}}$ ) на поддержание объектов в  $k$ -м периоде на ранее достигнутом уровне, иначе он снижается. В современных условиях необходимость обеспечения комплексности СПКР при фиксированном общем объеме выделенных ФС обуславливает целесообразность применения следующего критерия: фактические состояния (уровни развития;  $F_{ik}^{\phi}$ ) наиболее приоритетных ЛО для каждого периода планирования должны быть максимально приближены к плановым при соблюдении необходимой взаимозависимости уровней приоритетных линейных объектов и при условии хотя бы неухудшения уровней всех, в т. ч. неприоритетных, линейных объектов. Формульную запись этого критерия можно представить в следующем виде:

$$\max \left[ \mu_{ik} \cdot \frac{F_{ik}^{\phi}(x_{ijk})}{F_{ik}^{\pi}} \right] \text{ для каждого } k = 1, 2, \dots, K \quad (3.2.3)$$

$$\|x_{ij}^*\|_k$$

при ограничениях:  $F_{ik}^{\phi} \geq f(x_{ik}) \cdot F_{i(k-1)}^{\phi}$ ;  $x_{ik} \geq x_{ik}^{\text{мин}}$ ;  $\|A^{\text{ЛО}}\| = \text{const}$ ;  $\sum_{i=1}^I x_{ik} = \text{const}$ ;

$$F_{ik}^{\phi}(x_{ik}; x_{ik}^{\text{доп}}) = f(x_{ik}) \cdot F_{i(k-1)}^{\pi} + f^{\text{доп}}(x_{ik}^{\text{доп}}) \cdot (F_{i(k-1)}^{\pi} - F_{i(k-1)}^{\phi}); \sum_{i=1}^m y_{ijk} \leq \lambda_{jk}; C_k \leq C_k^{\text{д}};$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (2 - \phi_{ijs}) \cdot \gamma_{ijks} \cdot x_{ijk} \leq C_k \text{ при } s = 0, 1, 2, \dots, S; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n,$$

где  $\mu_{ik}$  – коэффициент приоритетности  $i$ -го ЛО в периоде  $k$ .

Значения коэффициента  $\mu_{ik}$  изменяются в пределах от 0 до 1 (не включая «0» и «1»), чем выше в периоде  $k$  приоритет  $i$ -го ЛО, тем ближе  $\mu_{ik}$  к единице. Значения  $F_{ik}$  представляют собой расчетные или бальные оценки состояний (уровней качества) и в большинстве случаев варьируются в диапазоне от 1 до 10 (при максимальном качестве равны 10). Такая ширина диапазона обусловлена удобством выработки экспертных и статистических оценок параметров ЛО, но в общем случае может быть выбрана любой. Методики количественного оценивания минимально необходимого и фактического качества для разных ЛО могут существенно отличаться и представляют собой предмет отдельного исследования, но при фиксированной ширине диапазона оценок результаты становятся пригодными для сопоставительного анализа. Матрица  $\|x_{ij}^*\|_k$  содержит значения  $x_{ijk}$ , совокупность которых для каждого периода  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) является оптимальным по указанному критерию распределением финансовых средств между проектами по размещению ЛО. При такой формулировке ограничений вероятность  $\phi_{ijs}$  учтена в  $x_{ij}^*$ , а трехмерная матрица  $\|x_{ij}^*\|_k$  представляет собой искомую оптимальную структуру (план) распределения ФС.

В связи с тем, что развитие ЛО в ходе реализации СПКР зависит и от случайных факторов, может возникнуть необходимость в его коррекции. Рассмотрим типовую схему управления структурой распределения ФС в процессе осуществления ЛО. Пусть реализуется СПКР, которая сводится к созданию совокупности всех ЛО. Существующий план ставит в соответствие каждому  $i$ -му ЛО некоторое количество СТО  $j$ -го типа ( $y_{ijk}^\Sigma$ ), которые обеспечивают создание этого ЛО в периоде  $k$ . Пусть в периоде  $(k+1)$  изменились условия осуществления СПКР, при этом несколько ЛО были исключены из него и включены новые. С учетом этого задача управления ФС может быть сформулирована следующим образом (аналогично описанному в [103, с. 112-135] для других систем).

Пусть в период  $k = \alpha$  оптимальное состояние  $FF_\alpha^* \{F_{i\alpha}\}$  реализации СПКР на

территории субъекта РФ как совокупность состояний всех созданных в этом периоде ЛО сформировано под управлением  $X_\alpha \left( \|x_{ij}^*\|_{k=\alpha} \right)$ , обеспечивающим для каждого ЛО максимум функции (3.2.3). В период  $k = (\alpha + 1)$  по каким-либо причинам состояние реализации СПКР  $FF_{\alpha+1} \{F_{i\alpha}\}$  перестало быть оптимальным. Тогда, начиная с этого периода, прежнее управление  $X_{\alpha+1} \left( \|x_{ij}\|_{k=\alpha} \right)$  также не будет оптимальным в смысле (3.2.3) и необходимо определить оптимальное управление  $X_{\alpha+1} \left( \|x_{ij}^*\|_{k=\alpha+1} \right)$  для новых условий. Отклонение  $\Delta X_{\alpha+1}$  нового оптимального плана реализации СПКР от прежнего будет представлять собой следующее [103, с. 120-131]:

$$\Delta X_{\alpha+1} = X_{\alpha+1} \left( \|x_{ij}^*\|_{k=\alpha+1} \right) - X_\alpha \left( \|x_{ij}^*\|_{k=\alpha} \right) \quad (3.2.4)$$

На макроуровне это отклонение представляет собой оценку глобальных изменений в объеме финансирования суммарно всех ЛО. Если по новому плану реализации СПКР должно быть выделено больше ФС, чем по предыдущему, то  $\Delta X_{\alpha+1}$  будет положительно, если меньше – отрицательно. Если часть финансовых средств «снята» с одних и передана другим ЛО без изменения общего объема финансовых средств, то это отклонение будет равно нулю. Если объемы ФС для каждого ЛО не изменились, то  $\Delta X_{\alpha+1}$  также будет равно нулю. На микроуровне указанное отклонение детализируется для каждого СТО и ЛО с помощью совокупности функций:

$$\Delta x_{ij(\alpha+1)} = x_{ij(\alpha+1)}^* - x_{ij\alpha}^* \quad (3.2.5)$$

и в итоге также будет представлять собой матрицу оптимальных изменений в объеме финансирования по каждому СТО и ЛО  $\Delta X_{\alpha+1} \left( \| \Delta x_{ij} \|_{k=\alpha+1} \right)$ .

Следует отметить, что на практике внесение корректировок в управление реализацией СПКР обычно требует осуществления дополнительных затрат, обусловленных необходимостью адаптации многих смежных ЛО к изменениям, даже если внесенные изменения непосредственно не связаны с этими ЛО. Кроме

того, увеличение или уменьшение финансирования создания  $j$ -го типа СТО для  $i$ -го ЛО ( $\Delta x_{ij(\alpha+1)}$ ) будет сопровождаться еще другими дополнительными затратами, обусловленными необходимостью расширения или сокращения уже существующего производственного процесса, настроенного на установку ранее существовавшего объема СТО. В итоге эти затраты несколько уменьшают фактическое число СТО, создаваемых после внесения корректировок ( $\Delta y_{ijk}$ ):

$$\Delta y_{ijk} = \Delta x_{ijk} \cdot \phi_{ij4} \cdot \left( \frac{\gamma_{ij(k-1)3}}{z_{ijk}^{оп} + \omega_{ijk}^{оп}} + \frac{\gamma_{ij(k-1)4}}{z_{ijk}^{сер} + \omega_{ijk}^{сер}} \right), \quad (3.2.6)$$

где  $\omega_{ijk}^{оп}$  и  $\omega_{ijk}^{сер}$  – дополнительные затраты ФС на изменение опытного и серийного производственных процессов соответственно, пересчитанные на одну СТО.

Тогда общее количество СТО, которое возможно будет произвести, определяется выражением:

$$y_{ijk}^{с\text{корр}} = y_{ijk} + \Delta y_{ijk} = \phi_{ij4} \cdot \left[ x_{ijk} \cdot \left( \frac{\gamma_{ij(k-1)3}}{z_{ijk}^{оп}} + \frac{\gamma_{ij(k-1)4}}{z_{ijk}^{сер}} \right) + \Delta x_{ijk} \cdot \left( \frac{\gamma_{ij(k-1)3}}{z_{ijk}^{оп} + \omega_{ijk}^{оп}} + \frac{\gamma_{ij(k-1)4}}{z_{ijk}^{сер} + \omega_{ijk}^{сер}} \right) \right], \quad (3.2.7)$$

а уравнение (3.1.11) примет вид:

$$y_{ijk}^{\Sigma} = \beta_{ijkg} \cdot \left( \sum_{g=1}^{\alpha} y_{ijg} + \sum_{g=\alpha+1}^{k-1} y_{ijg}^{с\text{корр}} \right). \quad (3.2.8)$$

Приведенный выше критерий формирования оптимального плана распределения ФС между ЛО (3.2.3) для коррекции реализации СПКР можно сформулировать аналогично: для очередного периода планирования найти оптимальное изменение плана распределения ФС между ЛО  $\left\| \Delta x_{ij} \right\|_{k+1}$  относительно известного оптимального плана для предыдущего периода  $X_k \left( \left\| x_{ij}^* \right\|_k \right)$  так, чтобы фактические состояния (уровни развития;  $F_{ik}^{\phi}$ ) наиболее приоритетных ЛО для



каждого периода планирования должны быть максимально приближены к плановым при соблюдении необходимой взаимозависимости уровней приоритетных линейных объектов и при условии хотя бы неухудшения уровней всех, в т. ч. неприоритетных, линейных объектов:

$$\max \left[ \mu_{i(k+1)} \cdot \frac{F_{i(k+1)}^{\phi}(x_{ij(k+1)})}{F_{i(k+1)}^{\Pi}} \right] \quad (3.2.9)$$

$$\left\| \Delta x_{ij}^* \right\|_{k+1}$$

при ограничениях:  $F_{i(k+1)}^{\phi} \geq f(x_{i(k+1)}) \cdot F_{ik}^{\phi}$ ;  $x_{i(k+1)} \geq x_{i(k+1)}^{\text{мин}}$ ;  $\|A^{\text{ЛО}}\| = \text{const}$ ;  $\sum_{i=1}^I x_{i(k+1)} = \text{const}$ ;

$$F_{i(k+1)}^{\phi}(x_{i(k+1)}; x_{i(k+1)}^{\text{доп}}) = f(x_{i(k+1)}) \cdot F_{ik}^{\Pi} + f^{\text{доп}}(x_{i(k+1)}^{\text{доп}}) \cdot (F_{ik}^{\Pi} - F_{ik}^{\phi}); \quad x_{ij(\alpha+1)} = x_{ij\alpha} + \Delta x_{ij(\alpha+1)};$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (2 - \phi_{ijs}) \cdot \gamma_{ij(k+1)s} \cdot x_{ij(k+1)} \leq C_{(k+1)} \quad \text{при } s = 0, 1, 2, \dots, S; \quad \sum_{i=1}^m y_{ij(k+1)}^{\text{свопп}} \leq \lambda_{j(k+1)};$$

$$C_{(k+1)} \leq C_{(k+1)}^{\Pi}; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Для реализации описанного подхода к распределению ФС между ЛО разработан формализованный Алгоритм 3.2.1, приведенный в Приложении 1. В описанном выше стоимостном подходе к обоснованию распределения ФС между ЛО предполагалось, что уровень качества каждого ЛО зависит от количества СТО, участвующих в его осуществлении, которое определяется объемом вложенных ФС. В прямой постановке такое предположение не всегда справедливо на практике. С одной стороны, уровень качества любого ЛО зависит от воздействия очень большого количества управляемых и неуправляемых факторов. С другой стороны, указанный уровень качества представляет собой только оценку фактической ситуации, полученную по вполне определенным методикам с известной точностью, и применение других методик может привести к иным результатам. Однако оценивание уровня качества ЛО – это предмет отдельного исследования. Его результаты могут быть введены в описанный подход в качестве ограничений. Кроме того, влияние перечисленных факторов может быть учтено и в стоимости каждого ЛО через вероятность  $\phi_j$ . Рассмотренный формализованный

подход может быть реализован с помощью известных методов оптимизации и использован для планирования распределения, помимо ФС, практически любых видов ресурсов, необходимых для реализации СПКР [103, 148, с. 320-522; 149, 217, 230].

Необходимость сокращения сроков выполнения проекта на практике возникает достаточно часто по объективным причинам, обусловленным особенностями проводимых работ, или по требованию государственного заказчика. В такой ситуации производство работ также может быть ускорено за счет привлечения новых предприятий-участников или запуска дополнительных производственных линий на предприятиях, уже участвующих в проекте, и обеспечения их ресурсами. Для создания (привлечения) новых производственных мощностей необходимо вложение финансовых средств, причем различных для каждого типа (направления деятельности) предприятий. Стоимость любой добавочной производственной мощности представляет собой некоторую известную сумму для каждого типа предприятия, и объем дополнительного финансирования проекта должен быть кратен этой сумме. Возникает необходимость назначения приоритетов предприятий при распределении средств и расчета целесообразной структуры финансирования участников проекта, позволяющих действительно сократить сроки его осуществления.

Детализируем описанный выше подход к определению оптимальной структуры финансирования комплекса проектов по размещению совокупности линейных объектов в регионе страны. Рассмотрим в качестве примера условную ИОС, состоящую из нескольких предприятий и осуществляющую такой долговременный проект по размещению конкретного линейного объекта в регионе [136]. Пусть структурно она состоит из 5 предприятий (базовый состав), взаимодействующих между собой: один научно-исследовательский институт ( $M$ ), один электротехнический завод ( $S$ ), один завод железобетонных изделий ( $P$ ), один завод металлоконструкций ( $V$ ), один сборочный завод ( $E$ ). Проект состоит из  $J$  логически связанных комплексов работ, каждый из которых делится на  $I$  этапов.

Комплексы работ могут выполняться только в последовательности, определенной сетевым графиком работ, этапы каждого комплекса работ могут выполняться параллельно. В табл. 3.2.1 приведена примерная форма представления исходных данных, значение «1» обозначает участие предприятия на этом этапе, «0» – неучастие. Предприятия, в строке для которых указан «0», не учитываются в расчетах продолжительности выполнения этапа и стоимости работ.

Таблица 3.2.1. Форма представления исходных данных о каждом  $j$ -м ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) комплексе работ;  $i = 1, 2, \dots, I$

Этапы комплекса работ ( $i$ )	Участие предприятий					Продолжитель- ность работ при базовом составе участников ( $T^0$ ), рабочих дней	Стоимость ра- бот при базовом составе участ- ников ( $Q^0$ ), млн руб.
	$M$	$S$	$P$	$V$	$E$		
1	0	1	0	1	0	140	50
2	1	0	1	0	0	210	70
3	1	0	1	0	0	150	60
4	0	1	1	0	1	200	90
5	0	1	0	1	1	230	110
...	...	...	...	...	...	...	...
$I$	0	0	1	1	1	180	80
Сумма						...	...

*Составлено автором.*

По требованию государственного заказчика с целью сокращения сроков осуществления проекта при увеличении объемов его финансирования в базовый состав могут быть включены дополнительные предприятия (или производственные линии), аналогичные участвующим в проекте. При этом продолжительность выполнения соответствующих комплексов работ пропорционально уменьшается. Из-за неравноценного участия предприятий разной специализации в выполнении тех или иных работ (см. табл. 3.2.1)

включение в состав участников проекта различных предприятий оказывает неодинаковое влияние на общее сокращение его продолжительности. Необходимо:

- оценить зависимость величины сокращения сроков выполнения проекта от объемов дополнительного финансирования;

- определить целесообразную очередность типов предприятий (производственных мощностей) для выделения средств при привлечении в проект (создание новых) в зависимости от объемов дополнительного финансирования;

- учесть при формировании структуры распределения дополнительных средств различную дискретность объемов финансирования разных типов предприятий.

Введем следующие обозначения:

1)  $DE_r$  – стоимость привлечения предприятия (создания новой производственной линии)  $r$ -го типа,  $r = \{M, S, P, V, E\}$ ; увеличение финансирования на  $DE_r$  условных денежных единиц (д.е.) позволяет привлечь к выполнению проекта еще одно предприятие типа  $r$  из существующего перечня потенциально возможных участников проекта; величина  $DE_r$  является дискретной, при необходимости привлечения нескольких однотипных предприятий объем дополнительного финансирования должен быть кратен  $DE_r$ ; все предприятия, начавшие участие в проекте, остаются в нем до его полного окончания;

2)  $i$  – номер этапа комплекса работ;  $j$  – номер комплекса работ;  $T_{ij}^0$  – время выполнения  $i$ -го этапа  $j$ -го комплекса работ базовым составом предприятий;  $T_{ij}$  – время выполнения этого этапа фактическим составом участников;  $Q_{ij}^0$  – стоимость  $i$ -го этапа  $j$ -го комплекса работ при базовом составе участников;  $Q_{ij}$  – стоимость этого этапа при фактическом составе участников; во всех формулах верхний индекс «0» соответствует базовому составу предприятий;

3) дополнительно запланировано для выполнения  $i$ -го этапа  $j$ -го комплекса

работ количество предприятий:  $m_{ij}$  – научно-исследовательских институтов;  $s_{ij}$  – электротехнических заводов;  $p_{ij}$  – заводов железобетонных изделий;  $v_{ij}$  – заводов металлоконструкций;  $e_{ij}$  – сборочных заводов;

Формализованная методика определения оптимальной структуры распределения дополнительного финансирования может быть представлена следующим образом. Для каждого  $i$ -го этапа  $j$ -го комплекса работ может быть рассчитана его фактическая продолжительность ( $T_{ij}$ ), которая зависит от базовой численности этого типа предприятий и количества добавочных:

$$T_{ij} = \frac{T_{ij}^0}{\min \left\{ \frac{m_{ij} + m_{ij}^0}{m_{ij}^0}, \frac{s_{ij} + s_{ij}^0}{s_{ij}^0}, \frac{p_{ij} + p_{ij}^0}{p_{ij}^0}, \frac{v_{ij} + v_{ij}^0}{v_{ij}^0}, \frac{e_{ij} + e_{ij}^0}{e_{ij}^0} \right\}}. \quad (3.2.10)$$

В этой формуле тип предприятия учитывается только в том случае, если оно участвует в выполнении  $i$ -го этапа  $j$ -го комплекса работ согласно табл. 3.2.1. Так как этапы одного комплекса работ выполняются параллельно, то продолжительность осуществления этого комплекса определяется по наиболее длинному этапу:

$$T_j = \max \{T_{ij}\} \text{ при } i = 1, 2, \dots, I. \quad (3.2.11)$$

При реализации проекта одной группой предприятий логика выполнения комплексов работ заключается в последовательном их выполнении, поэтому фактическая продолжительность ( $T$ ) всего проекта равна:

$$T = \sum_{j=1}^J T_j + T_{\text{рез}}, \quad (3.2.12)$$

где  $T_{\text{рез}}$  – резервный объем времени, учитывающий риски возникновения непредвиденных ситуаций для проекта в целом, в том числе при согласовании и выполнении отдельных работ разными предприятиями (определяется экспертным путем).

В общем случае проект может осуществляться и несколькими группами предприятий при возможности распараллеливания выполнения комплексов работ на основе сетевого графика. Продолжительность проекта при этом может

существенно уменьшится, но это приводит к необходимости сложных согласований (в том числе технических) деятельности разных групп предприятий, часто – к фактическому временному простаиванию нескольких из них, обусловленному ожиданием завершения работ другими, что затратно на практике и применяется реже (в статье этот вариант не рассматривается). Общее количество дополнительно привлеченных предприятий представляет собой сумму:

$$W = m_{ij} + s_{ij} + p_{ij} + v_{ij} + e_{ij} \text{ при любых } i \text{ и } j. \quad (3.2.13)$$

Общий состав предприятий, участвующих в проекте, определяется фактической стоимостью проекта ( $Y$ ), которая складывается из обязательного финансирования предприятий базового состава участников ( $Y^0$ ) и возможного финансирования дополнительно привлеченных предприятий ( $Y$ ):

$$Y = Y^0 + Y + Q_{\text{рез}}, \quad (3.2.14)$$

где  $Q_{\text{рез}}$  – резервный объем финансовых средств, обусловленный необходимостью создания страховых резервов из-за наличия рисков возникновения непредвиденных ситуаций для проекта в целом, в том числе при согласовании и выполнении отдельных работ разными предприятиями (определяется экспертным путем).

Объем финансирования предприятий базового состава вычисляется по формуле:

$$Y^0 = DE_M \cdot m^0 + DE_S \cdot s^0 + DE_P \cdot p^0 + DE_V \cdot v^0 + DE_E \cdot e^0, \quad (3.2.15)$$

где  $m^0 = m_{ij}^0 = \text{const}$  ;  $s^0 = s_{ij}^0 = \text{const}$  ;  $p^0 = p_{ij}^0 = \text{const}$  ;  $v^0 = v_{ij}^0 = \text{const}$  ;  $e^0 = e_{ij}^0 = \text{const}$  для всех  $i$  и  $j$ .

Объем финансирования дополнительно привлеченных предприятий рассчитывается аналогичным образом:

$$Y = DE_M \cdot m + DE_S \cdot s + DE_P \cdot p + DE_V \cdot v + DE_E \cdot e, \quad (3.2.16)$$

где  $m = m_{ij} = \text{const}$  ;  $s = s_{ij} = \text{const}$  ;  $p = p_{ij} = \text{const}$  ;  $v = v_{ij} = \text{const}$  ;  $e = e_{ij} = \text{const}$  для всех  $i$  и  $j$ .

При известности объемов и структуры обязательного финансирования предприятий базового состава участников оптимальное распределение дополнительно выделенных государственным заказчиком финансовых средств по типам предприятий может быть найдено путем минимизации общей продолжительности проекта для каждого значения  $W$ :

$$T^{\min} = \min T(m; s; p; v; e), \quad (3.2.17)$$

где  $m = m_{ij}$ ;  $s = s_{ij}$ ;  $p = p_{ij}$ ;  $v = v_{ij}$ ;  $e = e_{ij}$  для любых  $i$  и  $j$ .

Результатом оптимизации является совокупность дополнительных количеств каждого типа предприятий, привлечение которых в проект приводит к наименьшей его продолжительности для каждого значения  $W$ , начиная с единицы и далее до разумного предела. Затем определяются стоимость осуществления каждого  $j$ -го комплекса работ ( $Q_j$ ) фактическим составом предприятий:

$$Q_j = \sum_{i=1}^I [Q_{ij}^0 + DE_M \cdot m_{ij} + DE_S \cdot s_{ij} + DE_P \cdot p_{ij} + DE_V \cdot v_{ij} + DE_E \cdot e_{ij}], \quad (3.2.18)$$

и стоимость ( $Q$ ) всего проекта:

$$Q = Y Y = \sum_{j=1}^J Q_j + Q_{\text{рез}}. \quad (3.2.19)$$

Полученные в результате оптимизации количества дополнительно привлекаемых предприятий разных типов для каждого значения  $Y$  (с учетом описанной выше дискретности) позволяют сформировать приоритетность выделения средств разным типам предприятий. Структура дополнительного финансирования проекта по размещению ЛО представляет собой распределение общего объема средств по типам добавочных предприятий для каждого значения  $W$ . Далее может быть построена зависимость продолжительности осуществления проекта ( $T$ ) от общих объемов финансирования ( $Q$ ), оценена стоимость сокращения сроков на единицу времени ( $SS$ ) при полученных в результате оптимизации составах участников для обоснования соответствующих управленческих решений [57, с. 324-350; 136].

В качестве апробации методики рассмотрим проект, состоящий из  $J = 20$  комплексов работ, выполняемых последовательно ( $I = 5$ , детальные параметры всех комплексов работ приведены в Приложении 2). При этом стоимости привлечения одного предприятия для разных типов составили:  $DE_M = 300$  млн д.е.;  $DE_S = 360$  млн д.е.;  $DE_P = 240$  млн д.е.;  $DE_V = 270$  млн д.е.;  $DE_E = 330$  млн д.е. Предполагалось, что  $T_{рез} = 0$  и  $Q_{рез} = 0$ . В результате оптимизации была определена приоритетность выделения средств, рассчитаны продолжительность и стоимость проекта (см. табл. 3.2.2). Для сокращения продолжительности рассматриваемого проекта целесообразная очередность выделения финансовых средств, направляемых на увеличение количества предприятий указанного типа на единицу, следующая:

1. Завод железобетонных изделий.
2. Электротехнический завод.
3. Научно-исследовательский институт.
4. Завод металлоконструкций.
5. Сборочный завод.

И далее в той же последовательности (см. табл. 3.2.2).

Показатель в последней строке табл. 2 ( $SS$ ) рассчитан цепным образом по принципу [57, с. 324-350]:

$$SS = \frac{Q_2 - Q_1}{T_1 - T_2}, \quad (3.2.20)$$

где индекс «2» означает текущий столбец таблицы, индекс «1» – предыдущий.

Уменьшение продолжительности проекта возможно только дискретно, как указано в табл. 3.2.2, иное финансирование может не привести к сокращению сроков. Графики этих параметров проекта представлены на рис. 3.2.1 и рис. 3.2.2, точками отмечены фактические значения, пунктирными линиями – тренды. Их анализ показал следующее:

- стоимость проекта по мере уменьшения его продолжительности растет нелинейно, причем с возрастающей скоростью; это является сдерживающим



фактором при планировании существенного сокращения сроков окончания работ;

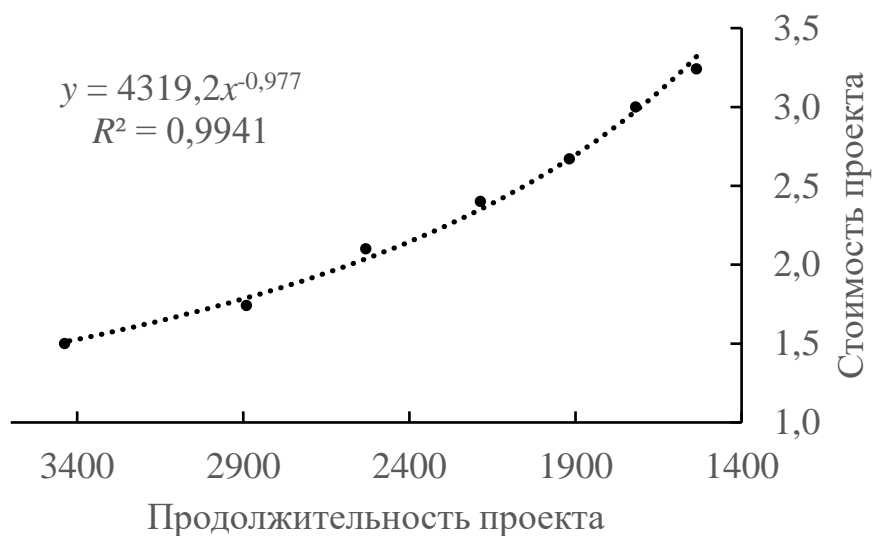
Таблица 3.2.2. Результаты расчетов

<i>Тип предприятия</i>	<i>Количество дополнительных предприятий,</i>							
	<i>шт.</i>							
Научно-исследовательский институт	-	-	-	1	1	1	1	...
Электротехнический завод	-	-	1	1	1	1	1	...
Завод железобетонных изделий	-	1	1	1	1	1	2	...
Завод металлоконструкций	-	-	-	-	1	1	1	...
Сборочный завод	-	-	-	-	-	1	1	...
<b><i>Параметры проекта</i></b>								
Номер варианта состава участников проекта	0	1	2	3	4	5	6	...
Продолжительность проекта ( $T$ ), раб. дней	3438	2890	2531	2186	1918	1719	1536	...
Стоимость проекта с учетом базовой группы предприятий ( $Q$ ), млрд руб.	1,50	1,74	2,10	2,40	2,67	3,00	3,24	...
Стоимость сокращения продолжительности проекта на 1 раб. день ( $SS$ ), млн руб.	-	0,44	1,00	0,87	1,01	1,66	1,31	...

Составлено автором.

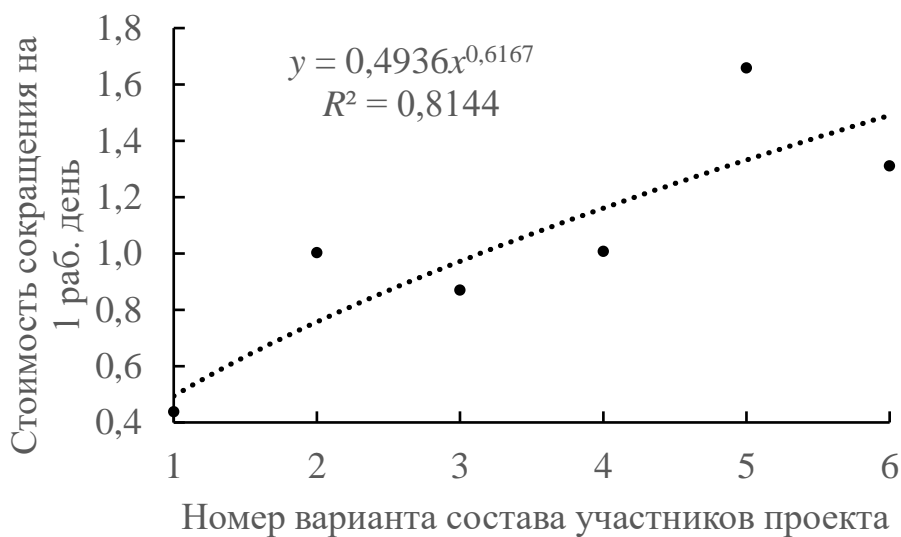
- стоимость уменьшения продолжительности проекта на 1 рабочий день в целом нелинейно растет по мере сокращения его сроков, но с немного снижающейся скоростью; это свидетельствует о соответствующем уменьшении эффективности использования дополнительных финансовых средств и также

является негативным фактором, затрудняющим значительное уменьшение продолжительности проекта.



Составлено автором.

Рис. 3.2.1. Зависимость стоимости проекта (млрд руб.) от его продолжительности (раб. дней).



Составлено автором.

Рис. 3.2.2. Зависимость стоимости сокращения продолжительности проекта на 1 рабочий день (млн руб.) от фактического состава участников.

Приведенный подход к сокращению продолжительности осуществления долговременного проекта, выполняемого ИОС представлен в достаточно унифицированном виде. При необходимости в нее могут быть введены уточняющие и детализирующие поправки, учитывающие особенности планирования, условий проведения работ и параметров выполняемого проекта. В частности, может быть введено распараллеливание осуществления комплексов работ на основе сетевого графика. Это не приведет к принципиальным изменениям в подходе и формализации. Оптимизационные задачи сформулированы типовым образом, и для их решения может быть применено общеизвестное программное обеспечение. Методика хорошо алгоритмируется и может быть использована при разработке и модернизации соответствующих систем поддержки принятия управленческих решений. Возможно ее применение также для обоснования условий госконтракта и при разработке государственных программ развития крупных производственных (региональных) комплексов [136, 219, 228].

Представленные в пп. 3.1 и 3.2 подходы к упреждающему управлению ресурсным обеспечением интегрированной организационной структуры (рассмотренные на примере организации размещения линейных объектов в регионе), могут быть использованы при реализации федеральных проектов «Гарантированное обеспечение доступной электроэнергией» и «Гарантированное обеспечение транспорта нефти, нефтепродуктов газа и газового конденсата», являющиеся составной частью национального проекта «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года» (см. табл. 1.1.2).

### **3.3. Стохастические модели устойчивости бизнес-процессов**

Под бизнес-процессом (БП) понимают периодически повторяющуюся очередность операций и/или процедур, технологически взаимосвязанных между собой. Для их осуществления используются ресурсы, находящиеся во внешней

для предприятия среде. В результате создается и передается потребителю продукт, имеющий для него ценность. Общепринятой считается следующая классификация бизнес-процессов:

- основные БП – это процессы, целью которых является производство товаров и/или услуг для потребителей и получение предприятием доходов;

- сопутствующие БП – это процессы, предполагающие производство товаров и/или услуг для потребителей в рамках дополнительной к основному производству деятельности и получение предприятием доходов;

- вспомогательные БП – это процессы, направленные на технологическое обеспечение основных БП (например, сопровождение информационной системы, ремонт оборудования и т.п.);

- обеспечивающие БП – это процессы, целью которых является жизнеобеспечение любых других БП (например, кадровое, коммунальное, финансовое и т.п.);

- БП управления – это процессы, реализующие управленческие функции в рамках каждого отдельного БП и в целом на предприятии (например, сбор управленческой информации, ее анализ, выработка и осуществление управленческих воздействий);

- БП развития – это процессы, направленные на улучшение качества производимых товаров и/или услуг, совершенствования параметров оборудования и производственных технологий.

Одной из важных задач исследования ИОС при обосновании управленческих решений является обеспечение определенной гарантированности осуществления (устойчивости) бизнес-процессов (УБП). Процедуру обеспечения УБП возможно разделить на ряд последовательных уровней, аналогичных приведенным в работах [65, с. 92-107; 127] для иного класса систем. Первым является разработка модели ИОС в виде зависимостей ее выходных параметров от внутренних; вторым – построение моделей бизнес-процессов и выбор показателей, характеризующих их устойчивость; третьим – оптимальный по

критерию устойчивости бизнес-процессов выбор параметров структурных элементов ИОС (при ее создании или существенной модернизации); четвертым – текущая идентификация состояний ИОС в процессе ее деятельности; пятым – выбор оптимальных по заданному критерию текущих управляющих воздействий на внутренние параметры ИОС, обеспечивающих поддержание и улучшение показателей указанной устойчивости.

Разработка подходов к управлению состоянием ИОС предполагает выбор рациональных значений внутренних параметров и областей их допустимых значений (ОДЗ) на этапе создания ИОС и управляющих воздействий на изменяемые внутренние параметры в период ее деятельности. Вопросы рационализации (оптимизации) параметров сложных систем по различным критериям неоднократно исследовали многие авторы [5, 20, 131, 145, с. 40-160], однако особенности ИОС, осуществляющей деятельность в рамках относительно случайных условий, значительно уменьшают перечень применимых методов обеспечения УБП.

Одна из особенностей состоит в том, что границы ОДЗ выходных  $\{y_{<m>}^d\}$  и внутренних  $\{x_{<n>}^d\}$  параметров, определяющих способность мультипроектной ИОС к функционированию, можно однозначно выявить лишь проведением активных экспериментов в областях изменения внутренних и выходных параметров, существенно больших, чем соответствующие при нормальных условиях ее деятельности. Поскольку определение указанных областей путем искусственного в рамках эксперимента доведения реально функционирующей в рыночных условиях ИОС до состояния прекращения бизнес-процессов нецелесообразно, данные наблюдений необходимо рассматривать как области  $\{\hat{y}_{<m>}^d\}$  и  $\{\hat{x}_{<n>}^d\}$ , имеющие случайные границы. Принимая во внимание некоторую однотипность в широком смысле экономических процессов и длительность истории развития экономики, можно предполагать, что закономерности формирования границ и количественные оценки для большинства параметров

ИОС примерно известны.

Для мультипроектной ИОС как экономической системы зависимости выходных параметров от внутренних в общем случае являются нелинейными, что приводит к необходимости выполнения нелинейной оптимизации и предполагает в большинстве случаев многоэкстремальность целевой функции. Нелинейность описывающих ИОС функций обуславливает целесообразность применения поисковых методов оптимизации, однако даже среди них не существует абсолютно унифицированного. В настоящее время разработано большое число многомерных методов оптимизации, и традиционными направлениями в этой области являются два: сведение многомерных задач к одномерным и случайный поиск. Использование первого из них ограничивается размерностью задач (на практике обычно – до 7–8 переменных) и существенными математическими трудностями при описании взаимосвязанных функциональных, экономических, инновационных и иных бизнес-процессов, что делает методы поиска глобального экстремума одномерных функций трудноприменимыми для реальных ИОС. Процедуры случайного поиска разработаны достаточно хорошо, в основном они сводятся к случайному поиску глобального экстремума, исходной точки или направления оптимизации, однако применительно к экономическим системам очень небольшое их количество используется на практике. Специфика построения полиномиальных моделей ИОС обуславливает выделение в ОДЗ значительного числа узловых точек, в которых определяются значения ее выходных параметров. По ним находятся значения целевой функции в узловых точках, которые затем используются при оптимизации значений внутренних параметров ИОС по критерию устойчивости бизнес-процессов.

Отсутствие формализованной зависимости целевой функции от внутренних параметров не позволяет находить аналитические выражения и для ее производных, что существенно усложняет применение известных и хорошо зарекомендовавших себя градиентных методов поиска. Кроме того, желательно, чтобы метод оптимизации состояния ИОС позволял сглаживать ошибки

аппроксимации и округления при вычислении составляющих вектора градиента, в большинстве случаев это возможно лишь при переменной величине соответствующего приращения  $\Delta_i$ . Для повышения точности определения экстремального значения целевой функции целесообразной представляется еще и оптимизация величины шага изменения внутренних параметров ИОС. Таким образом, для оптимизации параметров интегрированной организационной структуры по критерию устойчивости бизнес-процессов можно использовать один или несколько поисковых методов оптимизации.

Значения показателей УБП позволяют судить о состоянии мультипроектной ИОС, характеризуют издержки ее функционирования и эффективность деятельности. Эти показатели применимы на всех этапах создания и деятельности ИОС как сложной организационно-экономической системы и обеспечивают комплексный подход к проблеме улучшения характеристик ее состояния и параметров бизнес-процессов, позволяют обосновывать и оптимизировать длительности периодов функционирования между смежными контрольными и корректирующими мероприятиями. С практических позиций устойчивость бизнес-процессов в большинстве случаев целесообразно оценивать вероятностным способом  $P(\Delta t)$ :

$$P(\Delta t) = P_{\text{в}}(\Delta t) \cdot P_{\text{п}}(\Delta t) \cdot P_{\text{к}}(\Delta t), \quad (3.3.1)$$

где  $P_{\text{в}}(\Delta t)$  – вероятность УБП при внезапных существенных изменениях их параметров в течение времени  $\Delta t = (t - t_0)$ ;  $P_{\text{п}}(\Delta t)$  – вероятность УБП при постепенных изменениях этих параметров за время  $\Delta t$  при условии, что внезапных существенных изменений не было;  $P_{\text{к}}(\Delta t)$  – вероятность отсутствия систематических ошибок в процедуре контроля параметров бизнес-процессов.

Расчет  $P_{\text{в}}(\Delta t)$  сводится к вычислению вероятности

$$P_{\text{в}}(\Delta t) = 1 - P_{\text{оп}}(\Delta t) \cdot P_{\text{вс}}(\Delta t) \cdot P_{\text{чи}}(\Delta t), \quad (3.3.2)$$

где  $P_{\text{оп}}(\Delta t)$  – вероятность возникновения неожиданных организационных, экономических, технологических и иных причин, обязательно приводящих к существенным изменениям в выполнении бизнес-процессов;  $P_{\text{вс}}(\Delta t)$  – вероятность

«восприимчивости» внутреннего состояния ИОС к неожиданному воздействию дестабилизирующих факторов (отрицательной готовности к таким изменениям);  $P_{\text{чи}}(\Delta t)$  – вероятность чрезмерно чувствительного реагирования выходных параметров ИОС на небольшие колебания значений внутренних параметров.

Вероятность  $P_{\text{п}}(\Delta t)$  является вероятностью одновременного нахождения выходных и внутренних параметров в их областях допустимых значений, а также достаточности этих параметров для характеристики ИОС. На практике для экономических систем вычисление  $P_{\text{п}}(\Delta t)$  сводится к определению ее величины в конце интервала  $\Delta t$ . Известные результаты исследований динамики выходных характеристик обобщенных систем показывают, что при отсутствии внезапных существенных изменений значений их параметров, детерминированные составляющие, величины которых существенно превосходят значения случайных составляющих, являются медленно меняющимися и монотонными во времени. Поэтому для определения  $P_{\text{п}}(\Delta t)$  ИОС может быть применено следующее соотношение:

$$P_{\text{п}}(\Delta t) = P_{\text{вых}}(\Delta t) \cdot P_{\text{вн}}(\Delta t) \cdot P_{\text{пп}}(\Delta t), \quad (3.3.3)$$

где  $P_{\text{вых}}(\Delta t)$  и  $P_{\text{вн}}(\Delta t)$  – вероятности нахождения выходных и внутренних параметров ИОС в областях  $\{\hat{y}_{\langle m \rangle}^{\Delta t}\}$  и  $\{\hat{x}_{\langle n \rangle}^{\Delta t}\}$  на интервале времени  $\Delta t$  соответственно;  $P_{\text{пп}}(\Delta t)$  – вероятность того, что для оценивания состояния ИОС правильно выбраны внутренние и выходные ее параметры.

Вероятность  $P_{\text{к}}(\Delta t)$  фактически характеризует качество функционирования системы контроля состояния мультипроектной ИОС. Методы ее количественного оценивания подробно рассмотрены в п.1.3.

Для определения значений выбранных показателей устойчивости бизнес-процессов целесообразно использовать традиционные подходы к оцениванию вероятности устойчивого функционирования сложной системы. Известные методы определения такой вероятности предполагают либо знание плотности распределения одного или совместной плотности распределения нескольких выходных параметров, либо совместной плотности распределения внутренних



параметров системы, либо интенсивности выхода ее параметров за пределы ОДЗ [34, с. 160-285; 203, с. 164-223]. Для экономических систем в большинстве случаев практическое использование их для получения математически корректных аналитических зависимостей затруднено, поэтому более целесообразны методы приближенного оценивания, однако они также имеют ограниченную применимость по следующим причинам. Во-первых, они могут быть использованы лишь для ИОС, имеющих линейные или близкие к ним зависимости выходных характеристик от внутренних и малоприспособны в иных случаях; во-вторых, применение этих методов предполагает выбор ограниченного числа параметров, в наибольшей степени влияющих на состояние и УБП ИОС; в-третьих, при использовании подобных методов часто удается получить не оценку значения выбранного показателя, а только ее границы. В связи с этим представляется целесообразным использование для определения показателей устойчивости бизнес-процессов ИОС численных методов, основанных на статистических испытаниях описанных выше моделей выходных параметров ИОС. При этом следует отметить, что многие экономические системы, в том числе и мультипроектные ИОС, при наблюдении на больших промежутках времени имеют близкие к линейным зависимости выходных параметров от времени.

Набор выходных параметров ИОС  $y_i(t, x_{\langle n \rangle})$  при каждом фиксированном значении аргументов  $t$  и  $x_{\langle n \rangle}$  в общем случае является совокупностью случайных величин, наиболее полной вероятностной характеристикой которых является закон их совместного распределения, выражающий вероятность  $P_{t, x_{\langle n \rangle}}$  того, что значения случайных величин будут располагаться одновременно слева от заданных границ  $y_{i \max}(t)$  и  $y_{i \min}(t)$ . Соответственно вероятность нахождения выходных параметров ИОС в области  $\{\hat{y}_{\langle m \rangle}^D\}$ , расположенной между указанными границами в момент времени  $t$  при заданных значениях компонент вектора внутренних параметров  $x_{\langle n \rangle}$ , может быть определена известным способом:

$$P[y_{\langle m \rangle}(t, \hat{x}_{\langle n \rangle}) \in \{\hat{y}_{\langle m \rangle}^D\}] = P_{t, x_{\langle n \rangle}}[\hat{y}_i(t, x_{\langle n \rangle}) \leq y_{i\max}(t)] - P_{t, x_{\langle n \rangle}}[\hat{y}_i(t, x_{\langle n \rangle}) \leq y_{i\min}(t)]. \quad (3.3.4)$$

Итоговая вероятность нахождения выходных параметров исследуемой ИОС в областях допустимых значений, имеющих случайные границы, с учетом ограничений, накладываемых на внутренние ее параметры, для всех  $t \in (t_0, t_k]$  будет равна:

$$P_I = \tilde{P}[\hat{y}_{\langle m \rangle} \in \{\hat{y}_{\langle m \rangle}^D\}] \cdot \tilde{P}[\hat{x}_{\langle n \rangle} \in \{\hat{x}_{\langle n \rangle}^D\}]. \quad (3.3.5)$$

Величина этой вероятности определяется точностью приближения выходных параметров функциями  $y_i(t) = \tilde{y}_i(t, x_{\langle n \rangle})$ , точностью задания границ ОДЗ параметров, числом статистических наблюдений  $N$ , мерой соответствия законов распределения используемых в модели внутренних параметров ИОС фактическим законам распределения. Границы областей допустимых значений можно считать примерно известными из общепринятых экономических закономерностей, опыта практической деятельности исследуемой и аналогичных ИОС. Зависимость величины доверительного интервала вероятности  $P_I$  от числа статистических наблюдений  $N$  может быть определена традиционным способом с помощью  $t$ -критерия Стьюдента [65, с. 105-129; 75, с. 223-249, 630-631; 127]:

$$\varepsilon = \frac{2t_\alpha}{\sqrt{N-1}} \sqrt{P_I(1-P_I)}, \quad (3.3.6)$$

где  $\varepsilon$  – величина доверительного интервала;  $N$  – количество наблюдений;  $t_\alpha$  – табличное значение критерия для заданного уровня значимости  $\alpha$ .

Описанный подход к вычислению оценок показателей устойчивости бизнес-процессов позволяет использовать известные статистические или экспертные данные об изменении законов распределений и значений параметров структурных элементов ИОС во времени с целью повышения точности и достоверности этих оценок, а также комплексно учитывать суммарное влияние большого количества различных параметров условий развития мультипроектной ИОС при осуществлении долговременного проекта в рамках государственного контракта.

Построение моделей выходных параметров ИОС позволяет осуществлять прогнозирование ее состояния в процессе выполнения проекта. Методы одномерного прогнозирования выходного параметра, в том числе при помощи полиномиальных моделей, достаточно подробно освещены в литературе [65, с. 121-139; 75, с. 446-515; 127]. Многомерное прогнозирование показателей УБП мультипроектной ИОС основывается на получении оценок вероятности (1.14) нахождения выходных параметров в ОДЗ в предстоящий момент времени  $t_{\text{п}}$ . Собственно такой процесс прогнозирования можно разбить на несколько этапов:

- проведение статистических наблюдений в соответствии с предполагаемыми для момента  $t_{\text{п}}$  значениями математического ожидания  $M[\hat{x}_j]$ , дисперсии  $D[\hat{x}_j]$  и законом распределения  $j$ -го внутреннего параметра ИОС для всех  $j = 1, 2, \dots, n$ ;
- вычисление значений  $m$  выходных параметров ИОС;
- вычисление оценки вероятности (3.3.5);
- определение прогнозируемого значения показателя УБП на основе зависимости (3.3.1).

При наличии динамической полиномиальной модели прогнозирование выполняется путем подстановки значений для предстоящего момента времени  $t_{\text{п}}$  и внутренних параметров в этот момент времени в аналитическое выражение и вычисления величины  $y_j(t_{\text{п}}, x_{(n)})$ . Однако создание таких моделей для реальных ИОС является проблематичным вследствие затруднительности проведения экспериментальных исследований в течение длительного времени. Поэтому прогнозирование изменений выходных параметров и состояния мультипроектной ИОС при помощи динамической полиномиальной модели на практике обычно трудновыполнимо.

Если известны статистические или вероятностные зависимости изменения характеристик бизнес-процессов либо внутренних параметров ИОС под воздействием дестабилизирующих факторов, возможно прогнозирование последствий осуществления этих процессов при предполагаемом законе изменения таких факторов. Использование методов многомерного

прогнозирования дает возможность находить величины выходных параметров ИОС в предстоящий момент времени с учетом влияния этих факторов, однако оно предполагает наличие большого количества наблюдений за поведением системы в прошлом, что в экономических исследованиях бывает крайне редко.

Способом улучшения точности многомерного прогнозирования состояния ИОС при выполнении проекта и характеристик устойчивости ее бизнес-процессов является определение наиболее целесообразных длительностей интервалов прогнозирования по времени и по внутренним параметрам. В настоящее время методики нахождения таких интервалов для экономических систем проработаны недостаточно, в основном в известной литературе приводятся рекомендации по выбору интервала прогнозирования по времени  $\Delta t = t_{\text{п}} - t_0$  (где  $t_0$  – момент выполнения прогнозирования). Определение указанных интервалов по параметрам ИОС для нахождения таких величин их изменения, при которых точность прогнозирования выходных параметров будет не менее заданной, в прямой постановке нецелесообразно, так как изменение внутренних параметров ИОС происходит во времени и интервал прогнозирования по параметру пропорционален силе и длительности влияния этого внутреннего параметра на выходные. Причем сила влияния внутренних параметров на выходные оценивается в процессе выделения существенных внутренних параметров ИОС при построении ее модели, а длительность их влияния пропорциональна интервалу прогнозирования во времени. Таким образом, интервал прогнозирования по внутренним параметрам может фактически задаваться величиной интервала прогнозирования во времени.

Одним из подходов к оцениванию этих интервалов является выявление интервала корреляции показателей, когда в качестве оценки длительности интервала многомерного прогнозирования выходных параметров ИОС во времени может быть принят интервал корреляции  $\Delta t_{\text{кор}}$  нестационарной случайной функции  $\hat{y}_i(t, \hat{x}_{(n)})$  при  $i = 1, 2, \dots, m$ , под которым понимается такое значение аргумента нормированной корреляционной функции  $R_{\text{н}}(\Delta t, x_{(n)})$ , начиная с

которого выполняется соотношение  $|R_n(\Delta t, x_{(n)})| \leq \varepsilon$  для всех  $\Delta t > \Delta t_{\text{кор}}$  (где  $\varepsilon \leq 1$  – заданное положительное число). Технологии и особенности его применения достаточно подробно рассмотрены в работах [65, с. 132-148; 127].

Многомерное прогнозирование выходных параметров и состояния ИОС позволяет осуществлять оценивание их значений по результатам статистических исследований ее внутренних параметров на основе многомерных зависимостей выходных параметров ИОС от внутренних и одномерных зависимостей внутренних параметров от времени. Одномерное прогнозирование по времени дает возможность предсказывать состояние ИОС при возможном воздействии различных факторов, при этом, учитывая «тяжеловесность» развития большинства экономических систем, часто не требует очень большого числа измерений выходных параметров и вычисления их статистических характеристик, что очень востребовано при текущем управлении мультипроектной ИОС в процессе осуществления проекта. Указанная выше методика оценивания интервала прогнозирования выходного параметра ИОС по его интервалу корреляции применима как для многомерных, так и для одномерных моделей, а точность многомерного прогнозирования достаточно высока за счет использования большей по сравнению с методами одномерного прогнозирования априорной информации и учета совместного влияния факторов.

Анализ известных результатов аппроксимации выходных параметров различных сложных систем многомерными и одномерными полиномами показывает, что обычно величина остаточного члена уменьшается с увеличением числа учитываемых моделью внутренних параметров. Соответственно, применительно к рассматриваемой мультипроектной ИОС, возрастает и точность прогнозирования выбранного показателя УБП.

В работах [65, с. 146-160; 127] для обобщенной сложной системы приведены зависимости средних удельных затрат времени на прогнозирование  $T$  от числа параметров  $n$  при различных степенях  $S$  внутренних параметров, с которыми они входят в полиномиальную модель. Представлены также зависимости временных

затрат на прогнозирование от степеней внутренних параметров при различных  $n$ . Сделан вывод, что при небольшом числе внутренних параметров ( $n = 1, 2, 3$ ) с увеличением степени аппроксимирующего полинома временные затраты увеличиваются незначительно, но с ростом числа внутренних параметров время моделирования возрастает весьма существенно – при изменении степени  $S$  на единицу временные затраты иногда могут увеличиваться на порядок.

В этих же работах приведена зависимость  $T$  от числа статистических наблюдений при фиксированных  $S$  и  $n$ . Соответствующие временные затраты линейно связаны с числом наблюдений как для одномерной, так и многомерной моделей. Представляется, что указанные выводы могут быть применимы к модельным исследованиям рассматриваемой мультипроектной ИОС при выполнении проекта в рамках государственного контракта. Учитывая, что полиномы высоких степеней редко применяются для описания достаточно «тяжеловесных» экономических систем, использование таких подходов для моделирования выходных параметров ИОС вполне оправдано.

### **3.4. Формализованное обоснование решений по управлению параметрами интегрированной организационной структуры**

Вследствие возрастания точности аппроксимации многомерных функций при использовании полиномиальных функций, многомерные методы прогнозирования состояния мультипроектной ИОС по сравнению с одномерными обладают следующими преимуществами:

- повышается достоверность (точность) прогнозирования за счет учета большого количества факторов, влияющих на прогнозируемые выходные параметры ИОС;

- увеличивается интервал прогнозирования по времени при неизменной его точности за счет учета изменений внутренних параметров ИОС;

- уменьшается интервал наблюдения при обеспечении необходимой точности прогнозирования за счет учета изменений внутренних параметров ИОС,

входящих в многомерную функцию;

– обеспечивается возможность выявления потенциально неустойчивых структурных элементов ИОС с целью устранения постепенных изменений ее характеристик путем анализа контрольной информации об изменениях выходных и внутренних параметров;

– появляется возможность управления состоянием исследуемой ИОС на этапе ее деятельности для улучшения характеристик бизнес-процессов.

Перечисленные достоинства многомерных методов особенно актуальны при выполнении проектов в рамках государственного контракта, с одной стороны позволяющей снизить ряд рисков, характерных для коммерческих проектов, но с другой – предъявляющей повышенные требования к гарантированности получения результатов и точности планирования работ. Недостатками многомерного моделирования являются увеличение трудоемкости расчетов по сравнению с одномерным, а также необходимость сбора и анализа значительно большего объема контрольной информации об ИОС. Следует отметить, что современные компьютерные средства поддержки принятия управленческих решений существенно облегчают анализ данных вопросов.

Номинальные значения внутренних параметров ИОС могут быть найдены при их оптимизации по критерию устойчивости бизнес-процессов. Выше было показано, что все рассматриваемые показатели УБП вычисляются на основе вероятности (3.1.3), при этом наличие ограничений на значения внутренних параметров ИОС  $\hat{x}_{\langle n \rangle} \in \{\hat{x}_{\langle n \rangle}^{\text{Д}}\}$  и применение формализованных методов оптимизации обуславливают целесообразность использования в составе критериальной функции оценку вероятности (3.3.5). Обеспечение максимального значения этой вероятности при  $t = t_0$  может рассматриваться как достижение наибольшей УБП ИОС и быть выражено следующим образом:

$$P_{I(\max)}(x_{\langle n \rangle}^*) = \max_{x_{\langle n \rangle} \in \{\hat{x}_{\langle n \rangle}^{\text{Д}}\}} P_I(x_{\langle n \rangle}) \cdot P_{\text{рын}}, \quad (3.4.1)$$

где  $P_{\text{рын}}$  – вероятность непредсказуемого отрицательного влияния извне факторов рынка на УБП;  $P_I(x_{\langle n \rangle})$  вычисляется по формуле (3.3.5) при  $t = t_0$ .

Процедура определения номинальных значений внутренних параметров ИОС для момента времени  $t = t_{\text{п}}$  при  $t_{\text{п}} \in (t_0, t_k)$  аналогична предыдущей. Вероятность  $P_{\text{рын}}$  определяется статистическими методами на основе данных за предшествующие периоды для этой или аналогичных ИОС или экспертным путем. Нахождение оптимальной точки  $x_{\langle n \rangle}^*$  в соответствии с выражением (3.4.1) позволяет определить такие значения параметров  $x_j$ , при которых указанная вероятность принимает наибольшее значение. Оптимальный выбор параметров структурных элементов мультипроектной ИОС для обеспечения максимальной УБП фактически является проблемой обеспечения наибольшей длительности ее функционирования в рамках проекта при необходимой величине вероятности нахождения выходных и внутренних параметров в ОДЗ.

Критерий выбора оптимальных параметров ИОС для выполнения проекта можно сформулировать следующим образом: найти такие значения внутренних параметров  $x_{\langle n \rangle}^*$ , которые бы обеспечили наибольшее время  $T_\gamma$  нахождения ее выходных и внутренних параметров в областях  $\{\hat{y}_{\langle m \rangle}^{\text{д}}\}$  и  $\{\hat{x}_{\langle n \rangle}^{\text{д}}\}$  соответственно с необходимой вероятностью  $\gamma_{\text{н}}$ :

$$T_\gamma = \max_{\hat{x}_{\langle n \rangle} \in \{\hat{x}_{\langle n \rangle}^{\text{д}}\}} \max_{\hat{y}_{\langle m \rangle} \in \{\hat{y}_{\langle m \rangle}^{\text{д}}\}} t(x_{\langle n \rangle}, y_{\langle m \rangle}, \gamma_{\text{н}}), \quad (3.4.2)$$

где  $t(x_{\langle n \rangle}, y_{\langle m \rangle}, \gamma_{\text{н}})$  – зависимость времени нахождения параметров ИОС в допустимых областях от значений ее выходных и внутренних параметров в начальный момент времени и величины  $\gamma_{\text{н}}$ ;  $\gamma_{\text{н}}$  – необходимое наименьшее значение вероятности нахождения параметров ИОС в пределах своих ОДЗ, определяемое статистически или экспертно на основе требований проекта или условий государственного контракта.

Такой подход к определению номинальных значений параметров ИОС



позволяет: находить с достаточной точностью один из основных показателей УБП – вероятность устойчивого функционирования мультипроектной ИОС в рамках проекта в любой момент времени, лежащий внутри интервала прогнозирования; вычислять оптимальные по избранным критериям устойчивости бизнес-процессов номинальные значения внутренних существенных параметров ИОС; определять пределы изменения внутренних параметров ИОС, обеспечивающих эффективное управление характеристиками ее бизнес-процессов.

Как уже отмечалось, параметры структурных элементов ИОС в каждый текущий момент времени по сравнению с моментом начала ее деятельности могут изменяться случайным образом под воздействием факторов рынка. Однако для обеспечения УБП необходимо, чтобы значения этих параметров находились в соответствующих областях допустимых значений. На практике указанный разброс параметров возможно оценивать через соответствующие дисперсии  $D_j$ . Причем определение областей допустимых значений должно осуществляться одновременно с выбором номинальных значений контролируемых параметров ИОС с учетом целевых, стоимостных и иных аспектов выполнения проектов для обеспечения наибольшей вероятности нахождения выходных и внутренних параметров в этих областях.

Такой на первый взгляд нетрадиционный для экономических исследований способ позволяет упростить формализацию процедур определения ОДЗ параметров ИОС. Принцип выбора этих областей может быть выражен следующим образом (частично аналогичный подход предложен в [65, с. 156-171; 127] для другого класса систем): найти такие наибольшие значения дисперсий  $D_j$  всех  $j$ -х внутренних параметров ИОС  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), которые бы обеспечили вероятность одновременного нахождения выходных и внутренних параметров в областях  $\{\hat{y}_{\langle m \rangle}^d\}$  и  $\{\hat{x}_{\langle n \rangle}^d\}$  соответственно не менее необходимой  $P_n$ . При этом предполагаются известными номинальные значения внутренних параметров рассматриваемой ИОС и минимальные практически достижимые значения

дисперсий каждого из них ( $D_{j(\min)}$ ). Формализовано критерий может быть записан так:

$$D_{j(\text{оптим})} = \max\{ D_j \} \text{ для всех } j = 1, 2, \dots, n \quad (3.4.3)$$

при ограничении:  $P_I \geq P_H$ ;  $D_j \geq D_{j(\min)}$ .

Однако применение такого подхода в прямой постановке не учитывает организационно-экономические последствия тех или иных вариантов управления ИОС. Поэтому для экономических систем, в том числе рассматриваемой ИОС, для выработки критерия оптимизации может быть использован следующий способ.

Сначала вычисляется показатель  $d_1(D_{\langle n \rangle})$ , характеризующий «экономическую сторону» разброса значений параметров по формуле:

$$d_1(D_{\langle n \rangle}) = \sum_{j=1}^n |D_j - D_{j(\text{опт})}| \cdot C_j, \quad (3.4.4)$$

где  $D_{\langle n \rangle}$  – вектор дисперсий внутренних параметров ИОС;  $C_j$  – коэффициент ухудшения выходных характеристик ИОС (результатов выполнения проекта) при увеличении абсолютного различия указанных дисперсий  $j$ -го параметра на единицу.

Количественно значения коэффициента  $C_j$  изменяются в пределах  $0 < C_j < 1$ ; чем сильнее ухудшение, тем ближе его значения к единице. Обычно при практическом анализе экономических систем нахождение  $C_j$  статистическими методами трудно выполнимо из-за отсутствия достаточного количества данных, поэтому ее оценивание может быть выполнено в основном экспертными методами. При непосредственном применении функции (3.4.4) в качестве критериальной не принимается во внимание ограничение (3.4.3), и для его учета в работах [65, с. 168-184; 127] предложено рассчитывать следующий показатель:

$$P(D_{\langle n \rangle}) = P_I(x_{\langle n \rangle}^*, D_{\langle n \rangle}) - P_H, \quad (3.4.5)$$

где  $P_I(x_{\langle n \rangle}^*, D_{\langle n \rangle})$  – оценка вероятности нахождения выходных параметров ИОС в ОДЗ, вычисленная по формуле (3.3.5) для заданного момента времени  $t_{\text{п}}$ .

Затем вычисляется показатель  $d_2(D_{\langle n \rangle})$ , который учитывает (3.4.5) и применим в качестве критериальной функции:

$$d_2(D_{\langle n \rangle}) = P(D_{\langle n \rangle}) \cdot \sum_{j=1}^n |D_j - D_{j(\text{опт})}| \cdot C_j. \quad (3.4.6)$$

Тогда критерий выбора ОДЗ можно сформулировать следующим образом: найти такие величины разброса внутренних параметров мультипроектной ИОС в процессе выполнения проекта, которые бы приводили к минимальному значению функции (3.4.6):

$$d_3(D_{\langle n \rangle, \text{опт}}) = \min_{D_{\langle n \rangle} \in S} d_2(D_{\langle n \rangle}), \quad (3.4.7)$$

где  $S = \{D_{j(\text{опт})} | j = 1, 2, \dots, n\}$ ;  $D_{\langle n \rangle, \text{опт}}$  – вектор оптимальных значений разброса внутренних параметров ИОС.

Определение оптимального размера ОДЗ параметров исследуемой ИОС  $x_{\langle n \rangle}$  тесно взаимосвязано с выбором их номинальных значений. Их определение целесообразно проводить поисковыми методами оптимизации, при которых не требуется знания функциональных зависимостей целевых функций. После нахождения оптимальных значений компонент вектора  $x_{\langle n \rangle}$  можно осуществить оптимальный выбор ОДЗ внутренних параметров ИОС описанным выше способом. Такой подход обеспечивает наибольшие размеры ОДЗ внутренних параметров ИОС при заданной вероятности нахождения ее выходных параметров в своих областях допустимых значений. Математические аспекты приведенного способа расчета представлены в работах [65, с. 181-212; 127].

В результате построения модели ИОС и выбора номинальных значений внутренних параметров и ОДЗ для них на этапе ее создания, а также прогнозирования на ближайший период времени предполагаемых фактических

значений внутренних и выходных параметров появляется возможность управления ее состоянием и УБП в процессе деятельности. Значения выбранных показателей устойчивости бизнес-процессов зависят от нахождения выходных параметров в ОДЗ и, следовательно, от значений внутренних параметров в выбранный момент времени. Соответственно путем целенаправленного изменения величин внутренних параметров ИОС можно управлять значениями указанных показателей устойчивости. Так как выбор номинальных значений внутренних параметров на этапах проектирования и начала деятельности ИОС не гарантирует сохранения максимально возможных значений этих показателей в дальнейшей ее деятельности, то возникает необходимость управления УБП путем изменения значений внутренних параметров ИОС в процессе функционирования.

Непосредственный контроль всех выходных и внутренних параметров ИОС в процессе деятельности на практике трудновыполним и в большинстве случаев экономически нецелесообразен. Это обусловлено высоким общим уровнем сложности современных бизнес-процессов, сильной взаимозависимостью многих параметров реальных ИОС, характеристик их процессов, факторов рынка, а также наличием определенных пределов для внесения изменений на этапе текущей деятельности в ранее спроектированную ИОС и ее производственные технологии. В связи с этим возможно для некоторого момента времени  $t > t_0$  ограничиться непосредственным оцениванием значений выбранных контролируемых  $a$  выходных и  $b \leq n$  внутренних параметров, а остальные рассчитать по смоделированным типовым зависимостям с учетом общеэкономических закономерностей и текущего состояния рынка, и по результатам этого классифицировать состояние ИОС.

Если при проектировании ИОС предусмотреть возможность управления для  $k \leq n$  внутренних параметров в пределах  $x_h^{\min} \leq x_h \leq x_h^{\max}$  при  $h = 1, 2, \dots, k$ , то в процессе ее деятельности можно поддерживать показатели УБП на требуемом уровне или обеспечивать их максимальные значения. Обеспечение максимальной устойчивости бизнес-процессов на этапе деятельности мультипроектной ИОС

сводится к выбору управляющих воздействий на внутренние параметры:

$$\Delta x_h(t) = x_h^{\text{оптим}}(t) - \tilde{x}_h(t), \quad (3.4.8)$$

где  $\tilde{x}_h(t)$  – фактическое значение  $h$ -го внутреннего параметра ИОС в момент времени  $t$ ;  $x_h^{\text{оптим}}(t)$  – оптимальное значение  $h$ -го внутреннего параметра (в крайнем случае – номинальное).

Тогда критерий для управления состоянием ИОС может быть сформулирован следующим образом: найти управляющие воздействия  $\Delta x_{\langle k \rangle}$ , которые обеспечили бы экстремальное значение целевой функции (3.3.5):

$$P_I(x_{\langle k \rangle}^{\text{оптим}}) = \max_{(\hat{x}_{\langle k \rangle} + \Delta x_{\langle k \rangle}) \in \{x_{\langle k \rangle}^{\text{д}}\}} P_I(\hat{x}_{\langle k \rangle} + \Delta x_{\langle k \rangle}), \quad (3.4.9)$$

где  $\{x_{\langle k \rangle}^{\text{д}}\}$  – множество допустимых значений параметров.

При проведении исследований для вычисления функции (3.4.9) в качестве математических ожиданий неконтролируемых параметров  $x_{\langle n-k \rangle}$  могут быть выбраны значения, определенные расчетным путем для момента времени  $t$ , а для контролируемых  $x_{\langle k \rangle}$  – значения, полученные при оптимизации. Затем с использованием выражения (3.4.8) находятся необходимые управляющие воздействия  $\Delta x_h$  для  $h = 1, 2, \dots, k$ .

Описанный подход позволяет на этапе деятельности мультипроектной ИОС по неполным данным о значениях внутренних и выходных параметров уточнять модели выходных параметров, вычислять их значения и оценивать выбранные для мониторинга показатели устойчивости бизнес-процессов. Его применение дает возможность рассчитывать величины воздействий на управляемые внутренние параметры, обеспечивает экстремальные для данного или прогнозируемого моментов времени значения показателей устойчивости бизнес-процессов ИОС.

Представленные в пп. 3.3 и 3.4 подходы к обеспечению устойчивости выполняемых бизнес-процессов интегрированной организационной структуры, могут быть использованы при реализации федеральных проектов «Системные меры по повышению производительности труда» и «Адресная поддержка

повышения производительности труда на предприятиях», являющихся составной частью национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» (см. табл. 1.1.2).

Основные положения авторских результатов исследований, приведенных в главе 3, опубликованы в научных трудах [126, 136, 217, 219, 232, 223, 224, 228, 229, 230, 233], в том числе в соавторстве.

## **4. МЕТОДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ КОНТРАКТОВ**

### **4.1. Полная и частичная трансформации структуры предприятия**

Рассмотрим предприятие как сложную целенаправленную систему, функционирующую в рамках госконтракта. В зависимости от причин все изменения структуры системы принято делить на две группы: пассивные и активные. К первым относятся такие, при которых изменение структуры системы производится в основном при прибытии или выбытии подразделений-исполнителей проектов. В таких системах не существует проблемы выбора моментов времени для изменения структуры, т. к. эти изменения осуществляются тогда, когда происходят указанные события. Активное изменение структуры может выполняться не только при изменении состава системы (численности подразделений), но и при изменении характеристик проектов, выполняемых предприятием, в частности при изменении их количества или требований к качеству выполнения работ. Поэтому возникает необходимость определения длительностей интервалов времени между смежными изменениями структуры предприятия. Причем при переходе системы из структуры  $\gamma_m(t)$  в структуру  $\gamma_m(t + \Delta t)$ , или  $\gamma_{m+1}(t + \Delta t)$ , или  $\gamma_{m-1}(t + \Delta t)$  она должна иметь эту структуру в течение времени  $\Delta t > 0$ , иначе изменение структуры теряет смысл.

Задача оптимизации структуры предприятия в статике ранее была решена в авторской работе [231]. Нижеприведенные положения этого параграфа представляют собой дальнейшее ее развитие в динамике. Кратко введем основные понятия и обозначения с сохранением преемственности. Выполнение каждого проекта по госконтракту на предприятии представляет собой логически упорядоченную последовательность отдельных работ. Основными показателями, характеризующими проект, являются: объем работ, количество параллельно выполняемых их последовательностей, требуемая достоверность результатов

(вероятность их правильности), срок выполнения. В различных проектах предъявляются разные требования к срокам и качеству выполнения работ. Совокупность подразделений, работающих над одним проектом, представляет собой «команду проекта», подразделения-исполнители, выполняющие одну работу, образуют группу. Внутри такой группы подразделения работают вместе (формально – независимо, дублируя друг друга, с последующим сравнением результатов работы и выбором лучшего из них, например путем голосования или решением заказчика). Таким образом, предприятие состоит из нескольких независимых команд проектов, каждая команда – из независимых групп, каждая группа – из основных и дублирующих подразделений-исполнителей. При выполнении проекта подразделения могут либо вместе выполнять одну и ту же работу, дублируя друг друга, например, с использованием различных технологий, методов и источников информации, при этом повышается достоверность результатов, либо выполнять разные работы, при этом растет общая производительность выполнения работ предприятием [228, 231].

Обозначим:  $m_0$  – количество подразделений-исполнителей в момент создания предприятия,  $m$  – текущее количество подразделений-исполнителей,  $n_i$  – число групп в  $i$ -й команде,  $r_i$  – количество основных подразделений в группах  $i$ -й команды,  $z_i$  – количество дублирующих (условно избыточных) подразделений в группах  $i$ -й команды,  $k$  – число команд (равно числу проектов). Предъявляемые к предприятию требования по производительности и качеству выполнения работ определяются заданными условиями выполнения проектов и, в рамках каждого из них, задач. Производительность предприятия определяется общим количеством

групп подразделений-исполнителей в нем ( $\sum_{i=1}^k n_i$ ), качество работ зависит от

количества основных ( $r_i$ ) и дублирующих подразделений ( $z_i$ ) в группах команд. Так как в любой момент времени текущее количество подразделений на предприятии ( $m$ ) ограничено [228, 231]:



$$\sum_{i=1}^k n_i (r_i + z_i) \leq m, \quad (4.1.1)$$

Иерархические структуры относительно небольших входящих в ИОС предприятий, не имеющих разветвленных горизонтальных и перекрестных связей, можно декомпозировать на совокупность взаимосвязанных двухуровневых структур, специализированных для выполнения конкретных проектов. Рассмотрим такую систему. Общая «производительность» предприятия определяется количеством групп организационно-штатных подразделений ( $n_i$ ) параллельно выполняющих разные проекты, качество работ зависит от количества основных ( $r_i$ ) и вспомогательных ( $z_i$ ) подразделений в каждой такой группе. В любой момент времени текущее количество подразделений ( $m$ ) фиксировано. Требования по увеличению производительности и качества проектных работ являются противоречивыми, для повышения результативности функционирования необходимо выбирать структуры, в которых достигался бы компромисс между этими характеристиками. При выполнении госконтрактов в качестве критерия оптимизации может быть использован максимум потенциального объема работ ( $W$ ), который способно выполнить предприятие за исследуемый период времени [228, 231].

Рациональное управление предприятием предполагает адаптацию его структуры к фактическому составу подразделений, особенностям выполняемых проектов, срокам выполнения и их общему количеству. Рассмотрим процесс трансформации структуры такой системы, в общем случае существуют три причины изменения:

- изменение количества проектов или требований госзаказчика к качеству выполнения работ;
- выбытие подразделений-исполнителей с предприятия;
- прибытие подразделений-исполнителей на предприятие.

Во всех перечисленных случаях организационная структура оказывается не соответствующей новым условиям, и предприятие делает попытку

восстановления своей работоспособности путем изменения этой структуры. Если количество подразделений уменьшается до граничного уровня  $m_r$ , когда предприятие уже не способно выполнять проекты с достаточным качеством, то оно прекращает свое существование.

В общем случае справедливо:

$$W_{T,m} = \begin{cases} \rho(\gamma_m(t))\delta t + W_{t',m+1}, & \text{с вер. } (1 - m\lambda\delta t)\eta, \\ \rho(\gamma_m(t))\delta t + W_{t',m}, & \text{с вер. } (1 - m\lambda\delta t)(1 - \eta), \\ \rho(\gamma_m(t))\delta t, & \text{с вер. } \alpha(\gamma_m(t))m\lambda\delta t, \\ \rho(\gamma_m(t))\delta t + W_{t',m-1}, & \text{с вер. } (1 - \alpha(\gamma_m(t)))m\lambda\delta t, \end{cases} \quad (4.1.2)$$

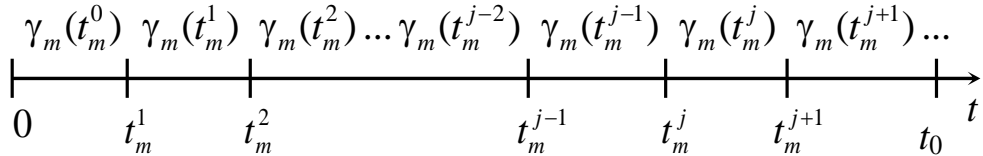
где  $t' = (T - \delta t)$  – продолжительность интервала времени от момента окончания интервала  $[t; t + \delta t]$  до момента окончания исследуемого периода;  $T$  – длительность всего интервала планирования (исследуемого периода);  $t$  – момент начала интервала планирования;  $(1 - m\lambda\delta t)\eta$  – вероятность того, что на интервале времени  $[t; t + \delta t]$  ни одно из подразделений-исполнителей не выбудет, прибудет одно новое подразделение;  $(1 - m\lambda\delta t)(1 - \eta)$  – вероятность того, что на интервале времени  $[t; t + \delta t]$  ни одно из подразделений не прибудет и не выбудет;  $\alpha(\gamma_m(t))m\lambda\delta t$  – вероятность того, что на интервале времени  $[t; t + \delta t]$  выбудет одно подразделение-исполнитель и его выбытие приведет к прекращению функционирования всего предприятия;  $(1 - \alpha(\gamma_m(t)))m\lambda\delta t$  – вероятность того, что на интервале времени  $[t; t + \delta t]$  выбудет одно подразделение, но его выбытие не приведет к прекращению функционирования предприятия (подробнее см. [228, 231]).

Более подробно особенности рационализации структуры предприятия в статике представлены в авторской работе [228, 231]. Как уже отмечалось, редкое изменение структуры приведет к тому, что предприятие (система) выполнит за заданный период небольшой объем полезной работы из-за несоответствия структуры типам и количеству проектов, количеству подразделений. Частое изменение структуры ведет к большим непроизводительным затратам времени и средств на осуществление самого процесса изменения, оснащения и «вхождение в курс дел» подразделений, характер деятельности которых изменился, что также

приводит к снижению объема выполненной предприятием работы [228, 264]. Для упрощения процедуры определения моментов времени для изменения структуры предприятия представляется целесообразным логически объединить события прибытия и выбытия подразделений, иными словами, учесть в  $\lambda$  и вероятность прибытия, и вероятность выбытия подразделений, что позволит в дальнейшем использовать для анализа классический аппарат теории надежности систем.

Для максимизации математического ожидания потенциального объема работ, которое теоретически может выполнить предприятие ( $M[W_{t_0, m_0}]$ ) необходимо для каждого  $m \in \{1, 2, \dots, m_0\}$  вычислить длительности интервалов времени между смежными изменениями структуры или определить моменты времени  $t_m^j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots$ ), при которых меняется  $\gamma_m^*(t)$ , и в дальнейшем решать задачу выбора структуры системы только для этих времен. На рис. 4.1.1 схематично показаны моменты времени для изменения структуры предприятия и обозначения самих структур на соответствующих интервалах времени. При этом для любого интервала справедливо:

$$\gamma_m^*(t_m^j) \neq \gamma_m^*(t_m^{j+1}) \text{ при } j = 1, 2, 3, \dots \quad (4.1.3)$$



Составлено автором на основе материалов [264].

Рис. 4.1.1. Процесс изменения структуры предприятия во времени.

Для снижения трудоемкости расчетов в подобных задачах предварительный отбор вариантов структуры можно выполнять путем максимизации выражения:

$$\Psi_m(\gamma_i) = \frac{\rho(\gamma_i)}{m\alpha(\gamma_i)}, \quad (4.1.4)$$

где  $\rho(\gamma_m)$  – общая производительность предприятия при структуре  $\gamma_m$ ;  $\alpha(\gamma_m)$  – условная вероятность прекращения функционирования предприятия,

находящегося в структуре  $\gamma_m$ , вследствие выбытия/прибытия одного подразделения-исполнителя (подробнее см. [228, 231]).

При этом иногда может выявиться несколько структур с одинаково высоким значением выражения (4.1.4). В этом случае окончательное их сравнение целесообразно осуществлять с помощью функции [264]:

$$V_m(\gamma_i; \gamma_j) = \frac{\rho(\gamma_i) - \rho(\gamma_j)}{m\alpha(\gamma_i) - m\alpha(\gamma_j)}, \quad (4.1.5)$$

(подробнее см. [228, 231])

Обозначим:  $t_m^j$  – момент времени для очередного изменения структуры предприятия;  $\gamma_m^*(t_m^j)$  – структура предприятия на интервале  $(t_m^j; t_m^{j+1}]$ , максимизирующая  $M[W_{T,m}]$ ;  $\alpha^0(\gamma_m)$  – оптимальная  $\alpha(\gamma_m)$  до момента времени  $t_m^j$ ;  $\alpha^0(\gamma_m^*(t_m^j))$  – оптимальная  $\alpha(\gamma_m)$  с момента времени  $t_m^j$ . Все множество возможных структур на интервале времени  $(t_m^j; t_m^{j+1}]$   $\{\Omega_m(t_m^j)\}$  разделим на два подмножества:  $\{B_m(t_m^j)\}$  и  $\{C_m(t_m^j)\}$ .  $\{B_m(t_m^j)\}$  – множество возможных структур предприятия, для которых  $\alpha^0(\gamma_m)$  больше  $\alpha^0(\gamma_m^*(t_m^j))$ ,  $\{C_m(t_m^j)\}$  – множество возможных структур предприятия, для которых  $\alpha^0(\gamma_m)$  меньше  $\alpha^0(\gamma_m^*(t_m^j))$ :

$$\{B_m(t_m^j)\} = \{\gamma_m \in \Omega_m / \alpha^0(\gamma_m) > \alpha^0(\gamma_m^*(t_m^j))\}, \quad (4.1.6)$$

$$\{C_m(t_m^j)\} = \{\gamma_m \in \Omega_m / \alpha^0(\gamma_m) < \alpha^0(\gamma_m^*(t_m^j))\}. \quad (4.1.7)$$

Т. к.  $\gamma_m(t) = \gamma_m^*(t_m^j)$  для всех  $t \in (t_m^j; t_m^{j+1}]$ , то  $\gamma_m^*(t_m^j)$  максимизирует значение выражения (4.1.8) в этом интервале времени:

$$M[W_{\delta t, m}] = M[W_{t', m+1}](1 - m\lambda\delta t)\eta + M[W_{t', m-1}]m\lambda\delta t(1 - \alpha(\gamma_m(t))) + \\ + \rho(\gamma_m(t))\delta t - M[W_{t', m}](\eta + m\lambda\delta t(1 - \eta)), \quad (4.1.8)$$

где  $M[W_{\delta t, m}]$  – математическое ожидание объема работы, который в состоянии проделать предприятие за время  $\delta t$ ;  $\eta$  – вероятность прибытия в структуру предприятия нового подразделения;  $\lambda$  – интенсивность выбытия подразделений

(подробнее см. [228, 231]).

Следовательно, для всех  $\gamma_m \in \{\Omega_m\}$  справедливо неравенство:

$$\rho(\gamma_m^*(t_m^j)) - \alpha(\gamma_m^*(t_m^j))m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}] \geq \rho(\gamma_m(t_m)) - \alpha(\gamma_m(t_m))m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}]$$

при  $t \in (t_m^j; t_m^{j+1}]$ . (4.1.9)

В дальнейшем для упрощения формул будем вместо  $\gamma_m(t)$  при  $t \in (t_m^j; t_m^{j+1}]$  писать  $\gamma_m$ , подразумевая первое, если это не вызывает двусмысленного толкования. Если  $T \neq 0$ , то  $m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}] > 0$ . Следовательно, с учетом (4.1.5), для исследуемого предприятия на интервале времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$  справедлива система неравенств [264]:

$$\begin{cases} \frac{\rho(\gamma_m^*(t_m^j)) - \rho(\gamma_m)}{m\alpha(\gamma_m^*(t_m^j)) - m\alpha(\gamma_m)} < m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}], \text{ при } \gamma_m \in B_m(t_m^j); \\ \frac{\rho(\gamma_m^*(t_m^j)) - \rho(\gamma_m)}{m\alpha(\gamma_m^*(t_m^j)) - m\alpha(\gamma_m)} > m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}], \text{ при } \gamma_m \in C_m(t_m^j). \end{cases} \quad (4.1.10)$$

Тогда из выражений (4.1.6), (4.1.7), (4.1.9), (4.1.10) следует, что при функционировании предприятия только в структуре, максимизирующей  $M[W_{T,m}]$ , выполняется:

$$\begin{aligned} V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) < m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}] < V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) \\ \gamma_m \in B_m(t_m^j) \qquad \qquad \qquad \gamma_m \in C_m(t_m^j) \end{aligned} \quad (4.1.11)$$

В этом случае все множество возможных значений показателя  $V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m)$  разделяется на два подмножества:  $\{E_m(t_m^j)\}$  и  $\{F_m(t_m^j)\}$ , соответствующих множествам структур предприятия  $\{B_m(t_m^j)\}$  и  $\{C_m(t_m^j)\}$ .  $\{E_m(t_m^j)\}$  – множество значений  $V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m)$ , меньших  $m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}]$  и  $\{F_m(t_m^j)\}$  – множество значений  $V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m)$ , больших  $m\lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}]$  для всех  $\gamma_m \in \{\Omega_m\}$ :

$$\begin{aligned} E_m(t_m^j) &= \{V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) \mid V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) < m\lambda \cdot M[\hat{W}_{T,(m-1)}]\}, \\ F_m(t_m^j) &= \{V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) \mid V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) > m\lambda \cdot M[\hat{W}_{T,(m-1)}]\}. \end{aligned} \quad (4.1.12)$$

Тогда для интервала времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$  справедливо:

$$\max V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) \in E_m(t_m^j) \leq \min V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) \in F_m(t_m^j). \quad (4.1.13)$$

Для нахождения  $t_m^{j+1}$  через определенный интервал времени рекурсивно вычисляется  $M[W_{T,(m-1)}]$  для выражения (4.1.2).

Расчеты осуществляются до тех пор, пока неравенство (4.1.11) не перестанет выполняться. С этого момента времени  $\gamma_m^*(t_m^j)$  не является больше структурой предприятия, максимизирующей  $M[W_{T,m}]$ , и необходимо изменение этой структуры. Таким образом, найденный момент времени  $t_m^{j+1}$  является временем для следующего изменения структуры предприятия. Если неравенство (4.1.11) выполняется для всех  $t \in (t_m^j, t_0]$ , то ее изменение не требуется, и  $t_m^{j+1}$  не существует. Данный подход позволяет с достаточной точностью вычислять моменты времени для изменения структуры, при этом величина шага дискретизации времени может определяться извне и меняться в процессе деятельности предприятия в зависимости от условий госконтрактов и рынка.

Описанный подход достаточно трудоемок. Поэтому его использование желательно при расчете  $t_m^j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots$ ) в ситуациях, если менее трудоемкие подходы не применимы, например, в начале функционирования предприятия или в ситуациях, когда проекты имеют существенно различные особенности и трудоемкости, а также предъявляют очень разные требования к срокам и качеству выполнения работ. Следует отметить, что на практике такие ситуации возникают относительно редко. Для определения моментов времени для изменения структуры предприятия в остальных ситуациях целесообразнее использовать нижеследующий менее трудоемкий подход.

В работе [264] применительно к большим техническим системам показано, что для многоэлементных неиерархических систем, состоящих из множества однотипных элементов, справедливо следующее неравенство (с учетом принятых здесь обозначений):

$$\frac{dM[W_{T,m}]}{dt} + m\lambda \cdot M[W_{T,m}] = \rho(\gamma_m^*(t_m^j)) + m\lambda(1 - \alpha(\gamma_m^*(t_m^j)))M[W_{T,(m-1)}]. \quad (4.1.14)$$

При функционировании предприятия в условиях мультипроектной среды указанная иерархичность отсутствует, и можно допустить, что это выражение в целом так же справедливо. Функция  $M[W_{T,m}]$  является неубывающей и непрерывной во времени. Следовательно,

$$\frac{dM[W_{T,m}]}{dt} \geq 0. \quad (4.1.15)$$

Тогда выполняется неравенство:

$$\rho(\gamma_m^*(t_m^j)) + m\lambda(1 - \alpha(\gamma_m^*(t_m^j)))M[W_{T,(m-1)}] + (M[W_{T,m}] - M[W_{T,(m-1)}]) \geq 0. \quad (4.1.16)$$

Суммарная производительность предприятия, следовательно и потенциальный объем работы, который оно способно выполнить на интервале времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ , определяются количеством групп подразделений-исполнителей и напрямую не зависят от общего числа подразделений в нем. Поэтому для большинства вариантов структуры справедливо следующее выражение [264]:

$$M[W_{T,m}] - M[W_{T,(m-1)}] \approx 0. \quad (4.1.17)$$

Вероятность того, что предприятие будет иметь одну из остальных структур, близка к нулю (теоретически возможно только при  $r=1$  и  $z=0$  одновременно). В связи с этим допустим, что для любого  $m \in \{1, 2, \dots, m_0\}$  справедливо:

$$M[W_{T,m}] - M[W_{T,(m-1)}] = 0. \quad (4.1.18)$$

Тогда из неравенства (4.1.16) следует, что при функционировании предприятия в структуре  $\gamma_m^*(t_m^j)$  для интервала времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$  выполняется неравенство [264]:

$$M[W_{T,(m-1)}] \leq \frac{\rho(\gamma_m^*(t_m^j))}{m\lambda\alpha(\gamma_m^*(t_m^j))}. \quad (4.1.19)$$

Введем обозначения:

$$G_m^o(\gamma_m^*(t_m^j)) = \frac{\rho(\gamma_m^*(t_m^j))}{m\lambda\alpha(\gamma_m^*(t_m^j))}, \quad G_m^T(t; t + \Delta t) = \frac{\rho^T(t; t + \Delta t)}{m\lambda\alpha_{\max}(t; t + \Delta t)},$$

$$g(\gamma_m^{\text{опт}}(t_m^j); t_m^j; t_m^j + \Delta t) = f(G_m^T(t_m^j; t_m^j + \Delta t), G_m^o(\gamma_m^{\text{опт}}(t_m^j))), \quad (4.1.20)$$

где  $\rho^T(\tau; \tau + \Delta\tau)$  – требуемая производительность предприятия на интервале времени  $[\tau; \tau + \Delta\tau]$ .

Так как между  $\rho(\gamma_m)$  и  $\alpha(\gamma_m)$  нет кратной зависимости, то для любого  $m \in \{1, 2, \dots, m_0\}$  показатель  $G_m^o(\gamma_m^*(t_m^j))$  может характеризовать оптимальную структуру предприятия  $\gamma_m^*$  на интервале времени  $(t_m^j; t_m^{j+1}]$ ,  $G_m^T(t; t + \Delta t)$  – суммарные требования к предприятию на интервале времени  $[t; t + \Delta t]$  (характеристика множества проектов),  $g(\gamma_m^*(t_m^j); t_m^j; t_m^j + \Delta t)$  – близость структуры предприятия к идеальной для рассматриваемого интервала времени. Тогда для любой структуры  $\gamma_m \in \{\Omega_m\}$  справедливо:

$$M[W_{T,m}] = \delta(t) \cdot g(\gamma_m(t_m^j); t_m^j; t_m^j + \Delta t), \quad (4.1.21)$$

где  $\delta(t)$  – функция, описывающая зависимость между  $M[W_{T,m}]$  и характеристикой близости фактической структуры предприятия к идеальной; на практике может быть определена экспертно-статистическими методами.

Рассмотрим интервал времени  $(t_m^j; t_m^{j+1}]$ . Пусть необходимо вычислить момент времени для следующего изменения структуры  $(t_m^{j+1})$ . Структура  $\gamma_m^*(t_m^j)$  определена, следовательно, известна и ее характеристика  $G_m^o(\gamma_m^*(t_m^j))$ . Суммарная характеристика множества проектов  $G_m^T(t_m^j; t_m^j + \Delta t)$  также известна. Тогда выполнение условия

$$g(\gamma_m^{\text{опт}}(t_m^j); t_m^j; t_m^j + \Delta t) \pm \varepsilon = \text{const} \quad (4.1.22)$$

с заданной точностью ( $\varepsilon$ ) при увеличении  $\Delta t$  с некоторым шагом свидетельствует о том, что изменение структуры предприятия не требуется. Момент времени, когда выражение (4.1.22) перестало быть справедливым, является искомым



моментом времени  $t_m^{j+1} = t_m^j + \Delta t$  для изменения его структуры. Для вычисления моментов времени для трансформации структуры может быть использован формализованный Алгоритм 4.1.2 [228], реализующий описанный подход и приведенный в Приложении 1. Такой подход значительно менее трудоемок по сравнению с предыдущим. Его применение целесообразно для определения  $t_m^j$  ( $j=1, 2, 3, \dots$ ) на предприятиях, этапы функционирования которых имеют четкие временные границы, а также при большом числе подразделений-исполнителей ( $m$ ).

Под полной трансформацией структуры предприятия понимается такое ее изменение, при котором затрагиваются функциональные задачи всех подразделений-исполнителей. Процесс определения структуры, которую должно принять предприятие в результате полного изменения, может быть разделен на три этапа [264]:

1. Вычисление минимально необходимых  $n_i$ ,  $r_i$ ,  $z_i$  по Алгоритму 4.1.1, приведенному в Приложении 1, для всех проектов ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ), планируемых для выполнения после изменения структуры предприятия, т. е. на интервале времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ .

2. Выбор из этого множества проектов максимального количества наиболее приоритетных ( $k$ ), при котором справедливо неравенство:

$$\sum_{i=1}^k n_i (r_i + z_i) \leq m.$$

3. Максимизация  $\rho^0 = \sum_{i=1}^k \rho(n_i)$

при ограничениях:  $\sum_{i=1}^k n_i (r_i + z_i) \leq m$ ;  $\alpha^k(t_m^j; t_m^{j+1}) \leq \alpha_{\max}^k(t_m^j; t_m^{j+1})$ ;  $\rho^k(t_m^j; t_m^{j+1}) \geq \rho_{\min}^k(t_m^j; t_m^{j+1})$ ;

$n_i \in I^+$ ,  $r_i \in I^+$ ,  $z_i \in I^+$ ;  $i = 1, 2, \dots, k$ .

Для определения  $\gamma_m^*(t_m^j)$  при полном изменении структуры предприятия может быть использован формализованный Алгоритм 4.1.3 (шаги 1–21) [228],

реализующий описанный подход и приведенный в Приложении 1. Представленный подход позволяет определять структуры предприятия с максимальной производительностью выполнения работ при заданных ограничениях и, соответственно, максимизировать потенциальный объем работы, который способно выполнить предприятие на интервале времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ .

Полное изменение структуры предприятия предполагает значительные затраты времени и средств на ее непосредственное выполнение, оснащение подразделений, обучение сотрудников новым обязанностям и отработку коммуникаций. Поэтому оно должно проводиться только в начале функционирования предприятия (при  $t = 0$ ), а также, если его структура на интервале времени, предшествующем этому изменению, неизвестна. В остальных случаях целесообразнее выполнять частичное изменение структуры, суть которого заключается в следующем. Для минимизации нерациональных затрат времени и средств на изменение структуры необходимо, чтобы эта структура  $\gamma_m^*(t_m^j)$  на каждом последующем интервале времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$  была бы как можно «родственнее» структуре  $\gamma_m^*(t_m^{j-1})$  на предыдущем интервале  $(t_m^{j-1}, t_m^j]$ . В этом случае максимально возможное число подразделений-исполнителей фактически не примут участия в изменении структуры предприятия.

Для максимизации  $M[W_{T,m}]$  необходимо максимизировать  $\rho(\gamma_m^*(t_m^j))$  и минимизировать  $\alpha(\gamma_m^*(t_m^j))$ . Однако для любого предприятия увеличение  $\rho(\gamma_m)$  всегда ведет к росту  $\alpha(\gamma_m)$  и наоборот. Поэтому при расчете  $\gamma_m^*(t_m^j)$  для очередного интервала времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$  характеристики  $\rho(\gamma_m^*(t_m^j))$  и  $\alpha(\gamma_m^*(t_m^j))$  должны анализироваться одновременно. Воспользуемся выражением (4.1.5). Рассмотрим множество структур предприятия  $\{C_m(t_m^{j-1})\}$ . Выделим из него подмножество структур  $\{\Phi_m(t_m^{j-1})\}$  с минимальным значением  $V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m)$ :

$$\begin{aligned} \{\Phi_m(t_m^{j-1})\} &= \{\{\gamma_m | \gamma_m \in \{C_m(t_m^{j-1})\}; V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) = \\ &= V_m^{\min}(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) \in \{F_m(t_m^{j-1})\}\}. \end{aligned} \quad (4.1.23)$$

Тогда, если  $\{C_m(t_m^{j-1})\} \neq \emptyset$ , то и  $\{\Phi_m(t_m^{j-1})\} \neq \emptyset$ . Так как функция  $M[W_{T,m}]$  непрерывна и не уменьшается со временем, то, с учетом (4.1.8) и выражения

$$Y(\gamma_m(t)) = \rho(\gamma_m(t)) - \alpha(\gamma_m(t))m\lambda M[W_{t',m-1}] \quad (4.1.24)$$

(подробнее см. [228, 231]), из того, что  $\gamma_m^*(t_m^j)$  является наилучшей на интервале времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ , следует:

$$Y(\gamma_m^*(t_m^j)) \geq Y(\gamma_m) \quad \text{для всех } \gamma_m \in \{\Omega_m\}. \quad (4.1.25)$$

Тогда при  $\rho(\gamma_m^*(t_m^{j-1})) = \rho(\gamma_m^*(t_m^j))$  выполняется неравенство:  $\alpha(\gamma_m^*(t_m^j)) < \alpha(\gamma_m^*(t_m^{j-1}))$ , т. к. в противном случае  $\alpha(\gamma_m^*(t_m^j)) \geq \alpha(\gamma_m^*(t_m^{j-1}))$  и  $\gamma_m^*(t_m^{j-1})$  является наилучшей также и на интервале времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ , что противоречит (4.1.3). Аналогично, при  $\alpha(\gamma_m^*(t_m^{j-1})) = \alpha(\gamma_m^*(t_m^j))$  справедливо:  $\rho(\gamma_m^*(t_m^{j-1})) < \rho(\gamma_m^*(t_m^j))$ .

Рассмотрим интервал времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ . Пусть множества  $\{B_m(t_m^{j-1})\}$  и  $\{C_m(t_m^{j-1})\}$  содержат только по одному элементу и выполняется неравенство:

$$\alpha(\gamma_m) < \alpha(\gamma_m^*(t_m^j)) < \alpha(\gamma_m^*(t_m^{j-1})). \quad (4.1.26)$$

Тогда, согласно (4.1.11), после выполнения необходимых преобразований [264], справедливо:

$$V_m(\gamma_m; \gamma_m^*(t_m^{j-1})) \geq V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m^*(t_m^{j-1})), \quad (4.1.27)$$

где  $\gamma_m \in \{\Omega_m\}$ .

Пусть теперь выполняется неравенство:

$$\alpha(\gamma_m^*(t_m^j)) < \alpha(\gamma_m) < \alpha(\gamma_m^*(t_m^{j-1})). \quad (4.1.28)$$

В этом случае по (4.1.11) справедливы следующие неравенства:

а) для интервала времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ :

$$V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m) \leq \lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}], \quad (4.1.29)$$

б) для интервала времени  $(t_m^{j-1}, t_m^j]$ :

$$V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) \geq \lambda \cdot M[W_{T,(m-1)}]. \quad (4.1.30)$$

Так как оставшееся время  $(T)$ , на которое планируются проектные работы предприятия, для интервала времени  $(t_m^{j-1}, t_m^j]$  не меньше аналогичного для интервала  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ , то справедливо:

$$M[W_{T,(m-1)}]_{t \in (t_m^{j-1}; t_m^j]} \geq M[W_{T,(m-1)}]_{t \in (t_m^j; t_m^{j+1}]}, \quad (4.1.31)$$

и выполняется неравенство:

$$V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) \geq V_m(\gamma; \gamma_m^*(t_m^j)). \quad (4.1.32)$$

Тогда, аналогично, с учетом (4.1.27), справедливо:

$$V_m(\gamma_m; \gamma_m^*(t_m^j)) \geq V_m(\gamma_m^*(t_m^j); \gamma_m^*(t_m^{j-1})), \quad (4.1.33)$$

где  $\gamma_m \in \{\Omega_m\}$ .

То есть  $\gamma_m^*(t_m^j) \in \{\Phi_m(t_m^{j-1})\}$ . Следовательно, если  $t_m^j < t_0$ , то для всех  $\gamma_m \in \{\Phi_m(t_m^{j-1})\}$  справедливо:

$$\gamma_m^*(t_m^j) \in \{\Phi_m(t_m^{j-1})\} \text{ и } \rho(\gamma_m^*(t_m^j)) > \rho(\gamma_m). \quad (4.1.34)$$

Если множество  $\{\Phi_m(t_m^{j-1})\}$  содержит более одного элемента, то структура предприятия  $\gamma_m \in \{\Phi_m(t_m^{j-1})\}$ , соответствующая наибольшей производительности и удовлетворяющей ограничениям:

$$\alpha^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \leq \alpha_{\max}^0(t_m^j; t_m^{j+1}), \quad \rho^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \geq \rho_{\min}^0(t_m^j; t_m^{j+1}),$$

является наилучшей для интервала времени  $(t_m^j, t_m^{j+1}]$ .

Описанный подход к определению  $\gamma_m^*(t_m^j)$  ( $j = 1, 2, 3, \dots$ ) позволяет исключить из рассмотрения структуры предприятия  $\gamma_m \in B_m(t_m^{j-1})$  без снижения качества анализа, что значительно снижает трудоемкость вычисления  $\gamma_m^*(t_m^j)$ .

Однако данный подход применим только при  $\alpha^0(t_m^{j-1}; t_m^j) > \alpha_{\max}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$ . Если справедливо  $\alpha^0(t_m^{j-1}; t_m^j) < \alpha_{\max}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$ , то  $\gamma_m^*(t_m^j) \in B_m(t_m^{j-1})$ . В этом случае, аналогично вышеизложенному, структурой, максимизирующей  $M[W_{T,m}]$  на рассматриваемом интервале времени, является структура предприятия  $\gamma_m$  с максимальным значением  $V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) \in E_m(t_m^{j-1})$ , максимальным  $\rho(\gamma_m)$ , и удовлетворяющая ограничениям:  $\alpha^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \leq \alpha_{\max}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$ ;  $\rho^{\hat{}}(t_m^j; t_m^{j+1}) \geq \rho_{\min}^{\hat{}}(t_m^j; t_m^{j+1})$ .

Как отмечалось выше, любая структура системы задается множеством векторов  $\gamma_m = \{\langle n_i; r_i; z_i \rangle | i = 1, 2, 3, \dots\}$ . Тогда для максимизации  $M[W_{T,m}]$  необходимо варьированием значений  $n_i$  и  $z_i$  максимизировать значение нижеследующего выражения, аналогично методике, предложенной в [264]:

$$\frac{\sum_{i=1}^k \rho(n_i) - \rho(\gamma_m^*(t_m^{j-1}))}{m \left( \sum_{i=1}^k \frac{n_i(r_i + z_i)}{m} \alpha_i^{\text{rp}}(\gamma_i) - \alpha(\gamma_m^*(t_m^{j-1})) \right)} \quad (4.1.35)$$

при ограничениях:

$$\alpha^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \leq \alpha_{\max}^0(t_m^j; t_m^{j+1}); \quad \sum_{i=1}^k \rho^{\text{rp}}(\gamma_i) \geq \rho_{\min}^0(t_m^j; t_m^{j+1});$$

$$\sum_{i=1}^k n_i(r_i + z_i) \leq m; \quad n_i \in I^+; \quad z_i \in I^+; \quad r_i = \text{const}; \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

Выполним процедуру в два этапа:

1. Минимизировать  $z_i$  при:

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i(r_i + z_i)}{m} \alpha_i^{\text{rp}}(\gamma_i) \leq \alpha_{\max}^0(t_m^j; t_m^{j+1}), \quad (4.1.36)$$

где  $n_i = n_i^{\min}$ ;  $r_i = \text{const}$ ;  $z_i \in I^+$ ;  $\sum_{i=1}^k n_i(r_i + z_i) \leq m$ ;  $i = 1, 2, \dots, k$ .

2. Варьированием значений  $n_i$  максимизировать значение выражения:

$$\frac{\sum_{i=1}^k \rho(n_i) - \rho(\gamma_m^*(t_m^{j-1}))}{\sum_{i=1}^k n_i(r_i + z_i) \alpha_i^{\text{rp}}(\gamma_i) - m\alpha(\gamma_m^*(t_m^{j-1}))} \quad (4.1.37)$$

при ограничениях:

$$\alpha^{\circ}(t_m^j; t_m^{j+1}) \leq \alpha_{\max}^{\circ}(t_m^j; t_m^{j+1}); \quad \rho^{\circ}(t_m^j; t_m^{j+1}) \geq \rho_{\min}^{\circ}(t_m^j; t_m^{j+1});$$

$$\sum_{i=1}^k n_i(r_i + z_i) \leq m; \quad n_i \in I^+; \quad r_i = \text{const}; \quad z_i = \text{const}; \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

Для практического определения структуры предприятия  $\gamma_m^*(t_m^j)$  в СППР в соответствии с (4.1.36) и (4.1.37) был разработан формализованный Алгоритм 4.1.3 (шаги 22–26), приведенный в Приложении 1. При вычислении  $\gamma_m^*(t_m^j)$  ( $j = 1, 2, 3, \dots$ ) в соответствии с ним не анализируются структуры предприятия, которые заведомо не являются наилучшими в плане максимизации  $M[W_{T,m}]$ . Это существенно снижает трудоемкость расчетов.

Общая стратегия изменения структуры предприятия, максимизирующая  $M[W_{T,m}]$ , может быть представлена как упорядоченная во времени совокупность параметров  $\rho(\gamma_m(t))$  и  $\alpha(\gamma_m(t))$ , например, в виде трехмерного графика, для каждого числа  $m$  при  $t \neq \text{const}$ . При  $m = \text{const}$  выполняются изменения структуры в моменты времени  $t_m^j$  ( $j = 0, 1, 2, 3, \dots$ ), и предприятие последовательно переходит в соответствующие точкам такого графика структуры  $\gamma_m^*(t_m^j)$  при  $j = 1, 2, 3, \dots$ . При выбытии одного подразделения-исполнителя ( $m = m_0 - 1$ ) предприятие переходит в структуру, соответствующую моменту времени его выбытия на смежном графике, и далее изменяет свою структуру в соответствии с ним. При прибытии одного подразделения-исполнителя предприятие вновь «переходит» на прежний график, при прибытии еще одного подразделения – на следующий смежный и т. д. до окончания периода планирования ( $t = t_0$ ) или снижения его производительности ниже граничного значения ( $\rho_{\min}^{\circ}$ ). Таким образом,

предприятие в процессе функционирования изменяет свою структуру в соответствии с рассчитанной схемой, обеспечивающей максимум объема его работы за весь период планирования.

Описанные выше расчеты могут осуществляться не только предприятиями, но и государственным заказчиком при оценивании потенциала участников конкурсов по госконтрактам с целью определения их способности успешно выполнить заявленный проект. Представленные в п. 4.1 подходы к поддержке принятия управленческих решений по динамической трансформации организационной структуры предприятия возможно использовать при реализации федерального проекта «Адресная поддержка повышения производительности труда на предприятиях», являющегося составной частью национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» (см. табл. 1.1.2).

#### **4.2. Оценивание состояния комплекса предприятий – соисполнителей госконтракта**

При непрерывной схеме взаимодействия предприятий – исполнителей проектов возможности управления характеристиками бизнес-процессов головного исполнителя в значительной мере определяются структурой и параметрами подразделений комплекса предприятий-соисполнителей (КСИ). Существует необходимость установления зависимостей между характеристиками проектных процессов, с одной стороны, и структурой и параметрами подразделений предприятий – соисполнителей, с другой стороны, с целью анализа КСИ в целом, оценивания выходных характеристик головного исполнителя, а также нахождения возможных путей синтеза оптимального КСИ по заданным характеристикам бизнес-процессов ГИ или оптимизации этих процессов с учетом установленных ограничений в рамках проектов, государственного контракта или объективных возможностей КСИ. Исследование форм и процессов управления взаимодействиями таких систем при выполнении проектов обычно выполняется отдельно для каждого его вида, что в первую очередь определяется

особенностями различных видов взаимодействия, применительно к которым управление осуществляется по непрерывной схеме. Например, традиционно такая схема чаще всего применяется к ресурсному обеспечению системы, элементы которой обладают высокими стоимостью и интенсивностью повреждения при хранении (характерно для многих высокотехнологичных областей деятельности), сравнимой с аналогичной интенсивностью при использовании, а также во всех случаях, когда складирование достаточно больших их запасов невозможно или нерационально по тем или иным причинам.

В терминах теории массового обслуживания предприятие – головной исполнитель может быть описан в «формализованном виде» следующим образом. В обычных условиях для его бизнес-процессов характерно наличие  $n$  технологических элементов рассматриваемого наименования, для нормального осуществления этих процессов необходимо, чтобы одновременно были работоспособны не менее  $r$  таких элементов. Для обеспечения заданного уровня гарантированности функционирования ГИ он снабжается резервом в  $m$  таких элементов, которым обеспечивается по непрерывной схеме, например, при наступлении ключевого события проекта.

Комплекс предприятий – соисполнителей, обеспечивающий выполнение заявки на элемент, имеет определенную структуру, и посланная головным исполнителем заявка последовательно проходит обслуживающие подразделения, предусмотренные существующей технологией. Для этого она поступает в любой свободный канал обеспечения и последовательно проходит в канале  $i_{z_j}$  обслуживающих подсистем ( $i_{z_j} = 1, 2, \dots, I$ ), такой канал считается занятым, пока эта заявка не пройдет все его подсистемы. Если все  $z_j$  каналов ( $z_j = 1, 2, \dots, Z$ ) обслуживающего подразделения заняты выполнением других заявок, то она становится в очередь перед  $j$ -м обслуживающим подразделением ( $j = 1, 2, \dots, J$ ). Общее число обслуживающих подсистем в КСИ определяется выражением



$$N = \sum_{j=1}^J \sum_{z_j=1}^{Z_j} i_{z_j}. \quad (4.2.1)$$

Как уже отмечалось, головной исполнитель совместно с комплексом предприятий – соисполнителей представляют собой единую совокупность, целью функционирования которой является обеспечение заданных характеристик бизнес-процессов ГИ при выполнении совместного проекта в рамках государственного контракта или оптимизация их при установленных ограничениях на допустимые величины параметров КСИ. Поэтому естественно, что задачи исследования подобных совокупностей состоят в определении ее характеристик по известным параметрам и структурам взаимодействующих ГИ и КСИ. Кроме этого, может быть сформулировано множество других типовых задач, возникающих на практике.

При формализованном описании структуры комплекса предприятий – соисполнителей часто достаточно ограничиться указанием количества обслуживающих подразделений ( $j$ ), каналов в каждом обслуживающем подразделении ( $z_j$ ) и обслуживающих подсистем в каждом канале ( $i_{z_j}$ ). Задавая эти параметры, можно описать систему почти произвольной структуры для любого вида обеспечения головного исполнителя результатами деятельности КСИ. При исследовании такого комплекса кроме структуры необходимо знать и параметры, характеризующие работу обслуживающих подсистем. Для описания функционирования комплекса предприятий – соисполнителей в рамках проекта часто можно ограничиться указанием интенсивности обслуживания заявок в каждой обслуживающей подсистеме, что позволяет типовым образом анализировать работу практически любых КСИ.

При исследовании подобных комплексов учитывается классификация видов (элементов) обеспечения по категориям, а параметры обслуживаемого предприятия – головного исполнителя оцениваются интенсивностями возникновения потребностей в таких элементах. Основные вопросы исследования КСИ при непрерывной схеме взаимодействия с головным исполнителем сводятся

к определению и оптимизации его структуры и параметров, и при обобщенной формулировке таких задач во многих случаях целесообразно использовать понятие «потенциал» ( $PL$ ) ГИ (одновременно и ИОС в целом), как оценку его способности достигать цели в сложившихся условиях. В общем случае

$$PL = \frac{N_{ц}}{N_{об}}, \quad (4.2.2)$$

где  $N_{ц}$  и  $N_{об}$  – количество «целевых» состояний ГИ и общее число возможных его состояний соответственно.

Фактические расчетные выражения для определения этого показателя могут существенно различаться в зависимости от назначения, типа и фактической структуры исследуемой ИОС. Перечень сформулированных выше проблем не исчерпывает всех трудностей, возникающих при изучении и описании непрерывной схемы взаимодействия КСИ с обеспечиваемым предприятием – головным исполнителем при совместном выполнении ими инновационных, исследовательских, производственных и иных проектов. Однако названные задачи достаточно полно отражают их специфику и могут служить основой для выбора возможных методов изучения и создания внешних предприятий – соисполнителей. При этом следует учитывать, что рассмотренные выше общие подходы в прямой постановке характерны для взаимодействия головного исполнителя с КСИ по одной (каждой) категории обеспечения, на практике же данный комплекс создается для обеспечения ГИ всей совокупностью необходимых категорий потребностей при осуществлении проектов по госконтрактам.

Традиционно для решения подобных задач применяются методы теории массового обслуживания, они позволяют изучать зависимости в системах посредством анализа числа заявок, возможных структур и количества обслуживающих подсистем, их производительности, а также существующих технологий работы и требований к функционированию КСИ и головного исполнителя. Анализ известных публикаций показывает, что указанные методы

часто вполне пригодны для решения таких задач, так как позволяют выявлять необходимые формализованные зависимости, которые затем могут служить инструментом разработки структуры и синтеза механизмов взаимодействия систем в подобных совокупностях. Рассматриваемые системы в большинстве случаев связаны между собой по нескольким видам обеспечения, и применение аппарата теории массового обслуживания к решению задач по каждому виду взаимодействия позволяет достаточно глубоко изучить работу предприятий – соисполнителей. Однако сведение полученных для каждого вида обеспечения моделей в единую комплексную модель и использование последней для оптимизации параметров совокупности «ГИ – КСИ» в условиях мультипроектной среды часто затруднительно.

Для формализованного анализа функционирования комплекса предприятий – соисполнителей при обеспечении выполнения проектов требуется однозначно описывать возможные его состояния, и одним из подходов является представление их в виде «двумерного массива состояний системы», общие принципы формирования которого подробно изложены в работе [93, с. 45-63]. Применительно к совокупности «ГИ – КСИ» технология описания может быть сформулирована таким образом. Число строк в массиве выбирается по числу обслуживающих подразделений КСИ, строки располагаются сверху вниз, а их порядок соответствует последовательности обслуживания заявки подразделениями. Элементы каждой строки характеризуют состояния подсистем обслуживающего подразделения: первый элемент слева представляет собой число заявок, находящихся в очереди перед обслуживающим подразделением, второй и последующие – количество заявок, находящихся на обслуживании в первых и последующих подсистемах этого подразделения соответственно. Общее число обслуживаемых заявок не превышает количество каналов обслуживания всех подразделений. Могут применяться и другие варианты кодировки состояний.

Составленный таким образом массив данных однозначно характеризует состояние КСИ, и с помощью него в компьютеризированной форме можно

анализировать и оптимизировать основные параметры системы: общее число заявок на обслуживание; количество заявок в подразделениях КСИ; число заявок в каждом обслуживающем подразделении; количество заявок в любых подсистемах любого обслуживающего подразделения; число заявок в очереди перед каждым подразделением; а также многие расчетные характеристики. Указанное кодирование позволяет применять следующий подход к формализованному описанию состояния комплекса предприятий – соисполнителей, аналогичный приведенному в [93, с. 60-79]. Первоначально составляется код, соответствующий отсутствию заявок. Он будет иметь столько строк, сколько обслуживающих подразделений в КСИ, в каждой строке будет содержаться столько нулей, сколько подсистем в каналах обслуживающего подразделения, соответствующего данной строке. Затем в каждой строке слева добавляется по одному нулю, указывающему на отсутствие очередей перед подразделениями.

После составления такого массива данных о состоянии КСИ для случая, когда заявки отсутствуют, описываются все состояния, соответствующие поступлению от головного исполнителя одной заявки на обслуживание. Полученные состояния принимаются за исходные, и рассматриваются состояния комплекса предприятий – соисполнителей при поступлении в него еще одной заявки, затем из полученных описаний состояний отбираются различающиеся между собой, которые вновь принимаются за исходные. Так повторяется пока не будут «перебраны» все состояния, соответствующие максимальному числу заявок в КСИ. Определение всех возможных состояний этого комплекса позволяет составлять при необходимости системы дифференциальных или алгебраических уравнений для вероятностей состояний, решения которых дают возможность оценивать параметры бизнес-процессов и характеристики состояний ГИ и сопоставлять с состояниями комплекса предприятий – соисполнителей при выполнении совместных проектов. Постановки и решения таких задач для отдельных применений приведены, в частности, в работах [41, с. 86-105; 93, с. 55-

81].

Решения указанных выше систем уравнений могут быть найдены аналитическими или численными методами. Если полученные в результате их решений характеристики неудовлетворительны, то необходимо изменить параметры КСИ или его структуру, повторно выполнить соответствующие расчеты и вновь оценить характеристики этих процессов. В общем случае рассмотренные подходы применимы к комплексам предприятий – соисполнителей, имеющих почти любую структуру, однако для практических применений чаще всего возникает необходимость изучать более простые структуры, представляющие собой совокупность типовых систем. Поэтому целесообразнее выполнять формализованные исследования КСИ со сравнительно элементарными и часто повторяющимися структурами. Такой подход позволяет многократно использовать на практике полученные результаты для анализа и синтеза аналогичных обслуживающих комплексов предприятий – соисполнителей в разных проектах для различных государственных контрактов, что значительно сокращает сложность, трудоемкость и стоимость работ, повышает их качество и рентабельность, а также гарантированность результата.

При непрерывной схеме взаимодействия заявки на обеспечение проектных работ посылаются рассматриваемым предприятием – головным исполнителем в КСИ при наступлении ключевых событий. Независимо от структуры комплекса предприятий – соисполнителей можно выделить несколько самостоятельных этапов, в результате завершения которых ГИ будет обеспечен требуемым элементом. Предполагая, что каналы передачи заявок обладают неограниченной пропускной способностью, рассмотрим этапы процесса выполнения заявки в КСИ. Наиболее существенными из них являются следующие:

1. Обработка поступившей заявки.
2. Изготовление контрактного элемента (конструктива) и контроль его качества.
3. Подготовка его к транспортированию.

4. Доставка элемента (конструктива) на предприятие – головной исполнитель проекта.

5. Установка его и проведение приемо-сдаточных испытаний.

Такая последовательность из пяти типовых этапов обычно соблюдается независимо от формы взаимодействия обслуживаемого и обслуживающих предприятий при выполнении проекта в рамках государственного контракта, могут быть и дополнительные этапы. Технологически ГИ отправляет заявку в КСИ, где она классифицируется и направляется той внешней системе обеспечивающего комплекса, которая выполнит ее дешевле, с требуемым качеством и в наилучшие сроки, при этом часто целесообразно переложить функции координатора распределения заявок на ГИ, обладающего большим объемом информации для принятия подобных решений.

Как правило, решение перечисленных задач обеспечивается КСИ и средствами специализированных подразделений ИОС, которые во многих случаях могут быть частями этого комплекса. Указанные пять этапов заявка проходит последовательно, обработка ее на каждом этапе осуществляется самостоятельными подразделениями, имеющими часто отличную от других структуру и фактически не подчиненными друг другу, поэтому в этом плане собственно влиянием каждого из подразделений на работу других можно пренебречь. Косвенно это подтверждается тем, что обычно многие подразделения КСИ осуществляют обработку заявок по большому числу различных номенклатур, а интенсивности обслуживания на каждом этапе и для различных типов заявок существенно отличаются и зависят от совершенно разных факторов.

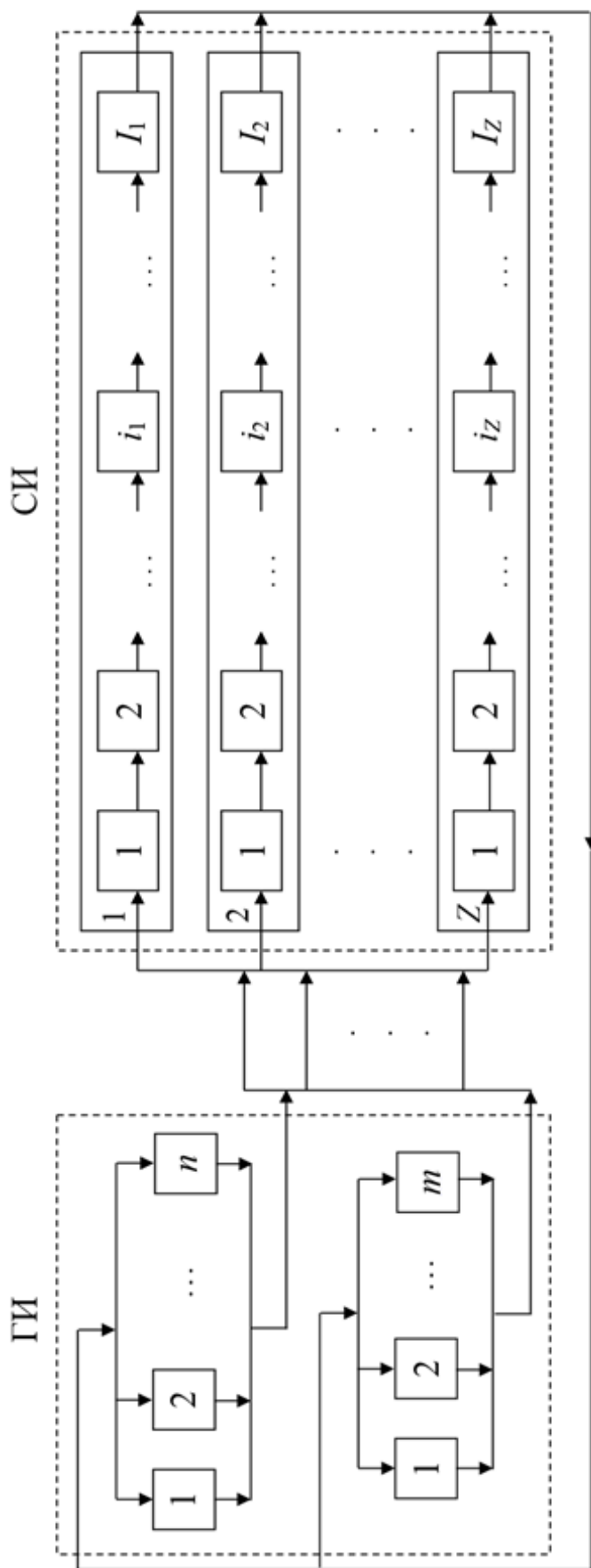
Если средняя интенсивность обслуживания в подразделении, обрабатывающем заявки, определяется главным образом его структурой и применяемыми технологиями, то интенсивность обеспечения ГИ будет также зависеть от количества СИ, обеспечивающих его однотипными элементами, способов доставки, характеристик сети дорог, расстояния между местами расположения ГИ и КСИ, наличия доступных технических средств доставки и

других особенностей. Могут быть учтены и другие «влияющие интенсивности» на каждом из указанных этапов, итоговым значением интенсивности обслуживания предприятия – головного исполнителя будет минимальная из них. Для эффективного управления процессом обеспечения проектных работ на рассматриваемом предприятии необходимо выявлять «узкие места» взаимодействующего с ней комплекса внешних экономических систем в плане соответствия его параметров предъявляемым требованиям, исходя из особенностей проекта или государственного контракта и, при необходимости, оптимизировать его параметры.

Одной из наиболее «комплексных» характеристик ГИ является его потенциал. В структурно сложной территориально-распределенной ИОС общий потенциал может состоять из нескольких локальных потенциалов, основными из которых могут быть следующие:

- обусловленный простоями производственно-технологического оборудования из-за отсутствия его отдельных конструктивных элементов или других необходимых элементов обеспечения;
- стоимостью различных видов обслуживания и ресурсов;
- стоимостью транспортных услуг по доставке элементов обеспечения;
- особенностями сбыта продукции или требований заказчика;
- особенностями территориального распределения структурных подразделений ИОС.

Рассмотрим схему (рис. 4.2.1) взаимодействия исследуемого предприятия как головного исполнителя проекта и одного соисполнителя из КСИ. При таком представлении  $n$  элементов являются основными,  $m$  элементов – резервными. Причем для полноценного функционирования ГИ необходимо, чтобы из группы основных элементов обязательно функционировало  $r$  элементов. При израсходовании любого из  $(n + m)$  элементов посылается заявка, причем в СИ она должна пройти пять указанных выше этапов, прежде чем предприятие – головной исполнитель будет обеспечено требуемым элементом.



Составлено автором на основе материалов [93].

Рис. 4.2.1.1. Схема взаимодействия предприятия – головного исполнителя проекта с одним предприятием – соисполнителем.



Каждый  $z$ -й канал СИ содержит  $I_z$  последовательно обслуживающих подразделений. Изменения в этой совокупности систем достаточно хорошо описываются типовой матрицей интенсивностей переходов из одних состояний в другие. Указанные интенсивности будут определяться средними интенсивностями приведения в нефункциональные состояния элементов основной и резервной групп ГИ, а также общей интенсивностью обслуживания в СИ. При такой формулировке задачи интенсивность приведения в нефункциональные состояния элементов ГИ ( $\Lambda_{k+1}$ ) может быть найдена из соотношений, приведенных в работе [93, с. 67-89]:

$$\Lambda_{k+1} = \begin{cases} n\lambda + (m-k)\omega & \text{при } 0 \leq k \leq m, \\ (n+m-k)\lambda & \text{при } m < k \leq n+m-r, \\ (n+m-k)\eta & \text{при } m+n-r < k \leq m+n, \end{cases} \quad (4.2.3)$$

где  $k$  – общее количество «нефункциональных» элементов в ГИ; интенсивности:  $\lambda$  и  $\omega$  – приведения в нефункциональные состояния элементов основной и резервной групп соответственно,  $\eta$  – приведения в нефункциональные состояния элементов основной группы при отсутствии минимально необходимого для нормального функционирования ГИ количества элементов резервной группы.

С учетом указанных выше пяти этапов выполнения заявки будут справедливы следующие выражения:

$$\mu_p = \begin{cases} p\mu & \text{при } p \leq b_p, \\ b_p\mu & \text{при } p > b_p, \end{cases} \quad \alpha_d = \begin{cases} d\alpha & \text{при } d \leq b_d, \\ b_d\alpha & \text{при } d > b_d, \end{cases} \quad \nu_q = \begin{cases} q\nu & \text{при } q \leq b_q, \\ b_q\nu & \text{при } q > b_q, \end{cases} \\ \xi_s = \begin{cases} s\xi & \text{при } s \leq b_s, \\ b_s\xi & \text{при } s > b_s, \end{cases} \quad \beta_x = \begin{cases} x\beta & \text{при } x \leq b_x, \\ b_x\beta & \text{при } x > b_x, \end{cases} \quad (4.2.4)$$

$$k = p + d + q + s + x \leq k_{\max},$$

где  $k_{\max} = n + m$ ; средние интенсивности:  $\mu$  – обработки поступивших заявок,  $\alpha$  – изготовления элемента (конструктива) и контроля его качества,  $\nu$  – подготовки элемента к транспортировке,  $\xi$  – доставки элемента в ГИ,  $\beta$  – установки элемента и проведения приемо-сдаточных испытаний; количества:  $p$  – обрабатываемых заявок,  $d$  – изготавливаемых элементов (конструктивов),  $q$  – элементов,

подготавливаемых к транспортировке,  $s$  – элементов, транспортируемых в ГИ,  $x$  – элементов, устанавливаемых в ГИ;  $b_p, b_d, b_q, b_s, b_x$  – коэффициенты, характеризующие пропускные способности соответствующих подразделений СИ.

Средние интенсивности обслуживания на каждом этапе определяются, исходя из функциональных возможностей соответствующих подразделений СИ, итоговая интенсивность обслуживания ГИ одним предприятием – соисполнителем будет равна минимальной из них:

$$\theta_{\text{ГИ/СИ}} = \min\{\mu_p, \alpha_d, \nu_q, \xi_s, \beta_x\}. \quad (4.2.5)$$

Для формализованного анализа процесса обслуживания ГИ при осуществлении проекта предположим, что изменения его состояния происходят в случайные моменты времени, и в каждый момент времени осуществляется только одно изменение. Тогда возможно применение известной и достаточно простой методики представления состояний СИ в зависимости от общего количества поступивших заявок и с учетом нахождения их на различных этапах выполнения (табл. 7.1).

Таблица 7.1. Описание состояний предприятия – соисполнителя

$k$	Количество заявок в подсистемах СИ				
	$p$	$d$	$q$	$s$	$x$
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
	1	1	0	0	0
	1	0	1	0	0
	1	0	0	1	0
	1	0	0	0	1
2	2	0	0	0	0
	0	2	0	0	0
	0	0	2	0	0
	0	0	0	2	0
	0	0	0	0	2

$k$	Количество заявок в подсистемах СИ				
	$p$	$d$	$q$	$s$	$x$
	1	1	0	0	0
	0	1	1	0	0
	0	0	1	1	0
	0	0	0	1	1
	1	0	1	0	0
	0	1	0	1	0
	0	0	1	0	1
	1	0	0	1	0
	0	1	0	0	1
	1	0	0	0	1
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
	0	$k_{\max}$	0	0	0
	0	0	$k_{\max}$	0	0
	0	0	0	$k_{\max}$	0
	0	0	0	0	$k_{\max}$
	0	$k_{\max} - 1$	1	0	0
	0	$k_{\max} - 1$	0	1	0
	0	$k_{\max} - 1$	0	0	1
	0	$k_{\max} - 2$	2	0	0
	0	$k_{\max} - 2$	0	2	0
	0	$k_{\max} - 2$	0	0	2
	0	$k_{\max} - 2$	1	1	0
	0	$k_{\max} - 2$	0	1	1
	0	$k_{\max} - 2$	1	0	1
	.	.	.	.	.

$k$	Количество заявок в подсистемах СИ				
	$p$	$d$	$q$	$s$	$x$
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	0	0	0	0	$k_{\max}$

Составлено автором.

Описание состояний предприятия – соисполнителя выполняется поэтапно, для этого значения  $k$  последовательно принимают равными  $0, 1, 2, \dots, k_{\max}$  и при каждом находят возможные состояния СИ с использованием рассмотренного выше способа построения «двумерного массива состояний системы». Полученный массив представляет собой совокупность всех возможных состояний этого соисполнителя (при этом значения параметров  $p, d, q, s, x$  – целые неотрицательные числа). Однако при большом количестве различных видов (категорий) обеспечения исследуемой ИОС нахождение решения таким способом может оказаться очень трудоемким.

Возможно применение другого способа определения вероятности любого состояния СИ при произвольном  $k_{\max}$ , аналогичного предложенному в работе [93, с. 74-88] для другого типа систем. Указанная вероятность рассчитывается по формуле

$$P_{pdqsx} = \frac{\prod_{k=0}^{p+d+q+s+x-1} \Lambda_{k+1}}{\prod_{i=0}^p \mu_i \prod_{u=0}^d \alpha_u \prod_{j=0}^q \nu_j \prod_{h=0}^s \xi_h \prod_{e=0}^x \beta_e} \cdot P_{00000} \quad (4.2.6)$$

при  $p + d + q + s + x \neq 0$  и  $\mu_0 = \alpha_0 = \nu_0 = \xi_0 = \beta_0 = 1$ .

Далее может быть рассчитана вероятность стабильного функционирования СИ как вероятность состояния  $P_{00000}$  из предположения, что отсутствие очередей перед всеми его структурными подразделениями свидетельствует о правильности определения параметров. По результатам расчета вероятностей всех возможных состояний СИ в стационарном режиме функционирования можно вычислить локальный потенциал головного исполнителя, обусловленный деятельностью

конкретного СИ при непрерывной схеме их взаимодействия:

$$PL_{\text{ГИ/СИ}}^L = \prod_{a=1}^A \left[ 1 - \sum_{p=1}^{m+n} \sum_{d=1}^{m+n} \sum_{q=1}^{m+n} \sum_{s=1}^{m+n} \sum_{x=1}^{m+n} P_{apdqsx} \right] \cdot DV_{\text{рез.оц.с}} \quad (4.2.7)$$

при  $p + d + q + s + x \neq 0$ ,

где  $a$  – наименование (номер) категории обеспечения;  $A$  – количество различных видов таких категорий;  $DV_{\text{рез.оц.с}}$  – достоверность результатов оценивания состояния системы (метод расчета рассмотрен в п. 1.3).

Определение вероятностей состояний СИ позволяет оценивать производственно-технологические характеристики экономической системы «ГИ – СИ» при осуществлении проектов для контроля достижения ключевых индикаторов государственного контракта, а также локальные потенциалы относительно каждой категории элементов обеспечения. Модели с достаточно большим количеством этапов дают возможность более детально изучить процесс выполнения заявок, что позволяет более целенаправленно управлять СИ, однако такие модели достаточно сложны и часто дорогостоящи, а с увеличением числа этапов обслуживания также может ухудшаться точность расчетов.

Любые подразделения СИ имеют ограниченную пропускную способность, и интенсивность поставки головному исполнителю необходимых элементов обеспечения не может быть больше интенсивности обслуживания в «наихудшем» в последовательной цепочке структурном подразделении. Соответственно при определении необходимых характеристик предприятия – соисполнителя интенсивности обслуживания его подразделений должны согласовываться с интенсивностями потребления элементов головным исполнителем. В случае недостаточности обеспечения от одного СИ для полноценного осуществления проекта обычно создается комплекс из нескольких соисполнителей, и, если каждый из них в обычных условиях будет функционировать не на пределе своих возможностей, это будет дополнительно способствовать повышению гарантированности обеспечения ГИ (увеличению его общего потенциала) при возникновении непредвиденных ситуаций, что важно при осуществлении особо

ответственных государственных контрактов.

Выше были рассмотрены подходы к оцениванию состояния и отдельных параметров СИ при пятиэтапном обслуживании. На практике в общем случае для обеспечения бизнес-процессов ГИ удовлетворение заявок на элементы может осуществляться при произвольном числе этапов, в этих случаях аналогичные методы также применимы. Подробно подобные подходы к описанию состояния системы рассмотрены в работе [93, с. 83-97].

Рассмотренная модель экономической системы «ГИ – один СИ» в терминах теории массового обслуживания может рассматриваться на макроуровне как одноканальная система. Она достаточно удобна для анализа взаимодействия предприятий со стороны соисполнителя, но с позиции ГИ ограниченно отражает фактическую ситуацию и не всегда может быть применена в прямой постановке. Анализ возникающих на практике ситуаций показывает, что в таких случаях целесообразно применение многоканальных моделей «ГИ – несколько СИ». Фактически, когда интенсивность обслуживания в СИ оказывается меньше интенсивности перехода в нефункциональные состояния технологических элементов головного исполнителя или интенсивности его «развития и расширения», приводящих к увеличению потребностей в этих элементах, приходится организовывать обслуживание по нескольким независимым каналам, часто для каждой категории элементов.

На макроуровне с помощью многоканальных моделей «ГИ – несколько СИ» могут изучаться территориально распределенные ИОС при выполнении ими проектов или НИОКР в рамках государственных контрактов. Формализовано задача исследования может быть сформулирована аналогично предыдущей. Имеется предприятие – головной исполнитель проекта, включающее в себя  $n$  основных и  $m$  резервных технологических элементов. Ее деятельность считается удовлетворительной, если функционирует не менее  $r$  элементов. При переходе части из них в нефункциональное состояние или при «развитии и расширении» ГИ по заявкам выполняется обеспечение внешним комплексом нескольких

предприятий – соисполнителей с ограниченным числом каналов и поэтапной обработкой этих заявок.

Качество функционирования исследуемого предприятия – головного исполнителя может оцениваться вероятностью одновременного функционирования не менее чем  $r$  структурных элементов. Если же на основе такой модели требуется исследовать качество деятельности КСИ, то критерием может быть соответствующий локальный потенциал головного исполнителя относительно этого КСИ. Структура такой экономической системы может быть представлена в виде ГИ и обеспечивающего его комплекса предприятий – соисполнителей (рис. 4.2.2). Этот комплекс состоит из  $G$  территориально распределенных соисполнителей как каналов обслуживания ( $g = 1, 2, \dots, G$ ), типовая внутренняя структура каждого из которых аналогична приведенной на рис. 4.2.1. Иными словами, на макроуровне вся экономическая система «ГИ – КСИ» может быть описана как многоканальная система, причем взаимодействие с каждым СИ – одноканальное. На микроуровне взаимодействие головного исполнителя проекта с каждым соисполнителем в отдельности также является многоканальным, а для каждой категории элементов обеспечения с одним СИ – одноканальным.

Для повышения гарантированности обеспечения ГИ функционирование КСИ организовано так, что элементами одной и той же категории головной исполнитель может обеспечиваться от разных СИ, при этом каждый из указанных соисполнителей в общем случае имеет «собственные» обеспечивающие его предприятия. При переходе в нефункциональное состояние, израсходовании любого из  $(n + m)$  технологических элементов или по мере «развития и расширения» ГИ посылает заявку в КСИ на обеспечение, она может быть принята к обслуживанию в любом свободном канале или, при отсутствии такового, поставлена в очередь. Заявки ставятся в очередь по мере поступления и приоритетом не пользуются, по мере освобождения каналов они принимаются к обслуживанию также в порядке поступления.

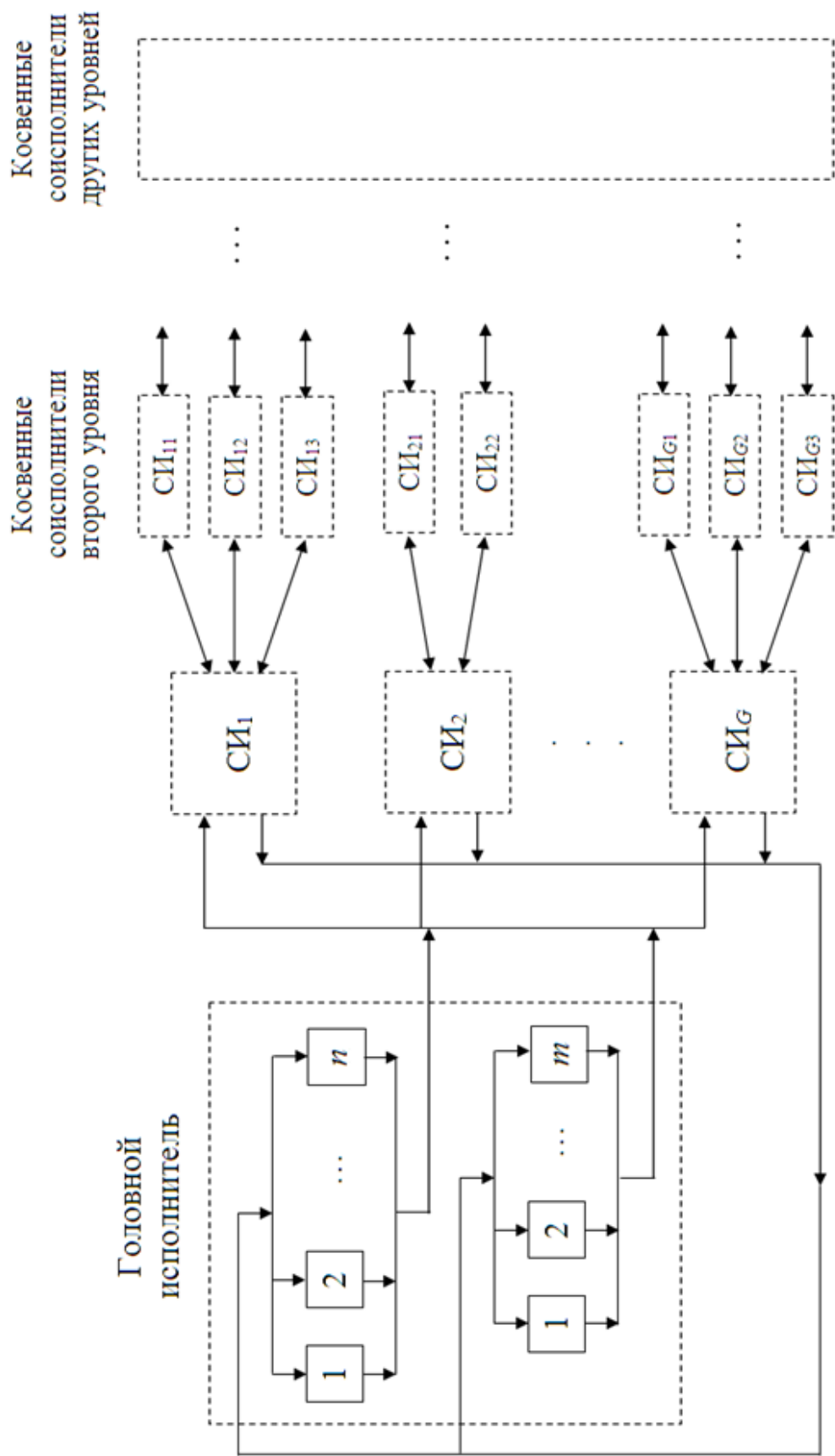


Рис. 4.2.2. Схема взаимодействия предприятия – головного исполнителя проекта с комплексом нескольких предприятий – соисполнителей.

Составлено автором на основе материалов [93].



С позиции головного исполнителя интенсивности обслуживания заявок в КСИ определяются по аналогии с вышеприведенной одноканальной схемой взаимодействия. Тогда итоговая интенсивность обслуживания головного исполнителя по каждому виду обеспечения рассчитывается так:

$$\theta_{\text{ГИ/КСИ}} = \sum_{g=1}^G \min\{\mu_p, \alpha_d, \nu_q, \xi_s, \beta_x\}. \quad (4.2.8)$$

Вероятности конкретных состояний КСИ рассчитываются с помощью рекуррентных соотношений аналогично (4.2.6), затем может быть определена вероятность стабильного функционирования комплекса предприятий – соисполнителей проекта. По результатам исследования целесообразно оценить потенциал головного исполнителя по всем существующим видам обеспечения  $\omega$  ( $\omega = 1, 2, \dots, \Omega$ ) относительно КСИ в целом:

$$PL_{\text{ГИ/КСИ}} = \left[ \prod_{\omega=1}^{\Omega} f_{\omega}(\theta_{\text{ГИ/КСИ};\omega}; PL_{\text{ГИ/СИ};\omega}^{\Pi}) \right] \cdot D_{\text{рез.оц.с}}, \quad (4.2.9)$$

где  $f_{\omega}$  – вероятность полноценного обеспечения головного исполнителя  $\omega$ -м видом элементов, определяемая экспертными или статистическими методами.

В более «унифицированном» виде отдельно по каждому виду обеспечения указанный потенциал может быть рассчитан по формуле:

$$PL^{\Pi} = \frac{\sum_{e=1}^E N_e^{\Pi}}{N_{\text{об}}}, \quad (4.2.10)$$

где  $N_e^{\Pi}$  и  $N_{\text{об}}$  – соответственно количество «целевых» состояний, определяемых  $e$ -м каналом обслуживания КСИ, и общее число возможных состояний этого комплекса.

Расчет локальных потенциалов предприятия – головного исполнителя по каждому виду обеспечения позволяет решать основные задачи анализа и синтеза КСИ, в частности определение при выбранной структуре последнего необходимых интенсивностей обслуживания его подразделений. Широкий круг таких задач целесообразно решать, предварительно установив приоритеты целей

реализуемого проекта, особенности функционирования КСИ и ГИ в условиях конкретного государственного контракта, возможные границы изменения структур и параметров участвующих предприятий [214].

Как и при решении любых задач синтеза, рассмотренные подходы являются лишь основой для определения числовых характеристик моделей. В процессе их реализации необходимо стараться постоянно анализировать и улучшать организационные структуры, а также технологические, стоимостные и иные характеристики бизнес-процессов системы «ГИ – КСИ». Для сопоставления различных вариантов моделей в общем случае целесообразно выбирать в качестве глобальных стоимостные критерии и с их помощью оптимизировать совокупность производственно-технологических, временных, организационных и иных характеристик комплекса предприятий – соисполнителей. Однако для отдельных видов проектов и государственных контрактов, реализуемых такой экономической системой, в качестве глобальных естественно использовать временные или технико-технологические критерии.

#### **4.3. Формализованные подходы к взаимной адаптации структур и параметров предприятий при совместном выполнении долговременного госконтракта**

С позиции поддержки решений по управлению процессом выполнения несколькими предприятиями совместного проекта в рамках государственного контракта можно выделить два основных класса задач определения их параметров. Первый в обобщенном виде формулируется следующим образом: проектируемое предприятие как головной исполнитель проекта должен взаимодействовать с известным комплексом внешних предприятий – соисполнителей, и необходимо определить параметры структурных подразделений ИОС, так чтобы потенциал ГИ был не менее заданного. Второй класс: КСИ с заданной структурой должен полноценно обеспечивать известное предприятие как головного исполнителя проекта, и необходимо определить

параметры этого комплекса предприятий – соисполнителей, так чтобы потенциал ГИ был не менее заданного. Причем, когда по тем или иным критериям уже сформулирована общая концепция структуры КСИ, возникает задача определения неизвестных их параметров по заданной структуре и характеристикам головного исполнителя. Для обычно используемой поэтапной схемы обслуживания глубина синтеза может быть различной, что определяется особенностями исходных данных и целью исследования. Соответственно параметры такой совокупности систем целесообразно разделить на две группы:

1) характеристики структуры и параметры обслуживаемого предприятия – головного исполнителя;

2) характеристики структуры и параметры обслуживающего его комплекса предприятий – соисполнителей.

Под структурой обслуживаемого ГИ понимается число входящих в его состав производственно-технологических элементов определенного вида ( $n$ ), минимальное число таких элементов ( $r$ ), пригодность к функционированию и обеспеченность ресурсами которых обуславливают нормальное осуществление бизнес-процессов в рамках проекта, а также необходимое количество резервных элементов ( $m$ ). С этих позиций параметры головного исполнителя определяются в основном интенсивностями приведения в нефункциональные состояния, израсходования или возникновения потребностей в дополнительных указанных элементах. Структура КСИ характеризуется числом этапов и количеством независимых каналов обслуживания, а параметры – интенсивностью обслуживания на каждом этапе. Совокупность «ГИ – КСИ» как единая экономическая система может характеризоваться локальными потенциалами головного исполнителя по каждому направлению деятельности (например, по каждому выполняемому проекту или каждому этапу долговременного проекта). При постановке таких задач чаще всего «внешние» характеристики ГИ считаются заданными, и на их основе определяются параметры обслуживающего комплекса предприятий – соисполнителей. Подобный подход может использоваться при

синтезе КСИ и для уже функционирующего, и для вновь проектируемого головного исполнителя.

При создании комплекса предприятий – соисполнителей в процессе проектирования ГИ многие из указанных параметров могут выбираться. При этом целесообразно задавать необходимые характеристики бизнес-процессов ГИ и осуществлять синтез по стоимостным критериям, например, минимизацию издержек при заданном потенциале или максимизацию этого потенциала в рамках имеющегося финансового обеспечения. Если головной исполнитель уже существует и возникла необходимость создания для него КСИ, то синтез при заданной структуре ГИ будет направлен на обеспечение требуемых характеристик, например, локального потенциала головного исполнителя по определенному направлению деятельности. Принимая во внимание, что параметры ГИ и его бизнес-процессов известны, а общая концепция структуры КСИ определена, решение такой задачи частично может быть осуществлено за счет определения необходимого количества резервных элементов производственно-технологического оборудования ( $m$ ), числа и производительности обслуживающих подразделений КСИ. Поскольку расчеты в этом случае ведутся для уже существующего ГИ, можно полагать, что интенсивности приведения в нефункциональные состояния, израсходования или возникновения потребностей в дополнительных указанных элементах известны.

В большинстве случаев расходы на содержание комплекса предприятий – соисполнителей ограничены условиями реализации проекта или государственного контракта, и возникает необходимость в оптимизации характеристик ГИ. В этом плане можно выделить постановки основных типовых задач, приведенные ниже. Сформулируем их в обобщенном виде для уже описанной ситуации, когда рассматриваемое предприятие совместно с другими (внешними) предприятиями осуществляют несколько долгосрочных проектов в рамках государственного контракта, причем выполняет их в качестве головного исполнителя (ГИ), остальные предприятия – в качестве соисполнителей (СИ). Для

формализованного описания введем следующие обозначения:

$\delta_z$  – средняя производительность  $z$ -го СИ при выполнении проектных работ по заданию ГИ;

$Z_j$  – количество независимых СИ, взаимодействующих с ГИ по тематическому направлению  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ );

$\alpha_v$  – средняя интенсивность использования результатов работ всех СИ (и возникновения потребности в новых результатах) в  $v$ -м проекте ГИ ( $v = 1, 2, \dots, V$ );

$I_j$  – количество подразделений в одном СИ, участвующих в проекте с ГИ по  $j$ -му тематическому направлению;

$n_v, m_v$  – количество основных и вспомогательных (соответственно) подразделений ГИ, участвующих в  $v$ -м проекте;

$K_n, K_m$  – среднее число проектов ГИ, в которых участвуют одни и те же основные и вспомогательные (соответственно) его подразделения;

$C_{СИ(z)}, S_{СИ(z)}$  – затраты на создание и текущее (за выбранный период) функционирование  $z$ -го СИ соответственно;

$C_{СИ(z)}^{доп}, S_{СИ(z)}^{доп}$  – максимально допустимые объемы этих затрат;

$C_{ГИ}, S_{ГИ}$  – затраты на создание и текущее (за выбранный период) функционирование ГИ соответственно;

$C_{ГИ}^{доп}, S_{ГИ}^{доп}$  – максимально допустимые объемы этих затрат;

$C_a^n$  и  $S_a^n$  – стоимости создания и функционирования (за выбранный период) основных подразделений ГИ соответственно;

$C_b^m$  и  $S_b^m$  – стоимости создания и функционирования (за выбранный период) вспомогательных подразделений ГИ соответственно;

$a$  и  $b$  – условные номера (наименования) основных ( $a=1, 2, \dots, A$ ) и вспомогательных ( $b=1, 2, \dots, B$ ) подразделений ГИ [93, с. 89-102; 215].

### Формулировки постановок типовых задач

*Задача 1.* Необходимо определить характеристики структуры и параметры подразделений проектируемого ГИ, выполнение проектов которого будет осуществляться совместно с известными внешними предприятиями – соисполнителями, так чтобы общий потенциал предприятия – головного исполнителя для осуществления всех проектов был максимальным при затратах на ее создание и функционирование не выше заданных. Формализованная постановка задачи:

$$PL_{ГИ}^{ОПТИМ} = \max PL_{ГИ}(n_v, m_v, \alpha_v, V, K_n, K_m) \quad (4.3.1)$$

при ограничениях:  $v=1,2,\dots,V$ ;  $C_{ГИ} \leq C_{ГИ}^{ДОП}$ ;  $S_{ГИ} \leq S_{ГИ}^{ДОП}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;  $\delta_z = \text{const}$  для  $z=1,2,\dots,Z$ ;  $j=1,2,\dots,J$ .

*Задача 2.* Необходимо определить минимальное количество внешних предприятий – соисполнителей проектов и обслуживающих подразделений в них, чтобы при известных производительностях и стоимостях создания таких подразделений, а также известной структуре и параметрах предприятия – головного исполнителя общий потенциал последнего для выполнения всех проектов был не менее заданного. Формализованная постановка задачи:

$$C_{СИ(\Sigma)}^{ОПТИМ} = \min \sum_{z=1}^{Z_j} C_{СИ(z)}(I_j, Z_j, C_i) \quad (4.3.2)$$

при ограничениях:  $j=1,2,\dots,J$ ;  $PL_{ГИ} \geq PL_{ГИ}^{ДОП}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$ ;  $\delta_z = \text{const}$ ;

$n_v = \text{const}$ ;  $m_v = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $Z \geq \frac{\sum_{v=1}^V \alpha_v}{\delta_z}$  для  $v=1,2,\dots,V$ ;  $z=1,2,\dots,Z$ ,

где  $C_{СИ(z)} = I \cdot C_{СИ(iz)}$  – затраты на создание  $z$ -й СИ;  $C_{СИ(iz)}$  – затраты на создание  $i$ -го подразделения  $z$ -й СИ ( $i=1, 2, \dots, I$ ).

*Задача 3.* Проектируемое предприятие – головной исполнитель в процессе выполнения проектов должен взаимодействовать с известными внешними предприятиями – соисполнителями. Необходимо определить характеристики

создаваемого ГИ, так чтобы стоимость его не превышала заданную, а общий потенциал был максимальным. Формализованная постановка задачи:

$$PL_{ГИ}^{опт\им} = \max PL_{ГИ}(n_v, m_v, \alpha_v, V, K_n, K_m) \quad (4.3.3)$$

при ограничениях:  $C_{ГИ} \leq C_{ГИ}^{доп}$ ;  $S_{ГИ} \leq S_{ГИ}^{доп}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $\delta_z = \text{const}$  для  $j=1, 2, \dots, J$ ;  $z=1, 2, \dots, Z$ .

*Задача 4.* Определить необходимое число предприятий – соисполнителей и обслуживающих подразделений в них, чтобы при известной производительности этих подразделений и заданных структуре и параметрах предприятия – головного исполнителя общий потенциал последнего для выполнения всех проектов был максимальным, а затраты на создание и функционирование каждого СИ не больше заданных. Формализованная постановка задачи:

$$PL_{ГИ}^{опт\им} = \max PL_{ГИ}(I_j, Z_j) \quad (4.3.4)$$

при ограничениях:  $j=1, 2, \dots, J$ ;  $C_{СИ(z)} \leq C_{СИ(z)}^{доп}$ ;  $S_{СИ(z)} \leq S_{СИ(z)}^{доп}$ ;  $\delta_z = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $n_v = \text{const}$ ;  $m_v = \text{const}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$  для  $z=1, 2, \dots, Z$ ;  $v=1, 2, \dots, V$ .

*Задача 5.* Предприятия – соисполнители с известной структурой должны участвовать в выполнении проектов с заданным ГИ. Необходимо определить параметры всех СИ, так чтобы затраты на создание и функционирование каждой из них были не более заданных, а общий потенциал предприятия – головного исполнителя для осуществления всех проектов был максимальным. Формализованная постановка задачи:

$$PL_{ГИ}^{опт\им} = \max PL_{ГИ}(\delta_z) \quad (4.3.5)$$

при ограничениях:  $z=1, 2, \dots, Z$ ;  $C_{СИ(z)} \leq C_{СИ(z)}^{доп}$ ;  $S_{СИ(z)} \leq S_{СИ(z)}^{доп}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$  для  $j=1, 2, \dots, J$ .

*Задача 6.* При известных параметрах и структуре всех предприятий – соисполнителей необходимо определить минимальное количество основных и

вспомогательных подразделений ГИ при известных их параметрах, так чтобы потенциал предприятия – головного исполнителя для выполнения всех проектов был максимальным, а затраты на содержание ресурсов, соответствующих применяемым технологиям производства, не превышали заданных.

Формализованная постановка задачи:

$$PL_{ГИ}^{опт} = \max PL_{ГИ}(n_v, m_v) \quad (4.3.6)$$

при ограничениях:  $v=1,2,\dots,V$ ;  $S_p \leq S_p^{доп}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;

$\delta_z = \text{const}$  для  $z=1,2,\dots,Z$ ;  $j=1,2,\dots,J$ ,

где  $S_p$ ,  $S_p^{доп}$  – затраты на содержание указанных ресурсов и максимально допустимый объем этих затрат соответственно.

*Задача 7.* Известны параметры основных подразделений и необходимый общий потенциал головного исполнителя, известны общие концепции структур ГИ и всех предприятий – соисполнителей. Для обеспечения заданного значения этого потенциала необходимо определить минимальное число вспомогательных подразделений в ГИ, минимальное количество обслуживающих подразделений в каждом СИ и соответствующую минимальную производительность выполнения ими проектных работ с учетом затрат на создание и функционирование.

Формализованная постановка задачи:

$$\delta_z^{опт} = \min \delta_z(I_j, m_v, C_{СИ(z)}, S_{СИ(z)}, C_{av}^n) \quad (4.3.7)$$

при ограничениях:  $j=1,2,\dots,J$ ;  $z=1,2,\dots,Z$ ;  $a=1,2,\dots,A$ ;  $n_v = \text{const}$ ;

$PL_{ГИ} \geq PL_{ГИ}^{доп}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$  для  $v=1,2,\dots,V$ .

*Задача 8.* При известных параметрах и структуре всех предприятий – соисполнителей необходимо определить количество основных и вспомогательных подразделений ГИ при известных их параметрах, чтобы суммарная стоимость их создания и функционирования была минимальной, а общий потенциал предприятия – головного исполнителя для выполнения всех



проектов был не менее заданного. Формализованная постановка задачи:

$$(C_{\text{ГИ}} + S_{\text{ГИ}})^{\text{оптим}} = \min [ C_{\text{ГИ}}(n_v, m_v, u_v, V, K_n, K_m) + S_{\text{ГИ}}(n_v, m_v, u_v, V, K_n, K_m) ] \quad (4.3.8)$$

при ограничениях:  $v = 1, 2, \dots, V$ ;  $PL_{\text{ГИ}} \geq PL_{\text{ГИ}}^{\text{доп}}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $\delta_z = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$  для  $z = 1, 2, \dots, Z$ ;  $j = 1, 2, \dots, J$ ,

где  $u_v$  – издержки  $v$ -го проекта.

*Задача 9.* Частично известны общая структура и параметры подразделений ГИ, известны структуры всех предприятий – соисполнителей и их параметры, задан общий потенциал предприятия – головного исполнителя. Необходимо найти минимальное количество основных подразделений в ГИ ( $n_v$ ), участвующих в каждом  $v$ -м проекте, с учетом стоимостей их создания и функционирования, при которых будет обеспечиваться заданный потенциал. Формализованная постановка задачи:

$$n_v^{\text{оптим}} = \min n_v (C_{av}^n, S_{av}^n) \quad (4.3.9)$$

при ограничениях:  $j = 1, 2, \dots, J$ ;  $PL_{\text{ГИ}} \geq PL_{\text{ГИ}}^{\text{доп}}$ ;  $m_v = \text{const}$ ;  $C_{bv}^m = \text{const}$ ;  $S_{bv}^m = \text{const}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;  $\delta_z = \text{const}$ ;  $a = 1, 2, \dots, A$ ;  $b = 1, 2, \dots, B$  для  $v = 1, 2, \dots, V$ .

*Задача 10.* Необходимо определить характеристики структуры и параметры подразделений всех предприятий – соисполнителей, так чтобы при совместном с известным головным исполнителем выполнении проектов общий потенциал последнего был максимальным, а объемы затрат на создание и функционирование каждого СИ не превосходили заданных величин. Формализованная постановка задачи:

$$PL_{\text{ГИ}}^{\text{оптим}} = \max PL_{\text{ГИ}}(I_j, Z_j, \delta_z) \quad (4.3.10)$$

при ограничениях:  $j = 1, 2, \dots, J$ ;  $z = 1, 2, \dots, Z$ ;  $C_{\text{СИ}(z)} \leq C_{\text{СИ}(z)}^{\text{доп}}$ ;  $S_{\text{СИ}(z)} \leq S_{\text{СИ}(z)}^{\text{доп}}$ ;  $n_v = \text{const}$ ;  $m_v = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$  для  $v = 1, 2, \dots, V$ .

*Задача 11.* Частично известны общая структура ГИ и параметры его подразделений, известны структуры всех СИ и схема взаимодействия их с ГИ, задан общий потенциал головного исполнителя. Необходимо определить минимальное количество вспомогательных подразделений в ГИ и минимальную суммарную производительность выполнения проектных работ обслуживающими подразделениями всех предприятий – соисполнителей с учетом затрат на создание и функционирование ГИ и СИ, при которых будет обеспечен заданный потенциал. Формализованная постановка задачи:

$$\delta^{\text{оптим}} = \min \sum_{z=1}^{Z_j} \delta_z(m_v, C_{\text{СИ}(z)}, S_{\text{СИ}(z)}, C_{\text{ГИ}}, S_{\text{ГИ}}) \quad (4.3.11)$$

при ограничениях:  $j = 1, 2, \dots, J$ ;  $PL_{\text{ГИ}} \geq PL_{\text{ГИ}}^{\text{доп}}$ ;  $n_v = \text{const}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;  $m_v \leq m_v^{\text{доп}}$  для  $v = 1, 2, \dots, V$ .

*Задача 12.* Частично известны общая структура и параметры подразделений ГИ, известны структуры всех предприятий – соисполнителей и их параметры, задан общий потенциал головного исполнителя. Необходимо найти минимальное количество вспомогательных подразделений в ГИ ( $m_v$ ), участвующих в каждом  $v$ -м проекте, с учетом стоимостей их создания и функционирования, при которых будет обеспечиваться заданный потенциал. Формализованная постановка задачи:

$$m_v^{\text{оптим}} = \min m_v(C_{bv}^m, S_{bv}^m) \quad (4.3.12)$$

при ограничениях:  $j = 1, 2, \dots, J$ ;  $PL_{\text{ГИ}} \geq PL_{\text{ГИ}}^{\text{доп}}$ ;  $n_v = \text{const}$ ;  $C_{av}^n = \text{const}$ ;  $S_{av}^n = \text{const}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$ ;  $\delta_z = \text{const}$ ;  $a = 1, 2, \dots, A$ ;  $b = 1, 2, \dots, B$  для  $v = 1, 2, \dots, V$ .

*Задача 13.* Известны характеристики ГИ, параметры и количество его основных и вспомогательных подразделений и общий потенциал, определены общие концепции структур всех предприятий – соисполнителей. Для обеспечения заданного потенциала необходимо найти минимальное количество независимых

СИ и минимальную суммарную производительность выполнения ими проектных работ с учетом затрат на создание и функционирование каждого СИ. Формализованная постановка задачи:

$$\delta^{\text{оптим}} = \min \sum_{z=1}^{Z_j} \delta_z(Z_j, C_{\text{СИ}(z)}, S_{\text{СИ}(z)}) \quad (4.3.13)$$

при ограничениях:  $j=1,2,\dots,J$ ;  $z=1,2,\dots,Z$ ;  $PL_{\text{ГИ}} \geq PL_{\text{ГИ}}^{\text{доп}}$ ;  $n_v = \text{const}$ ;  $m_v = \text{const}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$  для  $v=1,2,\dots,V$ .

*Задача 14.* Известны структура ГИ, параметры и количество основных и вспомогательных его подразделений, задан его общий потенциал, известны структуры всех предприятий – соисполнителей. Необходимо определить минимально допустимую производительность выполнения проектных работ отдельными обслуживающими подразделениями анализируемых СИ с учетом затрат на их создание и функционирование, обеспечивающую заданный потенциал головного исполнителя. Формализованная постановка задачи:

$$\delta_z^{\text{оптим}} = \min \delta_z(C_{\text{СИ}(z)}, S_{\text{СИ}(z)}) \quad (4.3.14)$$

при ограничениях:  $j=1,2,\dots,J$ ;  $J = \text{const}$ ;  $PL_{\text{ГИ}} \geq PL_{\text{ГИ}}^{\text{доп}}$ ;  $n_v = \text{const}$ ;  $m_v = \text{const}$ ;  $K_n = \text{const}$ ;  $K_m = \text{const}$ ;  $\alpha_v = \text{const}$ ;  $V = \text{const}$ ;  $I_j = \text{const}$ ;  $Z_j = \text{const}$  для  $v=1,2,\dots,V$  [215].

Выделим особенности решения сформулированных задач применительно к выполнению интегрированной организационной структурой «ГИ – КСИ» длительного проекта (нескольких проектов) в рамках государственного контракта. Используя полученное ранее соотношение (4.2.7), можно рассчитать локальный (по рассматриваемому направлению деятельности) потенциал ГИ и сравнить его с заданным, при этом возможны три основных варианта. 1) Если заданный локальный потенциал больше расчетного, то без изменения параметров обслуживающего КСИ задача синтеза, скорее всего, не может быть решена.

2) Если заданный локальный потенциал приблизительно равен расчетному, то цель достигнута и исследование на этом завершается. 3) Если заданный локальный потенциал меньше расчетного, то для снижения издержек функционирования КСИ целесообразно ухудшить, например, уровень «технологического резервирования» или аналогичную характеристику в пределах областей допустимых значений параметров, границы которых обычно известны. При необходимости можно скорректировать ограничения и повторить решение.

Если известна структура обслуживающего КСИ, но неизвестны его параметры, такая задача может быть решена аналогичным способом, при этом в соответствии с экономическими, техническими, технологическими, временными, организационно-штатными или иными критериями определяется максимально возможная производительность обслуживающих подразделений КСИ, а затем – расчетный локальный потенциал. Также возможны три варианта решения, для двух из них – не отличаются от вышеописанных. В случае если при максимальной производительности обслуживающих подразделений КСИ расчетный локальный потенциал головного исполнителя проекта оказывается существенно выше заданного, то с целью снижения издержек производительность подразделений может быть уменьшена до уровня, чтобы только обеспечить заданное значение локального потенциала. При необходимости также возможно изменить ограничения и повторить решение.

Для определения производительности обслуживающих подразделений КСИ и объема поставляемых главному исполнителю видов обеспечения условия сформулированной выше задачи необходимо дополнить указанием глобального критерия оптимальности. Если не существует других обязательных условий выполнения государственного контракта, то в большинстве случаев в качестве такого критерия целесообразно использовать стоимостной, при необходимости дополняя его другими. Порядок расчетов может быть таким. Сначала устанавливаются ограничения на максимально возможный объем поставляемого обеспечения и наибольшую производительность обслуживающих подразделений

КСИ. С использованием полученных данных рассчитывается локальный потенциал головного исполнителя проекта и сопоставляется с заданным, при этом может встретиться один из трех описанных выше вариантов. В двух из них принятие решения также не вызывает затруднений, в случае, когда расчетный потенциал оказывается выше заданного, необходимо найти такие величины объема поставляемого ГИ обеспечения и производительностей обслуживающих подразделений КСИ, чтобы при заданном локальном потенциале головного исполнителя расходы на обеспечение и деятельность этих обслуживающих подразделений были минимальными. Отдельные методики решения подобных задач описаны в известной литературе [41, с. 102-123; 93, с. 93-105; 119, с. 688-841; 236, с. 215-236].

При синтезе может быть известна общая концепция структуры обслуживающего КСИ, но неизвестны число обслуживающих подразделений в нем и их производительность. В этом случае на основе установленного уровня «технологического резервирования» и заданного локального потенциала головного исполнителя необходимо определить среднее время обслуживания заявки в КСИ. Затем с учетом особенностей проекта и характеристик ГИ можно разбить процесс обслуживания заявки на этапы, сохранив неизменным суммарное его время, далее оценить выигрыш в потенциале и скорректировать время обслуживания на наиболее целесообразное для этого этапа. Для вновь полученного суммарного времени проверить обеспечение заданных показателей ГИ и КСИ.

При синтезе могут быть известны только параметры головного исполнителя и требуемый его потенциал, и необходимо определить уровень «технологического резервирования» (по заданным показателям), а также число обслуживающих подразделений КСИ и их производительность. При такой постановке задачи должны учитываться дополнительные условия, определяющие выбор перечисленных параметров. Наиболее целесообразным (если не задано иначе), как и в рассмотренном выше случае, будет стоимостной критерий, например,

минимизация затрат на функционирование комплекса предприятий – соисполнителей. Первоначально желательно определить уровень «технологического резервирования» и среднее время обслуживания, далее, установив из структурных соображений количество этапов обслуживания заявки, можно найти «выигрыш в простое» производственного оборудования ГИ, а затем с учетом полученного выигрыша рассчитать необходимое время обслуживания и производительности основных и вспомогательных подразделений КСИ [215].

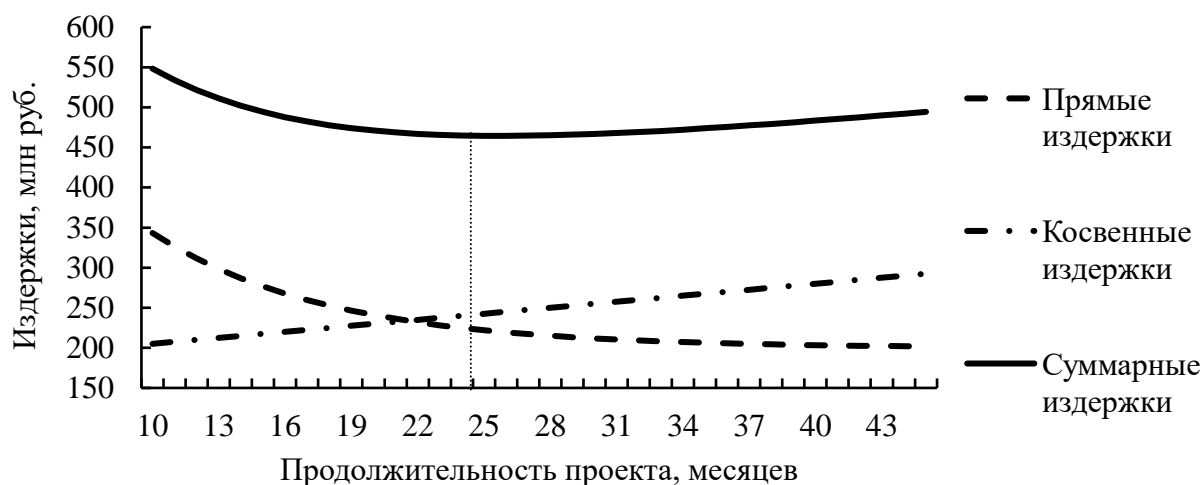
Представленные выше и аналогичные типовые задачи в такой постановке могут быть решены с помощью известных методов оптимизации. Приведенные формулировки не исчерпывают всего множества возможных задач, возникающих при проектировании рассматриваемого предприятия и взаимодействующего с ним комплекса предприятий – соисполнителей проектов. Анализ подобных задач показывает, что их аналитическое решение возможно в том случае, когда между числовыми характеристиками структур и параметрами рассматриваемых совокупностей головного исполнителя и КСИ будут установлены определенные соотношения.

Целесообразные направления исследований в этом плане состоят в установлении указанных взаимосвязей между числовыми характеристиками структуры и параметрами КСИ, числовыми характеристиками структуры головного исполнителя и параметрами его подразделений, а также между различными характеристиками ГИ (функциональными, технологическими, экономическими, организационными, временными и другими). Соотношения, описывающие эти связи, могут быть использованы при решении различных проблем управления взаимодействием предприятий ИОС, повышения результативности деятельности головного исполнителя и комплекса предприятий – соисполнителей проекта, совершенствования механизмов функционирования единой экономической системы «ГИ – КСИ». Кроме того, такой подход позволяет повысить эффективность расходования бюджетных средств при реализации соответствующего государственного контракта.

#### **4.4. Поддержка решений по формированию экономических отношений соисполнителей госконтракта в интегрированной организационной структуре**

Одним аспектов разработки новой и оптимизации существующей структуры территориально-распределенной ИОС является распределение между предприятиями проектных работ с учетом специфики госконтракта. Для большинства проектов принято различать две основные группы издержек: прямые и косвенные. К прямым издержкам относят, например, оплату труда, стоимость материалов и оборудования и аналогичные, рассчитываемые, исходя из стандартных методов выполнения работ и времени. Сокращение времени выполнения работ обычно увеличивает прямые издержки на их выполнение из-за повышения расхода ресурсов. Сумма таких издержек представляет собой прямые издержки проекта. Косвенные издержки представляют собой накладные расходы, связанные, например, с затратами на контроль выполнения работ, выплату арендной платы, осуществлением непосредственного управления проектом, оплатой труда привлеченных консультантов и командировочных расходов. Они являются характеристикой только проекта в целом и зависят непосредственно от общего времени его выполнения, соответственно сокращение продолжительности проекта приводит к сокращению косвенных издержек. Сумма прямых и косвенных издержек чаще всего представляет собой нелинейную зависимость от продолжительности проекта. Пример такой зависимости представлен на рис. 4.4.1.

Для большинства проектов существует наиболее целесообразная с позиции стоимости продолжительность его выполнения, соответствующая минимальной величине суммарных издержек (на рис. 4.4.1 показана вертикальной линией). Исследовав такие зависимости для каждого потенциального соисполнителя (их перечень обычно небольшой), можно обоснованно сделать выбор предприятий – соисполнителей для выполнения проекта по каждому виду работ с использованием, например, многокритериального рейтингования.



Составлено автором.

Рис. 4.4.1. Изменение издержек типового проекта в зависимости от его продолжительности.

При размещении головным исполнителем заказов к предприятиям-соисполнителям (в рамках государственного контракта) на выполнение части работ проекта всегда выполняется предварительная оценка стоимости работ для каждого СИ. При этом суммарная стоимость всех работ проекта не должна превышать предельного значения, определенного государственным заказчиком, и актуальной является задача минимизации этой суммы.

При распределении каждого вида работ целесообразно начинать предварительное планирование их выполнения с наиболее крупных действующих или вновь возводимых предприятий, имеющих «хорошее» территориальное расположение и обладающих соответствующей конструкторской и производственной базами. Важно обеспечить полную (при необходимости с учетом резерва мощностей) загрузку таких предприятий – соисполнителей, в этом случае их общее количество уменьшается до естественных разумных пределов, упрощается и удешевляется управление всем комплексом «ГИ – КСИ», снижаются транспортные расходы. Такой подход позволяет снизить себестоимость выполнения единицы работ и уменьшает удельные затраты, обусловленные неполной загрузкой мощностей оборудования. При этом



распределение работ проекта удобнее осуществлять в натуральных единицах измерения объема готовой продукции (например, методом условно-натурального учета), отдельно по каждому ее виду, исходя из фактической специализации предприятий. В итоге задача сводится к необходимости подобрать такую структуру предприятий – соисполнителей, чтобы наиболее крупные предприятия оказались полностью загруженными, а стоимость единицы условной готовой продукции была минимальна.

Фактическая итоговая стоимость ( $IC_j^{\text{факт}}$ ) осуществления головным исполнителем работ  $j$ -го вида, запланированных для выполнения в КСИ, определяется расходами на оценку возможностей соисполнителей по этому виду работ проекта (виду готовой продукции) ( $A_j$ ), затратами на подготовку технической документации по этому виду работ ( $B_j$ ), суммой прямых и косвенных расходов на непосредственное осуществление  $j$ -го вида работ каждым  $e$ -м СИ ( $C_{ej}$ ), транспортными издержками, связанными с  $e$ -м СИ ( $D_{ej}$ ), стоимостью решения ГИ общих вопросов распределения  $j$ -го вида работ между всеми отобранными СИ и согласования их деятельности в рамках проекта ( $F_j$ ), расходами головного исполнителя на комплексирование результатов выполнения этого вида работ разных СИ ( $G_j$ ). В пересчете на одну условную единицу готовой продукции фактическая итоговая стоимость ( $UIC_j^{\text{факт}}$ ) может рассчитана по формуле:

$$UIC_j^{\text{факт}} = \frac{A_j + B_j + \sum_{e=1}^E (C_{ej} + D_{ej}) + F_j + G_j}{X_j}, \quad (4.4.1)$$

где  $e = 1, 2, \dots, E$  – уникальный номер в ранжированном списке предприятий – соисполнителей проекта (аналог наименования);  $X_j$  – количество условных единиц готовой продукции  $j$ -го вида.

При этом всегда существует ограничение на предельную стоимость проекта, определенное государственным заказчиком:

$$SP^{\text{факт}} = ZGI + \sum_{j=1}^J (X_j \cdot UIC_j^{\text{факт}}) + H \leq SP^{\text{доп}}, \quad (4.4.2)$$

где  $SP^{\text{факт}}$  – фактическая стоимость проекта;  $ZGI$  – собственные суммарные затраты ГИ на все виды работ по проекту;  $j=1,2, \dots, J$  – уникальные номера работ проекта;  $H$  – стоимость передачи заказчику результатов всего проекта;  $SP^{\text{доп}}$  – максимально допустимая стоимость проекта, заданная заказчиком.

Для распределения планируемого заказа ГИ по предприятиям – соисполнителям может быть применен следующий подход (по аналогии с предложенным в [93, с. 102-121] для другого класса задач). Пусть имеются предприятия – соисполнители, выбранные ГИ вышеописанным рейтингованием для размещения заказа на выполнение  $j$ -го вида работ, имеющие свободные производственные мощности в размере  $V_1, V_2, \dots, V_E$  (в порядке убывания). Учитывая, что объемы таких мощностей по  $j$ -му виду работ у нескольких предприятий могут оказаться одинаковыми, число предприятий «первого типа» ( $S_1$ ), располагающих самыми большими незадействованными мощностями  $V_1$ , может быть определено из системы неравенств:

$$\begin{cases} X_j \geq S_1 V_1; \\ X_j - S_1 V_1 < V_1, \end{cases} \quad (4.4.3)$$

число предприятий второго типа ( $S_2$ ) с немного меньшим объемом свободных мощностей  $V_2$  – из системы следующих неравенств:

$$\begin{cases} X_j \geq S_1 V_1 + S_2 V_2; \\ X_j - S_1 V_1 - S_2 V_2 < V_2, \end{cases} \quad (4.4.4)$$

число предприятий  $E$ -го типа ( $S_E$ ) с объемом мощностей  $V_E$  – из системы неравенств:

$$\begin{cases} X_j > S_1 V_1 + S_2 V_2 + \dots + (S_E - 1) V_E; \\ X_j \leq S_1 V_1 + S_2 V_2 + \dots + S_E V_E. \end{cases} \quad (4.4.5)$$

Тогда структура предприятий для выполнения  $j$ -го вида работ  $S_1, S_2, \dots, S_E$

может быть последовательно определена в результате решения системы вышеприведенных неравенств методами комбинаторики, при этом часть из них (с наименьшими свободными производственными мощностями) могут остаться «недогруженными». Принимая во внимание, что в общем случае  $S_1, S_2, \dots, S_E$  могут быть любыми целыми положительными числами, в том числе и нулями, формализовано задача оптимизации может быть сформулирована следующим образом:

$$UIC_j^{\text{факт(оптим)}} = \min_{\|X_{ej}\|} UIC_j^{\text{факт}}(X_{ej}, C_{ej}, D_{ej}) \quad (4.4.6)$$

при ограничениях:  $e = 1, 2, \dots, E$ ;  $SP^{\text{факт}} \leq SP^{\text{доп}}$ ;

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{X_j}{V_1} - 1 < S_1 \leq \frac{X_j}{V_1}; \\ \frac{X_j - S_1 V_1}{V_2} - 1 < S_2 \leq \frac{X_j - S_1 V_1}{V_2}; \\ \dots\dots\dots \\ \frac{X_j - S_1 V_1 - S_2 V_2 - \dots - S_{E-1} V_{E-1}}{V_E} \leq S_E < \frac{X_j - S_1 V_1 - S_2 V_2 - \dots - S_{E-1} V_{E-1}}{V_E} + 1. \end{array} \right.$$

Полученная в результате оптимизации  $\|X_{ej}\|$  представляет собой оптимальную по выбранному критерию структуру распределения  $j$ -го вида работ между предприятиями – соисполнителями. Аналогично выполняется распределение остальных работ проекта.

Для выполнения несколькими предприятиями совместного проекта обычно необходимо осуществление поставок специализированного оборудования, результатов незавершенного производства, комплектующих и т. п. между территориально распределенными (географически удаленными) производственно-технологическими объектами. Гарантированное обеспечение головного исполнителя таких проектов всем необходимым, причем как для выполнения функциональных задач, так и для жизнеобеспечения персонала удаленных объектов, является важной задачей управления комплексом

предприятий – соисполнителей при совместном участии в реализации государственного контракта. Осуществление полноценных и экономически рентабельных поставок на объекты ГИ способствует существенному улучшению качества его бизнес-процессов и, как следствие, – конечных результатов проектов.

Поскольку на практике объекты головного исполнителя и подразделения КСИ чаще всего территориально распределены, обеспечение первого обычно выполняется путем периодических поставок с учетом удаленности, географического расположения, времени года, специфики деятельности и других факторов, при этом первостепенное значение приобретает оптимизация объема, структуры, сроков и форм поставок. Рациональное и достаточное снабжение является необходимым условием гарантированности выполнения такими производственными системами своего предназначения в рамках проектов, в том числе при случайных незначительных перебоях в поставках (по времени, общему объему, ассортименту и т. п.).

При совместном (ГИ и КСИ) выполнении длительных проектов для обеспечения функционирования головного исполнителя управление его взаимодействием с территориально распределенными предприятиями-соисполнителями обычно целесообразно строить по так называемой непрерывной схеме. Это обусловлено, во-первых, ограничением объема запасов элементов обеспечения на ГИ; во-вторых, часто нецелесообразностью создания запасов из «мелких» элементов и необходимостью обеспечения блоками таких элементов высокого уровня заводской готовности; в-третьих, иногда отсутствием полных данных по гарантированной надежности часто уникального производственно-технологического оборудования; в-четвертых, возможным наличием на таких объектах постоянно функционирующих систем; в-пятых, ограничениями на характеристики (например, габариты, масса, объем, стоимость, продолжительность или скорость перемещения) элементов единовременной поставки.

Многочисленные исследования показали, что создание на ГИ

мелкоэлементных запасов является рациональным с позиции оптимизации стоимостных и габаритно-массовых характеристик, однако при этом надо также принимать во внимание условия его функционирования и особенности технологий осуществления бизнес-процессов в рамках реализуемых проектов. Следует отметить, что производственные объекты самого ГИ могут быть также территориально распределены. Для удаленных объектов ГИ обычно характерны ограниченные производственные площади, небольшая численность персонала и значительное количество существенно различных обязанностей у каждого сотрудника, поэтому создание мелкоэлементных запасов часто оказывается нецелесообразным. На таких объектах в большинстве случаев установка, ремонт и модернизация производственно-технологического оборудования, ставшего причиной нарушений качества осуществления бизнес-процессов, ведется в основном так, чтобы только определить нефункциональный конструктивный блок и заменить его или, при необходимости, установить в технологический конструктив новые дополнительные блоки, создание же периодически пополняемых запасов из них часто нецелесообразно из-за высокой стоимости.

Габариты и масса поставок технологических элементов на объект ГИ также обычно ограничены, высокие требования предъявляются и к срокам, что определяется возможностями логистических и транспортных систем. Для реализации непрерывной схемы обеспечения необходим учет многих факторов, определяющих состояние ГИ при выполнении проектов, а также возможность анализа влияния параметров отдельных структурных компонентов комплекса внешних предприятий – соисполнителей на функциональные характеристики головного исполнителя. При такой схеме взаимодействия с удаленным производственным объектом ГИ можно выделить следующие типовые этапы выполнения заявки в КСИ: получение заявки и ее обработка; комплектование заказа; подготовка элементов обеспечения к транспортировке; доставка на объект ГИ; складирование элементов обеспечения или установка их в технологической цепочке. Названные этапы повторяют в целом указанные ранее, но для более

детального изучения часто необходимо подразделять их на более мелкие. Например, в определенных условиях работы при собственно передаче «особо ответственных» элементов от доставившей их транспортной системы на обеспечиваемый объект ГИ также требуется рассматривать как самостоятельный этап, поскольку объем этих операций, время их проведения и стоимость могут оказаться значительными в общем балансе и независимыми от предшествующих этапов.

В типовом варианте такую задачу можно сформулировать аналогично рассмотренным в предыдущих параграфах. Имеется система, состоящая из нескольких элементов производственно-технологического оборудования, разделенных на категории по принципу однотипности. Каждая группа из  $n$  элементов включает  $m$  резервных, для того чтобы гарантированно могли выполняться проектные работы головного исполнителя (иными словами, чтобы этот объект ГИ был готов к функционированию), в каждой группе из  $n$  элементов должны обязательно функционировать  $r$  технологических элементов. Поток заявок на обеспечение ими (возникновение потребностей в новых элементах) описывается известным из опыта выполнения проектных работ вероятностным законом. Заявки на элементы обеспечения в соответствии с технологией обслуживания посылаются в КСИ немедленно при констатации факта отсутствия необходимого элемента. Процесс обеспечения состоит из пяти указанных выше этапов, время выполнения операции на каждом этапе является случайной величиной, распределение которой можно описать достаточно удобным для моделирования экспоненциальным законом, при этом указанные случайные величины независимы между собой. Необходимо определить функциональные характеристики удаленного объекта головного исполнителя с учетом характеристик обеспечивающего ее комплекса внешних предприятий – соисполнителей.

Для количественного оценивания уровня готовности территориально распределенных объектов головного исполнителя к выполнению задач в рамках

проекта могут быть использованы локальные потенциалы ( $PL^l$ ) по соответствующему направлению деятельности или общий потенциал предприятия в целом, традиционно применяемые во многих областях управленческой деятельности. При выполнении совместных с другими предприятиями долговременных проектов по государственному контракту для ГИ одной из важных является проблема гарантированности и рентабельности поставок элементов обеспечения. При периодической схеме обеспечения на объектах предприятия – головного исполнителя проектов обычно создаются и поддерживаются запасы элементов производственно-технологического оборудования и ресурсов разных категорий, которые пополняются в результате непосредственной транспортировки их на стационарные объекты ГИ или самостоятельно при нахождении подвижных его объектов на основных и вспомогательных пунктах снабжения, расположенных в районе их функционирования.

При обслуживании комплексом предприятий – соисполнителей удаленных производственных объектов ГИ важным фактором является также время, затрачиваемое на погрузочно-разгрузочные операции, особенно если используется несколько различных видов транспорта. Не менее важной задачей является разработка структур типовых поставок (ТП) на удаленные производственные объекты известных наименований оборудования и ресурсов при ограничениях по объему, ассортименту, массе, срокам и стоимости (в общем случае могут быть и другие). Для решения ее возможно использование подходов, аналогичных известным в логистике, например, предложенных в работе [93, с. 113-131]. Для выбора оптимальной структуры ТП целесообразно использование следующего критерия: определить основные параметры типовой поставки (показатели указаны ниже), при которых общий потенциал головного исполнителя с учетом названных ограничений принимает максимальное значение. Формализовано он может быть представлен так:

$$PL^{opt} = \max PL(m_l, \alpha_l, L, \beta_h, H) \quad (4.4.7)$$

при ограничениях:  $\sum_{l=1}^L d_l w_l \leq W_0$ ,  $\sum_{l=1}^L d_l g_l \leq G_0$ ,  $\sum_{l=1}^L d_l c_l \leq C_0$ ,  $\sum_{l=1}^L \alpha_l = 1$ ,  $\sum_{h=1}^H \beta_h \leq B_0$ ,

где  $d_l$  – количество однотипных элементов в  $l$ -й ассортиментной группе ТП ( $l=1,2,\dots,L$ );  $w_l$ ,  $g_l$  и  $c_l$  – объем, масса и стоимость элемента  $l$ -й группы соответственно;  $L$  – число ассортиментных групп в ТП;  $W_0$ ,  $G_0$ ,  $C_0$ ,  $B_0$  – максимально допустимые объем, масса, стоимость и продолжительность ТП соответственно;  $\beta_h$  – продолжительность  $h$ -го этапа поставки ( $h=1,2,\dots,H$ );  $H$  – количество этапов ТП (например, число различных видов транспорта или участков пути),  $\alpha_l$  – важность  $l$ -й группы для качественного осуществления бизнес-процессов ГИ.

Потенциал предприятия – головного исполнителя представляет собой вероятность его функционирования с учетом территориальной распределенности объектов в нормальных или близких к ним условиях. Фактически он характеризует уровень качества осуществляемых ГИ бизнес-процессов, обусловленных выполнением запланированных проектов, при этом его локальные потенциалы зависят от успешности обеспечивающей деятельности комплекса предприятий – соисполнителей. Как показала практика, потенциалы удобнее всего оценивать с помощью вероятностных методов на основе статистических или экспертных оценок. Для определения структуры типовой поставки при такой постановке задачи возможно использование известных методов комбинаторики. В частности, с помощью рекуррентных соотношений ( $\Phi$ ) рассчитывается численность элементов в ассортиментных группах ТП при ограничениях по каждому из указанных выше параметров в отдельности:

$$\begin{aligned}\Phi_w(w_1, \dots, w_{l-1}, w_l, W_0) &= \Phi_w(w_1, \dots, w_{l-1}, W_0) + \Phi_w(w_1, \dots, w_{l-1}, w_l, W_0 - w_l), \\ \Phi_g(g_1, \dots, g_{l-1}, g_l, G_0) &= \Phi_g(g_1, \dots, g_{l-1}, G_0) + \Phi_g(g_1, \dots, g_{l-1}, g_l, G_0 - g_l), \\ \Phi_c(c_1, \dots, c_{l-1}, c_l, C_0) &= \Phi_c(c_1, \dots, c_{l-1}, C_0) + \Phi_c(c_1, \dots, c_{l-1}, c_l, C_0 - c_l), \\ \Phi_\beta(\beta_1, \dots, \beta_{l-1}, \beta_l, B_0) &= \Phi_\beta(\beta_1, \dots, \beta_{l-1}, B_0) + \Phi_\beta(\beta_1, \dots, \beta_{l-1}, \beta_l, B_0 - \beta_l).\end{aligned}\tag{4.4.8}$$

В результате может быть определено некоторое множество вариантов



структуры типовой поставки обеспечивающего комплекса предприятий – соисполнителей на объекты головного исполнителя при ограничениях только по ее объему, еще некоторое множество – только по массе, еще некоторое – только по стоимости и некоторое – только по срокам (при необходимости могут быть учтены и другие ограничения). Из всех полученных вариантов структуры поставки по выбранному глобальному критерию (или группе критериев) определяется один, одновременно удовлетворяющий всем указанным условиям. Однако решение подобной задачи в обобщенной постановке представляется достаточно затруднительным, поскольку на практике структура ТП, удовлетворяющая вышеуказанным ограничениям с одинаковой степенью строгости, не всегда будет обеспечивать необходимый потенциал головного исполнителя, и задача вообще может не иметь решения. Поэтому целесообразно заранее установить приоритет каждого из ограничений, например, на основе требований госконтракта, аналогичных статистических данных, экспертным путем или иначе. В первую очередь желательно достигать наибольшего значения потенциала при строгом выполнении ограничения по одному наиболее приоритетному параметру.

В этом случае расчет структуры ТП выполняется следующим образом. Определяется конечное множество ее вариантов, удовлетворяющих принятому ограничению по объему, для каждого из них в соответствии с принятыми методами вычисляется общий потенциал предприятия – головного исполнителя при предположении, что переходы различных видов элементов обеспечения в нефункциональные состояния или возникновения потребности в дополнительных элементах по всем причинам взаимонезависимы. Локальные потенциалы для каждой  $l$ -й ассортиментной группы типовой поставки  $PL_l^l$  определяются в соответствии с принятыми методиками, например вероятностно по аналогии с приведенными в [41, с. 121-154; 93, с. 125-142], на основе показателей, характеризующих качество осуществления бизнес-процессов ГИ по выполнению проекта.

Исходными данными для расчетов являются также сроки ( $T$ ), на которые создаются запасы каждого вида элементов обеспечения на объектах головного исполнителя, а также средние интенсивности их поэлементного перехода в нефункциональные состояния в рамках производственного процесса ( $\lambda$ ) и при возникновении потребности в дополнительных элементах вследствие расширения производства ( $\omega$ ). При этом для оценивания общего потенциала, обусловленного структурой типовой поставки на один конкретный объект  $PL_{\text{стп}}^1$ , может быть использован следующий критерий: общий потенциал головного исполнителя считать равным минимальному из локальных потенциалов, вычисленных относительно каждой ассортиментной группы этой поставки. Формализовано может быть описан так:

$$PL_{\text{стп}}^1 = \min PL_l^1(T_l, \alpha_l, d_l, \lambda_l, \omega_l). \quad (4.4.9)$$

Если предприятие – головной исполнитель имеет несколько производственных объектов, то для расчета его общего потенциала может быть применен следующий критерий: общий потенциал головного исполнителя считать равным наихудшему потенциалу среди всех его объектов, скорректированному исходя из фактической тесноты взаимосвязи этих объектов при осуществлении бизнес-процессов в рамках проекта. Формализовано может быть выражен следующим образом:

$$PL = [\min PL_{\text{стп}}^1] \cdot K_{\text{тпв}}, \quad (4.4.10)$$

где  $K_{\text{тпв}}$  – поправочный коэффициент, характеризующий тесноту «производственной взаимосвязи» различных объектов ГИ и определяемый эмпирическим или экспертным путем ( $0 < K_{\text{тпв}} < 1$ ).

Из множества вариантов выбирается тот, который полностью удовлетворяет ограничению по наиболее приоритетному параметру, обеспечивает наибольший общий потенциал головного исполнителя и с достаточной строгостью выполняет ограничения по другим параметрам. Обычно строгость соблюдения тех или иных ограничений задается для каждого конкретного объекта ГИ и выражается в

процентах от установленной (общепринятой) нормы для производственно-технологических объектов такого типа. Для принятия окончательного решения о целесообразной структуре типовой поставки КСИ на удаленный производственный объект ГИ в соответствии с предъявляемыми требованиями могут быть использованы аналитические и графические зависимости общего потенциала головного исполнителя от других указанных выше факторов при условии, что ограничения по выбранному фактору (например, объему) гарантированно выполняются. На основе таких зависимостей и известной строгости соблюдения ограничений (например, они могут быть заданы вероятностно) возможно определить структуру ТП, соответствующую ограничениям по объему, имеющую массу и стоимость в допустимых пределах, удовлетворяющую заданным условиям по срокам поставки и максимизирующую с этих позиций потенциал ГИ.

Если при строгих ограничениях по одному из параметров определить оптимальную структуру типовой поставки не удастся, то целесообразно уменьшить уровень строгости и повторить расчеты. В отдельных случаях такая задача при строгих ограничениях по всем параметрам решается успешно и однозначно, иногда без коррекции ограничений вообще не может быть решена. Обычно на практике, если наиболее приоритетной характеристикой ТП является объем, то ее структура по ассортиментным группам определяется в основном ограничениями именно по объему, аналогично при превалировании других характеристик.

При значительном числе элементов в ассортиментных группах и большом количестве таких групп расчет возможных вариантов структуры типовой поставки весьма трудоемок. Кроме того, в таких случаях общий потенциал головного исполнителя незначительно изменяется от варианта к варианту структуры, что усложняет выбор из них оптимального, особенно при учете большого числа воздействующих факторов. Для упрощения практического решения такой задачи на основе эмпирических данных большую ТП можно подразделить на части

меньших размеров, по отдельности имеющих заданные характеристики. Например, по аналогии с приведенными в [93, с. 138-150] подходами можно записать:

$$\begin{aligned}V_0 &= v_{0_1} + v_{0_2} + \dots + v_{0_s}, \\G_0 &= g_{0_1} + g_{0_2} + \dots + g_{0_s}, \\C_0 &= c_{0_1} + c_{0_2} + \dots + c_{0_s}, \\B_0 &= f(\beta_{0_1} + \beta_{0_2} + \dots + \beta_{0_s}).\end{aligned}\tag{4.4.11}$$

Для каждой такой части с параметрами  $w_{0_i}$ ,  $g_{0_i}$ ,  $c_{0_i}$  можно провести расчеты, используя вышеописанный подход, с обязательной проверкой итоговых сроков доставки по нижней формуле в (4.4.11). Общепринятая практика осуществления поставок от предприятий – соисполнителей на объекты ГИ проекта показывает, что каждую из таких частей целесообразно в большинстве случаев размещать в отдельной транспортной упаковке для удобства комплектования, доставки, выполнения погрузочно-разгрузочных операций и последующего использования на объекте. При расчете типовой поставки для фиксированного ассортимента также требуется выполнить ограничения по объему, массе, стоимости, срокам и другим параметрам, однако строгость каждого из них обычно неодинакова для разных территориально распределенных объектов головного исполнителя, и структуру всех поставок необходимо рассчитывать так, чтобы общий его потенциал был не менее заданного. При таком подходе трудно решается задача оптимального обеспечения объекта ГИ заданными элементами в ассортименте, количестве и сроки, необходимые для полноценного осуществления бизнес-процессов в рамках проекта, поскольку при классической постановке задач для выбора оптимальной структуры ТП желательна минимизация только одного из параметров.

Соответственно в большинстве случаев при планировании от КСИ типовой поставки на обеспечиваемый объект ГИ принято минимизировать либо ее массу, либо объем, либо стоимость, либо сроки, либо другой ключевой параметр, а значения остальных характеристик учитывать в ограничениях. Естественно, при

расчетах в первую очередь оптимизируется структура ТП по наиболее строгому ограничению при заданной вероятности «целевого» функционирования такого объекта, учитываемой через потенциал ГИ. Далее проверяется выполнимость остальных ограничений. Если они объективно не могут быть выполнены, то снижаются требования к потенциалу, оптимизация производится вновь и повторяется до полного выполнения наиболее приоритетных ограничений. Для определенной таким образом структуры типовой поставки проверяется выполнение менее строгих ограничений. Если первоначально важность ограничений была установлена рационально, то второстепенные ограничения часто также выполняются и решение находится, в крайнем случае, посредством выбора из нескольких субоптимальных решений. При несоблюдении второстепенных ограничений корректируется приоритетность их соблюдения, и оптимизация выполняется вновь.

Описанный подход может быть применен для установления целесообразной структуры типовой поставки на рассматриваемый объект ГИ при существовании различных ограничений, однако подобные расчеты дают значительный эффект обычно в случаях, когда количество сравниваемых вариантов структуры ТП относительно небольшое и наблюдается заметное изменение общего потенциала головного исполнителя (всей ИОС) от варианта к варианту. Представленный способ расчета параметров ТП может быть реализован с помощью известных методов оптимизации применительно к большинству видов обеспечения бизнес-процессов ГИ проекта по госконтракту.

Результаты исследования могут быть использованы для планирования развития подобных совокупностей предприятий при совместном выполнении длительных проектов. Анализ моделей в каждой конкретной ситуации позволяет устанавливать целесообразные характеристики исследуемых ГИ и КСИ, а также механизмы управления их взаимодействием с целью достижения заданных значений индикаторов государственного контракта. Унифицированность подхода обуславливает возможность использования при совершенствовании

экономических отношений между существенно различными в плане областей и форм деятельности предприятий при выполнении ими проектов с повышенными требованиями к гарантированности получения запланированных результатов.

Представленные в пп. 4.2 – 4.4 подходы к созданию интеграционной структуры, включая предприятие – головной исполнитель и предприятия – соисполнители могут быть использованы при реализации федерального проекта «Адресная поддержка повышения производительности труда на предприятиях» (в рамках национального проекта «Наука») и федерального проекта «Развитие научной и научно-производственной кооперации» (в рамках национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости») (см. табл. 1.1.2).

Основные положения авторских результатов исследований, приведенных в главе 4, опубликованы в научных трудах [45, 214, 215, 222, 228, 230, 233, 234], в том числе в соавторстве.

## 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАЗВИТИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

### 5.1. Инструментальные средства исследования неоднородной экономической информации

В современном мире для значительного количества государств характерны существенные взаимосвязи национальных экономик. Рассмотрим подходы к использованию отдельных математико-статистических методов при исследовании относительно неоднородных данных о социально-экономических системах. Общеизвестный коэффициент парной линейной корреляции К. Пирсона полноценно применим для пространственных (одномоментных) данных наблюдений при условиях, что они однородны, распределены по нормальному закону и др. [75, с. 321-344, 411-442; 152, 194, с. 407-412]. Причем этот коэффициент корреляции характеризует силу линейной зависимости между значениями показателей, самого «жесткого» вида статистической связи. Наиболее распространенная его формула для парной связи имеет вид:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (5.1.1)$$

где  $x$  и  $y$  – независимый и результирующий показатели соответственно;  $N$  – количество наблюдений.

Однако в социальной и/или экономической сферах подавляющее большинство исходных данных представляют собой временные ряды отчетных показателей компаний или официальной информации государств. Названные выше требования к данным в этой сфере практически никогда не выполняются:

- значения показателей фактически представляют собой характеристики уникальных экономических объектов, поэтому их совокупности часто неоднородны; количество же данных – обычно небольшое;

- соответствующие частотные распределения во многих случаях хотя и имеют «нормалеобразный» вид, но почти всегда с ненулевыми значениями

коэффициентов асимметрии и эксцесса; иногда данные представляют собой «ТОР-50 (-100, ...)» объектов наблюдения, тогда эмпирическим распределением является только часть «нормалеобразного» закона (чаще всего правая);

- средние значения показателей меняются со временем, причем часто – в рамках вполне описываемой тенденции, поэтому общие закономерности для каждого из них выражаются не через общепринятое среднее значение, а через теоретическое (по уравнению) значение временного тренда в каждый  $i$ -й период (момент времени) наблюдения;

- условия деятельности исследуемой системы меняются со временем, и эти изменения могут оказывать влияние на взаимосвязь показателей.

При наличии идеальной линейной причинно-следственной зависимости между двумя показателями указанный выше коэффициент корреляции (5.1.1) может применяться и для данных, представленных в виде временных рядов, но при обязательной интерпретации высококвалифицированным экспертом (т. к. многие временные ряды исходных данных в социально-экономической области не являются стационарными). При нелинейной зависимости целесообразность его применения несколько условна в связи с тем, что он будет характеризовать только долю линейной составляющей в фактической взаимозависимости. И если высокие значения этого коэффициента будут позволять делать предположения о наличии взаимовлияния показателей, то низкие – только об отсутствии линейной компоненты, но ничего – о нелинейной. На практике же в социально-экономической сфере линейные зависимости крайне редки. Для оценивания корреляционной связи между такими показателями возможен примерно следующий подход.

При классическом статистическом анализе динамики показателя традиционно принято выделять два этапа: определение общей тенденции в изменении его значений и оценивание колеблемости относительно нее. При исследовании взаимовлияния двух показателей можно поступить аналогично. Сначала для каждого из них выявить общую тенденцию изменения во времени и



построить уравнение динамического тренда. При этом тренд может оказаться и нелинейным. Затем необходимо выделить колеблемость значений каждого показателя относительно его тренда и, если возможно, формализовано описать ее. Далее оценить корреляционную связь показателей – отдельно между их трендами и отдельно между колеблемостями относительно них. Для этого могут быть применены следующие технологии (см. ниже). Рассмотрим такой двухэтапный анализ на примере исследования парной корреляции показателей, каждый из которых исходно представлен в виде временного ряда наблюдений.

### ***Технология 5.1.1***

Применим общепринятый подход с использованием коэффициента парной линейной корреляции К. Пирсона (5.1.1). На первом этапе для выявления возможной корреляции между временными трендами процедура исследования может быть следующей:

- по-отдельности составляются уравнения временных трендов двух показателей, проверяется их значимость; по уравнениям составляются теоретические динамические ряды обоих показателей и соотносятся между собой по периодам (моментам времени) наблюдения;

- вычисляется оценка среднего по времени уровня ряда как среднее значение теоретических (по уравнению тренда) значений во все периоды (моменты времени) наблюдения;

- определяется теснота статистической связи между трендами показателей по формуле К. Пирсона; при этом в качестве среднего значения каждого показателя используются рассчитанные оценки средних по времени теоретических уровней (по тренду) каждого ряда:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{x}_i - \tilde{x}^{\text{сред}})(\tilde{y}_i - \tilde{y}^{\text{сред}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (\tilde{x}_i - \tilde{x}^{\text{сред}})^2 \sum_{i=1}^N (\tilde{y}_i - \tilde{y}^{\text{сред}})^2}}, \quad (5.1.2)$$

где  $\tilde{x}_i$  и  $\tilde{y}_i$  – трендовые значения независимого и результативного показателей (соответственно) в  $i$ -й период (момент времени) наблюдения;  $N$  – количество

наблюдений (периодов или моментов времени);  $\tilde{x}^{\text{сред}}$  и  $\tilde{y}^{\text{сред}}$  – оценки средних теоретических (по уравнению временного тренда) значений независимого и результативного показателей, вычисленные по формулам:

$$\tilde{x}^{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=1}^N \tilde{x}_i}{N}, \quad \tilde{y}^{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=1}^N \tilde{y}_i}{N}; \quad (5.1.3)$$

- дополнительно строится поле корреляции и анализируется зрительно; при необходимости аналогично оценивается корреляция между трендами с временным лагом между периодами (моментами времени) наблюдения  $X$  и  $Y$ ;

- при выявлении возможной зависимости составляется уравнение регрессии с помощью МНК, оценивается его статистическая значимость, выполняется интерпретация.

На втором этапе для измерения колеблемости значений показателей относительно их временных трендов необходимо для каждого  $i$ -го периода (момента времени) определить разность между фактическими (наблюдаемыми) значениями показателей и уровнями трендов:

$$\Delta x_i = (x_i - \tilde{x}_i), \quad \Delta y_i = (y_i - \tilde{y}_i) \quad \text{при } i = 1, 2, \dots, N. \quad (5.1.4)$$

Это позволяет исключить возможную нелинейную составляющую тренда каждого показателя из фактических значений и/или возможный наклон линейной составляющей к оси времени. В итоге с позиции анализа отклонений тренды каждого показателя «сводятся» к условным прямым линиям, параллельным оси времени на протяжении всего интервала наблюдения. В результате получаются два временных ряда «Отклонений от трендов». Далее для каждого из них рассчитываются средние значения:

$$\bar{\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta x_i}{N}, \quad \bar{\Delta y} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta y_i}{N}. \quad (5.1.5)$$

Для оценивания взаимосвязи между такими отклонениями вполне применима известная классическая технология, включающая в себя вычисление коэффициента парной линейной корреляции К. Пирсона (5.1.1), зрительный

анализ поля корреляции и построение уравнения регрессии. При необходимости также можно дополнить анализ исследованием взаимосвязи рассчитанных «Отклонений от трендов» с временным лагом между периодами (моментами времени) наблюдения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ .

Описанная «Технология 5.1.1» является «предварительной» и применима, если априорно существуют основания предполагать, что между показателями может быть линейная причинно-следственная зависимость. Но описанное оценивание корреляции между трендами возможно с приемлемой точностью, если средние теоретические значения показателей имеют смысл. Следует отметить, что процедура второго этапа позволяет получить оценки взаимовлияния «остатков», необъясненных уравнениями динамических трендов, причинами появления которых могут быть или случайные стечения обстоятельств, или комплексные изменения в условиях деятельности социально-экономической системы, или другие. Поэтому на практике такие оценки менее ценны для описания взаимовлияния показателей по сравнению с результатами первого этапа. Однако они могут быть использованы для анализа условий развития исследуемой социально-экономической системы и чувствительности ее параметров к влиянию условий развития.

### ***Технология 5.1.2***

Недостатком предыдущей технологии на описанном первом этапе является оценивание только линейной компоненты корреляции между трендами показателей. Возможная нелинейность этой зависимости может быть выявлена только экспертным путем по результатам анализа поля корреляции. Для получения же количественных ее оценок и возможной автоматизации процесса на этом этапе более целесообразен подход на основе исследования динамики линейного расстояния ( $LR$ ) между трендами. Процедура на первом этапе заключается в следующем:

- выполняется нормирование значений отдельно каждого показателя по его средней теоретической (по тренду) за весь период наблюдения величине:

$$\tilde{x}_i^{\text{норм}} = \frac{\tilde{x}_i}{\tilde{x}^{\text{сред}}}, \quad \tilde{y}_i^{\text{норм}} = \frac{\tilde{y}_i}{\tilde{y}^{\text{сред}}} \quad \text{для всех } i = 1, \dots, N; \quad (5.1.6)$$

- для каждого  $i$ -го периода (момента времени) рассчитывается линейное расстояние между трендами показателей по формуле:

$$LR_i = \tilde{x}_i^{\text{норм}} - \tilde{y}_i^{\text{норм}} \quad \text{для всех } i = 1, \dots, N; \quad (5.1.7)$$

- на основе полученных значений строится график динамики «Линейного расстояния»; по общей форме графика и его «гладкости» экспертным путем делается вывод о наличии или отсутствии зависимости и ее типе (линейная/нелинейная, форма нелинейности и пр.); при этом возможно автоматизированное применение известных методов классификации плоских кривых [6, 51, 116, 144];

- при необходимости с помощью МНК для выбранного типа зависимости составляется регрессионное уравнение взаимовлияния показателей, оценивается его значимость;

- составляется уравнение динамики «Линейного расстояния» как дополнительная характеристика зависимости между трендами показателей; оценивается его значимость.

На втором этапе исследуются зависимости между «Отклонениями от трендов» аналогично «Технологии 5.1.1», но с использованием «Линейного расстояния». По окончании этих двух этапов выполняется совместная интерпретация полученных результатов.

Вышеприведенные подходы применимы и при исследовании множественной корреляции (регрессии). Для «Технологии 5.1.1» возможно использование общеизвестных классических способов анализа для нескольких независимых показателей [75, с. 364-388; 152, 194, с. 407-412], но с разделением на указанные два этапа. Для «Технологии 5.1.2» – также в два этапа аналогично вышеописанной процедуре, но в многомерном пространстве независимых показателей на основе их «Многомерного среднего значения». Процедура его вычисления для каждого показателя заключается в следующем:

- для каждого  $i$ -го периода (момента времени) значения каждого  $j$ -го независимого показателя ( $x_{ij}$ ) нормируются по его среднему за все время наблюдения значению:

$$\tilde{x}_{ij}^{\text{норм}} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\tilde{x}_j^{\text{сред}}} \text{ для всех } i = 1, \dots, N \text{ и всех } j = 1, \dots, K; \quad (5.1.8)$$

где  $K$  – количество независимых показателей;

- рассчитывается «Многомерное среднее значение» нормированных показателей ( $MSZ_i$ ) для каждого  $i$ -го периода (момента времени) по формуле:

$$MSZ_i = \frac{\sum_{j=1}^K x_{ij}^{\text{норм}}}{K} \text{ для всех } i = 1, \dots, N. \quad (5.1.9)$$

Если независимые показатели неравноценны, то усреднение выполняется по взвешенной формуле:

$$MSZ_i = \frac{\sum_{j=1}^K x_{ij}^{\text{норм}} \cdot w_j}{\sum_{j=1}^K w_j} \text{ для всех } i = 1, \dots, N, \quad (5.1.10)$$

где  $w_j$  – важность (приоритет)  $j$ -го независимого показателя (назначается экспертным путем; в статистике традиционно принято, что  $0 \leq w_j \leq 1$ , в теории принятия решений –  $0 \leq w_j \leq 10$ ).

Затем составляется временной ряд  $MSZ$  как обобщенная характеристика всех рядов независимых показателей ( $x_j$ ), и в полном соответствии с «Технологией 2» (во всех вышеприведенных формулах  $x_i$  заменяется на  $MSZ_i$ ) исследуется зависимость между  $MSZ$  и результирующим показателем ( $y$ ).

Еще аспект. При корреляционном анализе статистических взаимосвязей между значениями показателей одного экономического объекта (ЭО) (компании) с последующим сравнением таких объектов между собой широко используются оценки коэффициента корреляции ( $r$ ) и его значимости. Но почти всегда для этого применяется формула линейного коэффициента корреляции, характеризующая

силу самого «жесткого» вида статистической связи – линейную. Оценивание его значимости фактически заключается в ответе на вопрос о неслучайности выявленной линейной составляющей зависимости, но никак не характеризует возможную нелинейную. С другой стороны, в формуле расчетного значения  $t$ -критерия (5.1.11) в явном виде присутствует величина коэффициента корреляции:

$$t_{\text{расч.}} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \geq t_{\text{табл.}} \quad (5.1.11)$$

Если построить зависимость  $t_{\text{расч.}}$  от  $r$  при фиксированном значении  $n$ , то в большинстве случаев (при разных  $n$ ) наблюдается достаточно медленное возрастание  $t_{\text{расч.}}$  до значения  $r$ , равного примерно 0,7–0,8, а далее скорость его роста резко увеличивается (график стремительно идет вверх), что соответствует общепринятой интерпретации шкалы Чеддока. Если же построить зависимость  $t_{\text{расч.}}$  от  $n$  при фиксированном значении  $r$ , то в большинстве случаев (при разных  $r$ ) наблюдается достаточно быстрое возрастание  $t_{\text{расч.}}$  в области «малых» значений  $n$ , а по мере увеличения значения  $n$  скорость роста  $t_{\text{расч.}}$  медленно снижается. Соответственно, можно сделать вывод, что, в разумных пределах, величина  $r$  оказывает большее влияние на принятие решения о значимости зависимости между факторами, чем величина  $n$ .

Учитывая, что при сопоставительном анализе и, в частности, описанном рейтинговании количество наблюдений ( $n$ ) обычно одинаково, можно заранее рассчитать пороговую величину  $r$ , начиная с которой зависимости между показателями каждого экономического объекта (компании) гарантированно будут статистически значимыми. Но получение значений  $r$  меньших ее не свидетельствует о недостоверности расчетов и некорректности соответствующих рейтингов таких объектов, т. к., во-первых, указанные зависимости у разных объектов могут оказаться и линейными, и нелинейными, во-вторых, у каких-то ЭО  $r$  может быть меньше порогового значения, у каких-то – больше, но у всех – при

одинаковой величине  $n$ . И если целью исследования является только корреляционный анализ (без построения и использования регрессионной модели), то сравнивать экономические объекты (компании) по величине линейного коэффициента корреляции в рамках рейтингования возможно. Но анализ таких рейтингов должен проводиться только экспертным путем (вручную) с упоминанием о сути используемых показателей и принятых допущениях, автоматизированный анализ вряд ли пока применим.

Необходимо признать, что широко применяемые в настоящее время методы корреляционного и регрессионного анализа не всегда приемлемы в полной мере для исследования экономической области. Т. к., во-первых, логический анализ возможности причинно-следственной зависимости между факторами должен предшествовать применению этих методов, а не являться результатом, что не всегда соблюдается на практике. Во-вторых, их применение предполагает наличие значительного количества однородных наблюдений, что в экономике – редкость. По этой причине предпочтение в экономических исследованиях следует отдавать методам структурного анализа, имеющих меньшее количество недостатков и ограничений, более широких по своим возможностям и более пригодных и удобных для экспертного анализа сложноструктурированных многофакторных систем. Одним из таких методов, хорошо применимых для больших объемов первичной отчетной информации, является рейтингование, используемое на практике чаще всего только в простейшей «одноэтапной» форме, хотя его потенциал более значителен.

Обычно макроэкономические исследования осуществляются экспертным путем, позволяющим обобщать мнения специалистов, вырабатывать более реалистичные оценки и прогнозы. Но при этом особую роль начинают играть свойства используемого экспертами инструментария, его применимость для тех или иных областей, точностные характеристики и другие особенности. Одним из достаточно хорошо зарекомендовавших себя при первичном экспертном анализе инструментальных средств является метод рейтингования. Во многих случаях он

позволяет автоматически сглаживать возможные неточности в данных, обычно возникающие при сборе и последующей обработке больших объемов информации. Наиболее целесообразными показателями при этом являются те, которые включены в стандартизированную отчетность компаний: они доступны, годами вычисляются по одним и тем же методикам и имеют официальный статус.

Если целью исследования является не анализ состояния и развития конкретных компаний или их сравнение, а более глобальные факторы, например, оценивание благоприятности ситуации в тех или иных странах для ведения какой-либо разновидности бизнеса и аналогичные, то возможно статистически обобщить отчетную информацию компаний определенного вида или сектора экономики каждой страны и затем сопоставить ее. Т. к. обычно представляет интерес текущее положение, направление и скорость его изменения, то целесообразно исследование и самих отчетных показателей, и величин их изменений за период. Для оценивания ситуации в стране таким путем необходим экспертный анализ достаточно большой совокупности показателей компаний, причем в динамике, что крайне трудоемко. Для облегчения экспертизы, особенно на начальных этапах, могут быть применены методы рейтингования одной и той же совокупности компаний по разным показателям, позволяющие, с одной стороны, формировать оценки ситуации с различных позиций и в последующем сопоставлять и обобщать результаты, с другой стороны, автоматизировать процесс первичного анализа и за счет этого снизить трудоемкость до приемлемого уровня.

При этом для формирования многоплановых и углубленных оценок ситуации необходимо применение методов структурного анализа для сопоставления результатов рейтингования компаний с учетом их страновой принадлежности. Такой подход значительно зависим от целей и сферы исследования, результаты оказываются неоднозначными и часто поддаются интерпретации только с позиции конкретной научной школы или эксперта. Автоматизация его вряд ли пока целесообразна, поэтому трудоемкость исследования остается высокой. Для получения упрощенных оценок может быть



непосредственно подсчитано количество упоминаний страновой принадлежности компаний в верхних строках совокупности таких рейтингов, причем как по выбранным показателям (в статике), так и по величинам их изменений (в динамике). Этот подход является достаточно надежным и унифицированным, методики анализа не зависят от предметной области, количества экономических объектов (в разумных пределах), во многих случаях – и от длительности периода наблюдения, он хорошо алгоритмируется. Учитывая низкую трудоемкость, может дополняться динамическим, корреляционным и регрессионным анализом, позволяющими частично компенсировать упрощенность начальных этапов исследования.

Другой аспект. В социально-экономической области объектами наблюдения (ОН) являются чаще всего регионы, отрасли или компании. Каждый из них представляет собой сложную систему, и относительно полноценно такой ОН возможно охарактеризовать только перечнем параметров. Одной из важных задач многих исследований является статистический анализ естественных совокупностей таких ОН, а часто используемыми показателями вариации при этом являются дисперсия и аналогичные ей (производные от нее). Классическая формула дисперсии одного параметра ( $x$ ) имеет вид:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}, \quad (5.1.12)$$

где  $i = 1, \dots, N$  – номер объекта наблюдения.

Фактически такая дисперсия представляет собой усредненный по всем ОН квадрат расстояния по оси  $X$  от значения параметра каждого  $i$ -го ОН до среднего по этой совокупности значения (центра совокупности). При социально-экономических исследованиях возникает необходимость оценивания дисперсии объектов наблюдения в целом (по всем параметрам одновременно) в рамках совокупности, поэтому представляет интерес вычисление комплексной дисперсии многомерных ОН. Каждый наблюдаемый параметр фактически характеризует одно или несколько его свойств, подавляющее большинство таких свойств взаимосвязаны между собой. Вычленение каких-то из них для изучения отдельно

от остальных нежелательно, т. к. это может привести к чрезмерному упрощению результатов исследования и потере их информативности. Востребованным является разработка технологий оценивания комплексной дисперсии – характеристики фактической вариации объектов наблюдения в совокупности как неделимых объектов, обладающих перечнем свойств. Такие оценки могут быть получены на основе «Многомерных средних величин» и/или на основе «Евклидова расстояния». Рассмотрим их более подробно.

### **Технология 5.1.3**

1. Отдельно для каждого  $j$ -го параметра ОН ( $j = 1, \dots, M$ ) вычисляется среднее по всей совокупности объектов значение:

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij}}{N}, \quad (5.1.13)$$

где  $i = 1, \dots, N$  – номер ОН;  $j = 1, \dots, M$  – номер параметра ОН (одинаково для всех объектов).

2. Фактическое значение каждого  $j$ -го параметра каждого  $i$ -го ОН нормируется по его среднему по совокупности значению:

$$x_{ij}^H = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} \quad \text{для всех } i = 1, \dots, N \text{ и } j = 1, \dots, M. \quad (5.1.14)$$

3. Рассчитывается для каждого  $i$ -го ОН значение многомерной средней величины ( $ms_i$ ) всех нормированных значений его параметров по формуле средней арифметической простой; при необходимости учета важности параметров используются соответствующие весовые коэффициенты, назначенные экспертным путем, и взвешенная формула:

$$ms_i = \frac{\sum_{j=1}^M x_{ij}^H}{M} \quad \text{или} \quad ms_i = \frac{\sum_{j=1}^M w_j \cdot x_{ij}^H}{\sum_{j=1}^M w_j} \quad \text{для всех } i = 1, \dots, N, \quad (5.1.15)$$

где  $w_j$  – вес (важность) параметра  $x_j$ .

Желательно, чтобы весовые коэффициенты при одних и тех же параметрах были одинаковы для всех ОН (это необязательное требование, но иначе сложно назначать веса и интерпретировать результаты).

4. Учитывая, что среднее значение многомерных средних величин всех

ОН ( $\overline{ms}$ ) будет равно единице:

$$\overline{ms} = \frac{\sum_{i=1}^N ms_i}{N} = 1, \quad (5.1.16)$$

рассчитывается комплексная дисперсия по классической формуле:

$$D_{OH} = \frac{\sum_{i=1}^N (ms_i - \overline{ms})^2}{N}. \quad (5.1.17)$$

При необходимости определяются значения «производных» от нее статистических показателей: стандартного отклонения, коэффициента вариации и других. После выполнения соответствующих группировок ОН могут быть вычислены межгрупповая и внутригрупповые дисперсии, рассчитано корреляционное отношение. Аналогичные подходы могут быть применены и для расчета коэффициентов асимметрии и эксцесса при анализе распределения объектов наблюдения в многомерном пространстве параметров.

#### ***Технология 5.1.4***

1. Рассчитываются средние значения каждого  $j$ -го параметра ( $j = 1, \dots, M$ ) по всей совокупности ОН по формуле простой средней арифметической величины; при необходимости могут быть учтены важности ОН через назначенные экспертным путем весовые коэффициенты и с использованием взвешенной формулы:

$$\overline{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij}}{N} \quad \text{или} \quad \overline{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^N w_i x_{ij}^H}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad \text{для всех } j = 1, \dots, M, \quad (5.1.18)$$

где  $w_i$  – вес (важность)  $i$ -го ОН.

Желательно, чтобы эти весовые коэффициенты были одинаковы для всех параметров одного (каждого) ОН (это необязательно, однако иначе сложно назначать такие веса и интерпретировать получившиеся результаты). В итоге получается совокупность координат точки в многомерном пространстве параметров, являющейся центром исследуемой совокупности объектов наблюдения (при неравной важности ОН центр оказывается смещенным).

2. Вычисляется стандартное отклонение ( $\sigma_j$ ) по-отдельности для каждого  $j$ -го параметра ( $j = 1, \dots, M$ ) по всей совокупности ОН:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{N}} \text{ для всех } j = 1, \dots, M. \quad (5.1.19)$$

3. Рассчитывается «Евклидово расстояние» ( $R_i$ ) в многомерном пространстве параметров между центром совокупности и каждым  $i$ -м ОН, нормированное для каждого  $j$ -го параметра по  $\sigma_j$ :

$$R_i = \sqrt{\sum_{j=1}^M \left( \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j} \right)^2} \text{ для всех } i = 1, \dots, N. \quad (5.1.20)$$

4. Определяется комплексная дисперсия ОН в совокупности по формуле:

$$D_{\text{ОН}} = \frac{\sum_{i=1}^N R_i^2}{N}, \quad (5.1.21)$$

где  $i = 1, \dots, N$  – номер объекта наблюдения.

При необходимости также вычисляются значения «производных» от дисперсии и «близких» к ней показателей. Значения комплексных дисперсий ( $D_{\text{ОН}}$ ), полученные по описанным двум «Технологиям», могут не совпадать, что обусловлено различиями в процедурах нормировки значений показателей. При таком подходе к расчету дисперсии оценивается вариация не каждого абстрактного статистического параметра ОН в отдельности, а объектов в целом в комплексе неотделимых друг от друга свойств.

Свойства ОН и их взаимосвязи в социально-экономической области формируются в значительной мере естественным путем, т. к. прямое изолированное управление отдельными свойствами (по выбору) обычно затруднительно. Поэтому интерес представляет изучение таких ОН и их совокупностей именно при естественных сочетаниях свойств. Выделение отдельных свойств, декомпозиция в разных формах, снижение размерностей решаемых задач и аналогичные общеизвестные способы анализа хотя и позволяют получать локальные результаты, но обычно приводят и к возрастанию уровней ошибок, не всегда верной трактовке фактов совместного проявления свойств ОН, снижению в дальнейшем точности прогнозирования поведения таких объектов при разработке концепций и сценариев их развития.

В свою очередь рассматриваемые при социально-экономических

исследованиях совокупности ОН чаще всего формируются также естественным (тематическим, по каким-либо принципам) путем. В этой предметной области классические статистические подходы к формированию выборок не всегда применимы на практике. Независимо от уровня однородности ОН (часто он достаточно низкий) такую совокупность можно рассматривать как обособленный и отличный от других кластер. Представляет интерес изучение его в целом с целью определения типовых свойств, что в последствии может быть использовано для выявления в совокупности действительно аномальных (не мнимых) ОН, последующего описания свойств кластера и использования полученных результатов для решения в будущем задач классификации при разработке систем поддержки принятия управленческих решений.

Традиционно при анализе развития экономических объектов (например, во времени) стараются применять удельные показатели, характеризующие изменение основного показателя во времени. Это позволяет затем сравнивать относительно разные компании типовым образом и формировать приемлемые по точности оценки и выводы. При этом использование относительных показателей рекомендуется для исключения эффекта «масштаба (размера компании)». При проведении данных исследований проявилась известная проблема вычисления среднегодовых удельных темпов роста показателя при отрицательных его значениях в начале или в конце периода. Основными путями ее «обхода» традиционно являются следующие:

1) смещение оси  $X$  в область отрицательных значений основного показателя, так, чтобы все его значения (или хотя бы в начале и в конце рассматриваемого интервала времени) стали положительными; такой математический прием корректен только при расчете абсолютных показателей (например, приростов), при последующем расчете относительных показателей (например, темпов роста) он дает погрешность, соответственно, применение его на практике возможно при оценочных (огрубленных) расчетах и сравнениях; при составлении же рейтингов, чаще всего, он неприменим из-за точностных аспектов;

2) полный отказ от использования удельных показателей роста, переход к расчету и анализу для этих же целей только абсолютных показателей (например, среднегодовых приростов); это возможно в случаях, если результаты расчетов будут использованы для сравнения достаточно похожих компаний, но таких в мире, отрасли или регионе относительно немного (на практике – почти нет); при попытке сравнения существенно разных компаний оценки часто получаются несопоставимыми и неинформативными, предварительное применение статистических группировок для достижения большей однородности рассматриваемых вместе компаний обычно не позволяет получить приемлемые результаты, т. к. в каждой группе оказывается слишком малое количество компаний для полноценного использования формализованных методов, а последующее сравнение групп между собой – проблематично из-за их еще большей неоднородности по сравнению с первичными данными. При этом на практике дополнительно может возникнуть проблема выбора критерия, используемого для группировки наблюдаемых объектов, т. к. при многофакторном экономическом анализе такой критерий обычно неочевиден.

При анализе исследователь сам обычно выбирает какие, абсолютные или относительные, показатели использовать, и руководствуется при этом их доступностью, целями исследования, пожеланиями заказчика и собственными предпочтениями. Однако можно посмотреть на проблему немного с другой стороны. Общепринятая формула расчета наиболее применяемого среднегодового темпа роста любого, в т. ч. стоимостного, показателя (5.1.22) может использоваться только при возможности линейной аппроксимации основной тенденции динамики и представляет собой среднюю геометрическую величину его цепных годовых индексов, или иначе корень  $(n - 1)$ -й степени из отношения уровней динамического ряда в конце и в начале периода наблюдения:

$$T = \sqrt[n-1]{i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot \dots \cdot i_n} = \sqrt[n-1]{\frac{x_n}{x_1}} . \quad (5.1.22)$$

Тогда подкоренное выражение на графике представляет собой оценку того,

сколько раз расстояние от оси  $X$  до значения показателя в начале периода наблюдения укладывается в аналогичное расстояние в конце периода. Но всегда ли имеет экономический смысл это отношение? Оно позволяет устранить эффект «масштаба» и информативно, если анализируются медленно и достаточно монотонно меняющиеся показатели, например, изменение доли рынка, занимаемой компанией, или снижение себестоимости продукции за период, когда приняты за 100% (базу сравнения) значения показателя в первый год наблюдения позволяет охарактеризовать в конечном итоге эффективность (или скорость) развития компании по тому или иному критерию (показателю). Однако, если речь идет, например, о прибыли компании или о прибыли в пересчете на одного сотрудника, то результат вычисления указанного подкоренного выражения почти теряет экономический смысл, и вряд ли целесообразно в последующем сравнивать компании по столь «условному» показателю и как-то трактовать его значения. Для таких показателей и аналогичных им целесообразнее рассчитывать абсолютные цепные годовые приросты, усреднять их по формуле средней арифметической величины (5.1.23). Деление числителя на  $(n - 1)$  приводит фактически к смещению оси  $X$ , а результат представляет собой тангенс угла наклона линии основной тенденции к оси  $X$  (также при условии линейной аппроксимации). Иными словами, получившаяся величина характеризует ту же самую скорость возрастания основного показателя, что и рассмотренный выше удельный темп роста, но в абсолютном выражении.

$$\overline{\Delta x} = \frac{(x_2 - x_1) + (x_3 - x_2) + \dots + (x_n - x_{n-1})}{n - 1} = \frac{x_n - x_1}{n - 1}. \quad (5.1.23)$$

С позиции экономического смысла он более корректен и свободен от недостатков, обусловленных возможным появлением отрицательных значений основного показателя. Он не позволяет математически исключить эффект «масштаба», но при анализе совместно с другими показателями, характеризующими этот эффект, нивелируется и это. Кроме того, использование его не приводит к возникновению известного отрицательного эффекта «величины

начального старта (базы сравнения)», характерного для относительных показателей роста. Таким образом, можно порекомендовать при выборе между использованием абсолютных или относительных показателей при оценивании изменений уровней динамического ряда руководствоваться экономическим смыслом промежуточных и результирующих математических выражений, а не иными причинами.

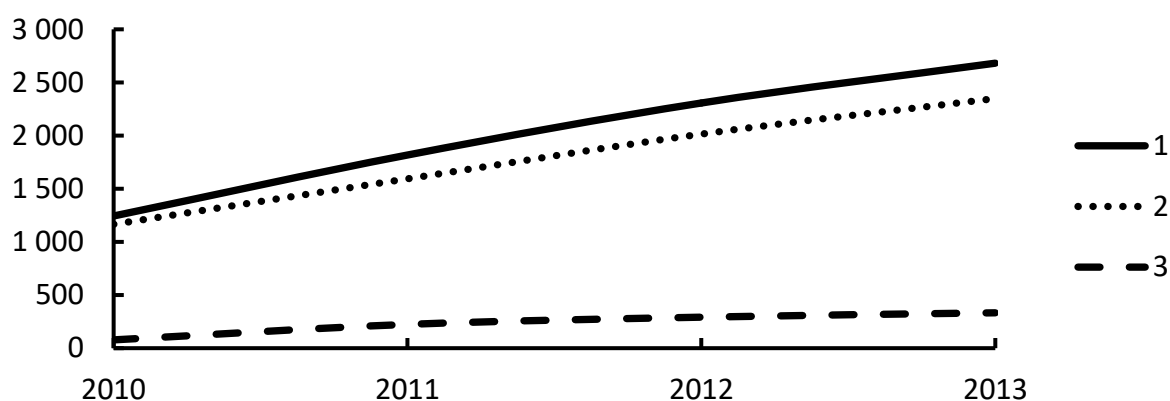
Проблема обработки заведомо неоднородной информации о социально-экономических системах до настоящего времени не решена в полном объеме. Особо важный статус она имеет в плане применения классических методов математики и статистики для такого типа систем. В представленных выше положениях сделана попытка снизить остроту этой проблемы и предложить практические подходы к использованию статистики для анализа этих систем. Описанные четыре «Технологии» могут применяться по-отдельности, независимо друг от друга в зависимости от целей исследования. С вычислительных позиций они являются относительно трудоемкими, но не требуют обязательного участия экспертов при подготовке и первичной обработке данных, хорошо алгоритмируются. Целесообразно при практическом применении предварительно реализовать их в виде отдельных программных модулей и встроить в системы поддержки принятия управленческих решений.

## **5.2. Моделирование условий развития интегрированной организационной структуры по официальной макроэкономической информации России и отчетности крупнейших компаний мира**

Рассмотрим особенности развития производственно-технологической сферы в Российской Федерации на основе статистических материалов, представленных официальном сайте Росстата, за период с 2009 по 2014 г. [153] (по отдельным показателям данные за 2009 г. и/или 2014 г. отсутствуют). Такой выбор периода обусловлен тем, что в эти годы экономика России развивалась без внешнего целенаправленного влияния экономических санкций и при



относительно высоком уровне мировых цен на энергоносители, иными словами, в благоприятных экономических условиях. В этот период объем произведенных инновационных товаров, работ и услуг в постоянных ценах 2010 г. достаточно быстро и практически равномерно увеличивался в промышленном производстве, в сфере услуг и по России в целом ежегодно в среднем на 26, 62, 29% соответственно (рис. 5.2.1). При этом доля осуществлявших технологические инновации организаций незначительно выросла, организационные и маркетинговые – немного уменьшилась, экологические – менялась существенно в 2010–2011 гг., но в конечном итоге осталась почти неизменной (рис. 5.2.2).



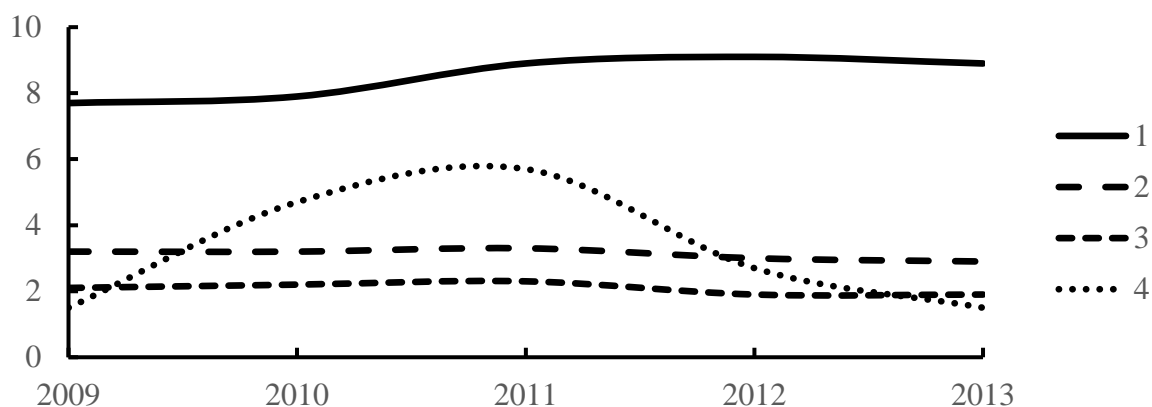
*Составлено автором.*

Рис. 5.2.1. Динамика объема отгруженных организациями инновационных товаров собственного производства, выполненных инновационных работ и услуг собственными силами, млрд руб. (в постоянных ценах 2010 г.).

1 – в целом по РФ; 2 – в сфере промышленного производства; 3 – в сфере услуг.

По субъектам России ситуация следующая (рис. 5.2.3). На протяжении указанных лет доли организаций, осуществлявших инновации, в Приволжском и Дальневосточном федеральных округах (ФО) были самыми высокими (10–14%), в Центральном, Северо-Западном, Уральском и Сибирском ФО – на среднем уровне (7–11%), в Южном и Северо-Кавказском ФО – самыми низкими (4–8%). По величине среднегодового прироста (уменьшения) данного показателя в указанный период федеральные округа распределились так: Сибирский (+4,2%), Центральный (+4,0%), Дальневосточный (+3,9%), Южный (+2,9%), Северо-

Западный (+2,6%), Северо-Кавказский (+2,4%), Приволжский (-0,1%), Уральский (-3,1%).



Составлено автором.

Рис. 5.2.2. Изменение удельного веса организаций, осуществлявших инновации в отчетном году, в общем числе обследованных организаций, %.

1 – технологические инновации; 2 – организационные инновации; 3 – маркетинговые инновации; 4 – экологические инновации.

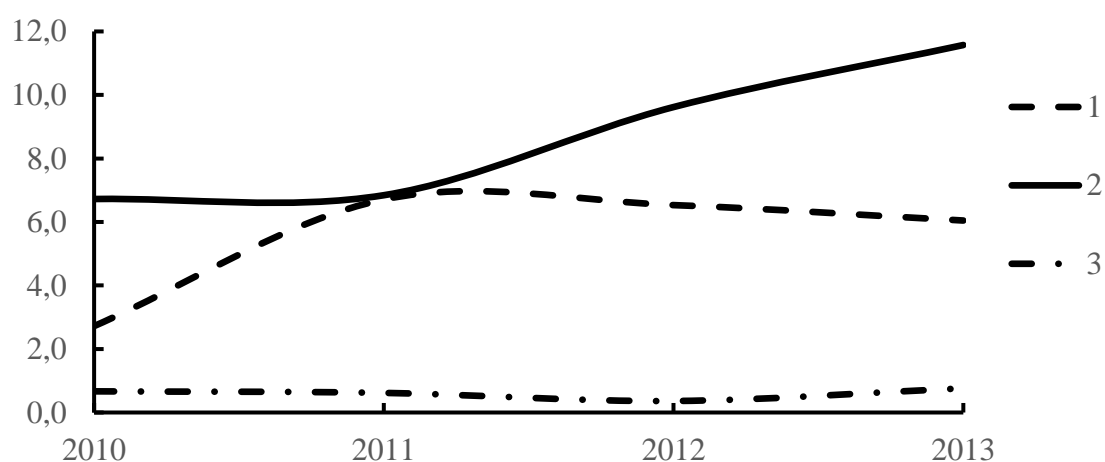


Составлено автором.

Рис. 5.2.3. Удельный вес организаций, осуществлявших инновации, в общем числе обследованных организаций по субъектам РФ, %.

1 – Центральный ФО; 2 – Северо-Западный ФО; 3 – Южный ФО; 4 – Северо-Кавказский ФО; 5 – Приволжский ФО; 6 – Уральский ФО; 7 – Сибирский ФО; 8 – Дальневосточный ФО.

По отдельным видам деятельности удельный вес инновационных товаров, работ и услуг в экономике России менялся следующим образом (рис. 5.2.4). Во всех представленных видах значение показателя не превышало 12,0%, лидирующее положение занимали обрабатывающие производства (6,7–11,6%), отстающее – связанные с производством и распределением электроэнергии, газа и воды (0,7–0,8%). Причем в первых двух (по графику) видах деятельности в 2011 г. произошло изменение тенденции: для обрабатывающих производств данный показатель стал расти в среднем на 30,1% в год, а для добычи полезных ископаемых – уменьшаться на 5,1%.



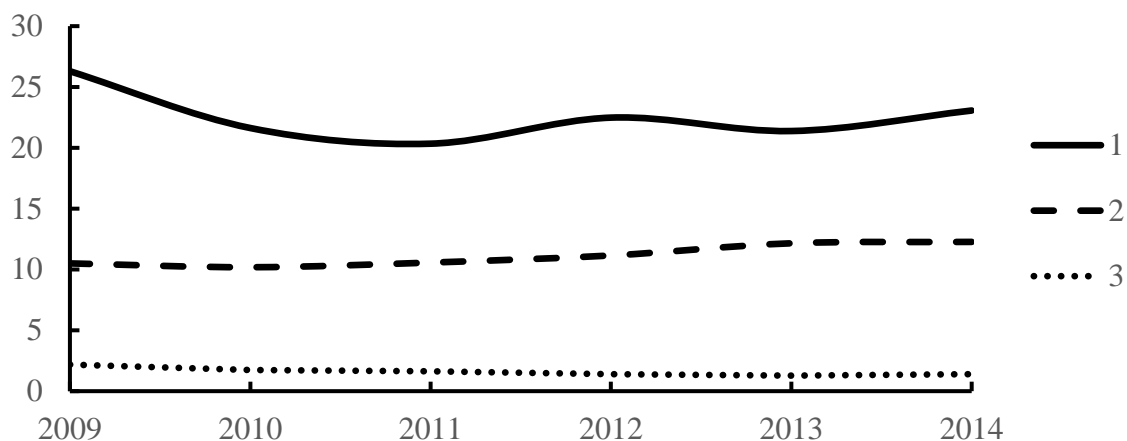
Составлено автором.

Рис. 5.2.4. Изменение доли инновационных товаров, работ и услуг в общем объеме отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по видам деятельности, %.

1 – Добыча полезных ископаемых; 2 – Обрабатывающие производства; 3 – Производство и распределение электроэнергии, газа и воды.

В этот же период количество выданных патентов на изобретения, полезные модели и промышленные образцы от российских заявителей суммарно снизилось с 39,0 до 36,7 тыс. шт., среднегодовое уменьшение составило 1,2% (рис. 5.2.5). По федеральным округам (без учета патентов на промышленные образцы) изменения были незначительными (рис. 5.2.6): наибольшие доли наблюдались в Центральном (48,1–49,5%) и Приволжском ФО (17,6–17,8%), наименьшие – в

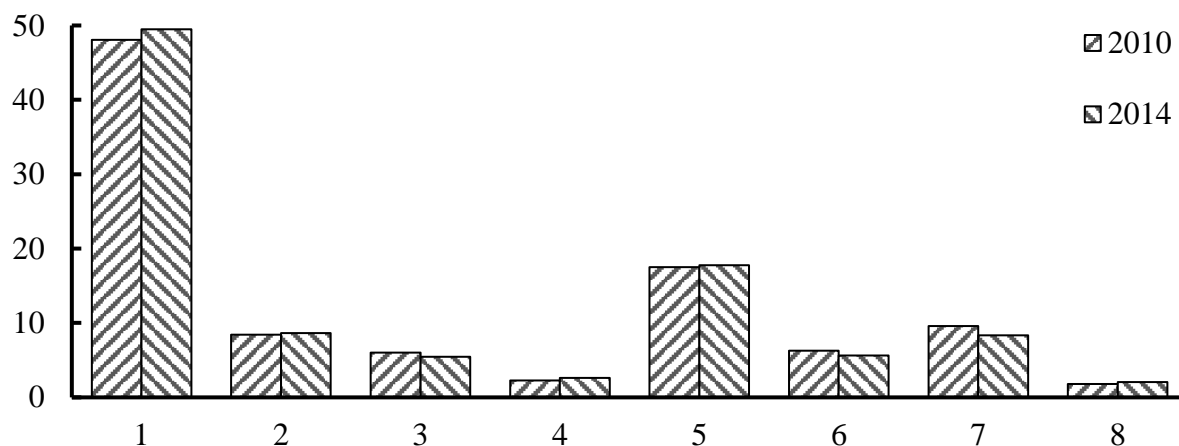
Северо-Кавказском (2,3–2,6%) и Дальневосточном ФО (1,8–2%), в остальных округах оставались в пределах от 5,4 до 9,6%.



Составлено автором.

Рис. 5.2.5. Динамика количества выданных патентов на изобретения, полезные модели и промышленные образцы от российских заявителей по России в целом, тыс. шт.

1 – на изобретения; 2 – на полезные модели; 3 – на промышленные образцы.

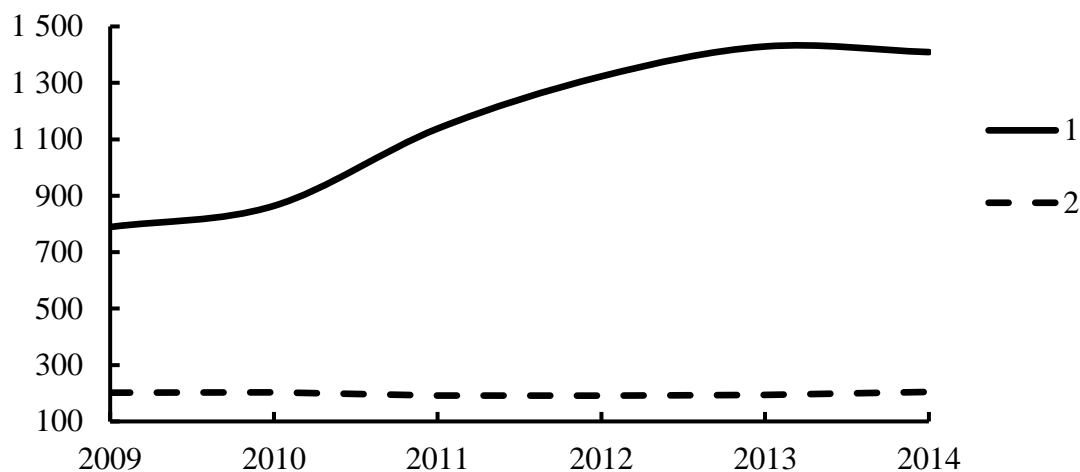


Составлено автором.

Рис. 5.2.6. Удельный вес суммарного количества выданных патентов на изобретения и полезные модели по субъектам РФ в общем числе выданных патентов в 2010 и 2014 гг., %.

1 – Центральный ФО; 2 – Северо-Западный ФО; 3 – Южный ФО; 4 – Северо-Кавказский ФО; 5 – Приволжский ФО; 6 – Уральский ФО; 7 – Сибирский ФО; 8 – Дальневосточный ФО.

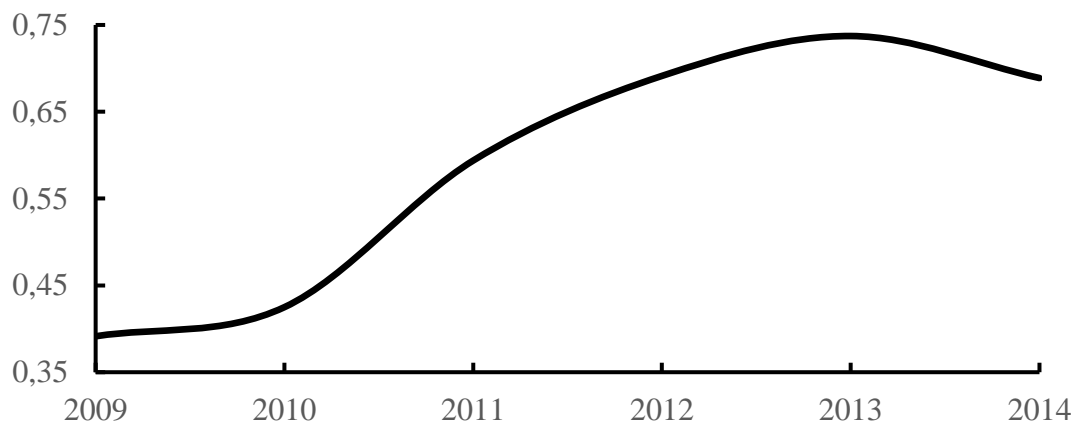
Наблюдалось не очень хорошее соотношение числа разработанных и используемых передовых производственных технологий (рис. 5.2.7 и рис. 5.2.8). Количество разработанных технологий оказалось меньше в 135–255 раз в разные годы, что свидетельствует о наличии серьезных проблем в этой области.



*Составлено автором.*

Рис. 5.2.7. Динамика количества разработанных (ед.) и используемых (тыс.ед.) передовых производственных технологий.

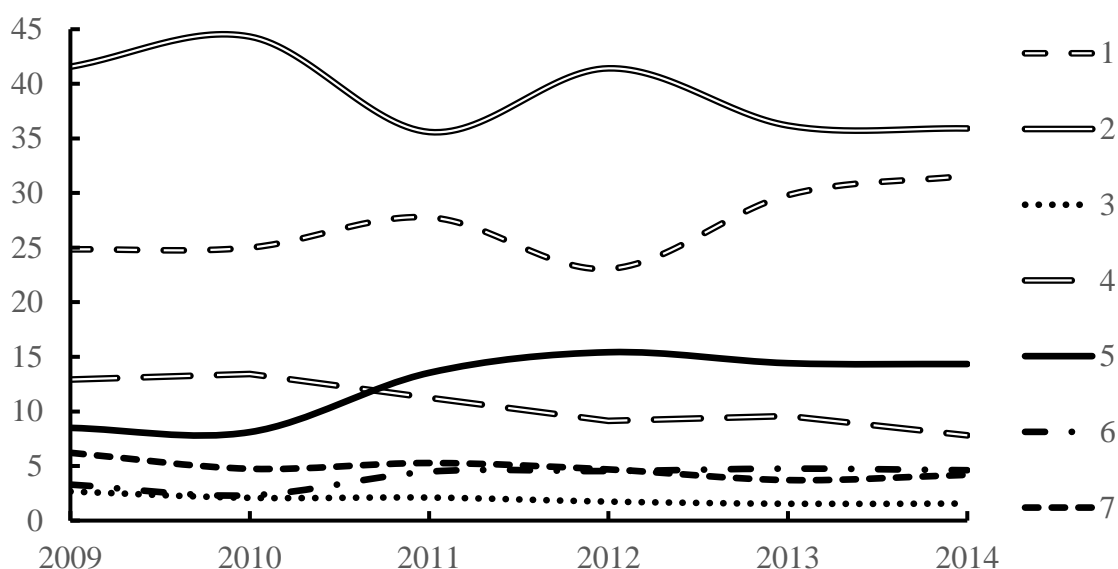
1 – разработанных технологий (ед.); 2 – используемых технологий (тыс. ед.).



*Составлено автором.*

Рис. 5.2.8. Изменение доли разработанных передовых производственных технологий в общем количестве используемых передовых производственных технологий, %.

В рассматриваемый период число разработанных технологий увеличивалось в среднем на 12,3% в год, используемых – на 0,3%. Доля разработанных в общем количестве используемых технологий в последние годы имела тенденцию увеличения, но по уровню оставалась крайне маленькой. Распределение объемов инноваций по основным группам разработанных технологий в рассматриваемые годы (рис. 5.2.9) позволяет сделать вывод, что преобладающее положение занимали «Проектирование, инжиниринг» (23–32%) и «Производство, обработка, сборка» (35–45%), каждая из остальных составляла менее 16%. Среди используемых наибольшие доли со значительным опережением были характерны для технологий «Проектирование, инжиниринг» (18–28%), «Производство, обработка, сборка» (26–29%), «Связь и управление» (35–42%), для прочих – не более 6%.

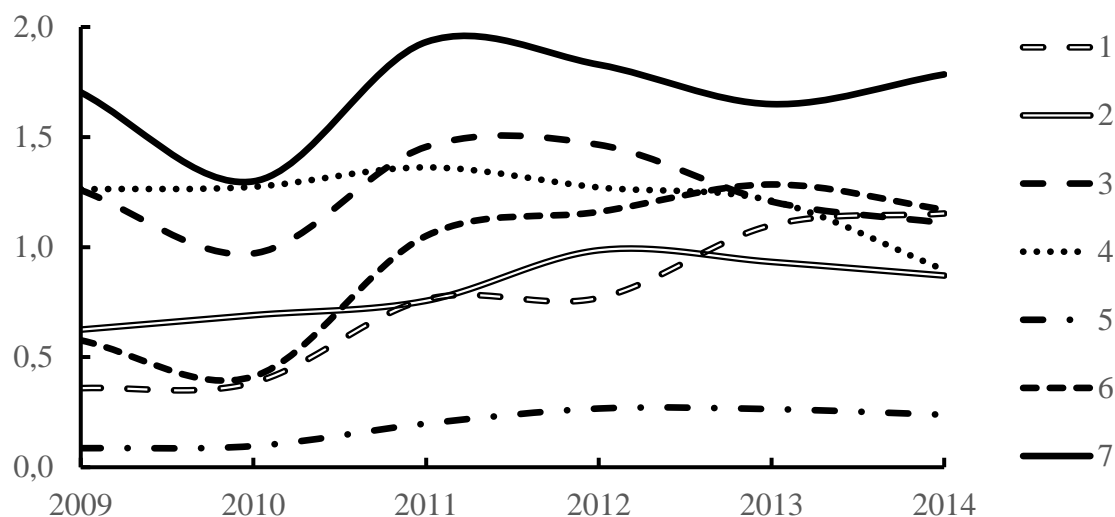


Составлено автором.

Рис. 5.2.9. Удельный вес групп разработанных передовых производственных технологий в общем количестве таких технологий в целом по России, ед.

- 1 – Проектирование, инжиниринг; 2 – Производство, обработка, сборка;  
 3 – Автоматизированная транспортировка материалов и деталей; 4 – Аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля; 5 – Связь, управление;  
 6 – Производственная информационная система; 7 – Интегрированное управление и контроль.

Как отмечалось выше, условная доля разработанных передовых производственных технологий в общем количестве используемых таких технологий крайне незначительна (рис. 5.2.10), при этом наблюдается тенденция примерного выравнивания к 2014 г. долей разных групп на уровне 0,85–1,17% за исключением групп «Связь и управление» (0,24%) и «Интегрированное управление и контроль» (1,78%).

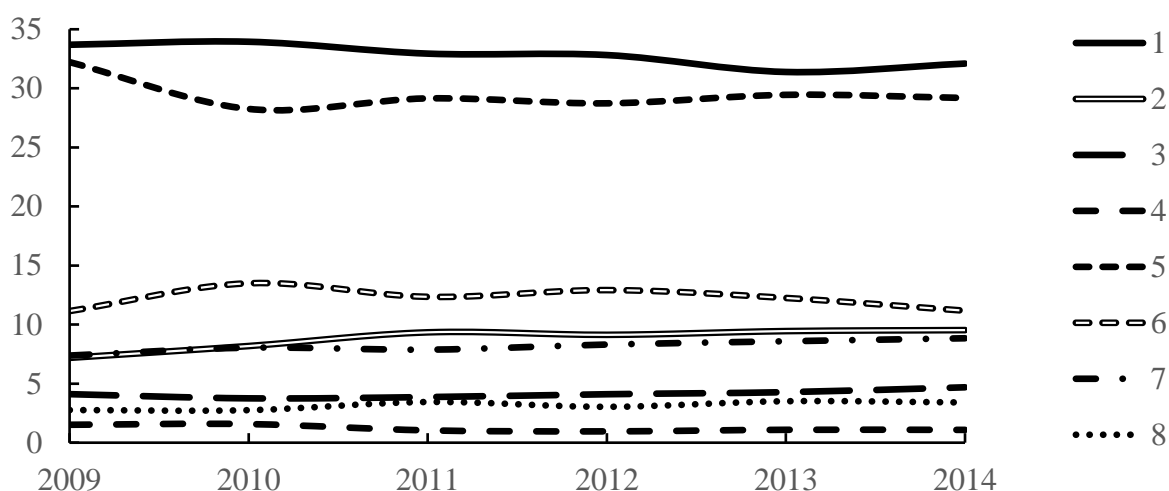


Составлено автором.

Рис. 5.2.10. Доля разработанных передовых производственных технологий в общем количестве используемых передовых производственных технологий по группам технологий, %.

- 1 – Проектирование, инжиниринг; 2 – Производство, обработка, сборка;  
 3 – Автоматизированная транспортировка материалов и деталей; 4 – Аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля; 5 – Связь, управление;  
 6 – Производственная информационная система; 7 – Интегрированное управление и контроль.

Среди регионов России по доле в суммарном количестве используемых передовых производственных технологий лидировали Центральный (31,4–33,9%) и Приволжский (28,3–32,2%) ФО, среднее положение занимали Уральский (11,1–13,5%), Северо-Западный (7,2–9,5%) и Сибирский (7,4–8,8%) ФО, доля каждого из остальных составляла менее 4,7%, и за весь период структура изменилась крайне незначительно (рис. 5.2.11).



Составлено автором.

Рис. 5.2.11. Удельный вес числа применяемых передовых производственных технологий по ФО России в суммарном количестве таких технологий во всех субъектах России, %.

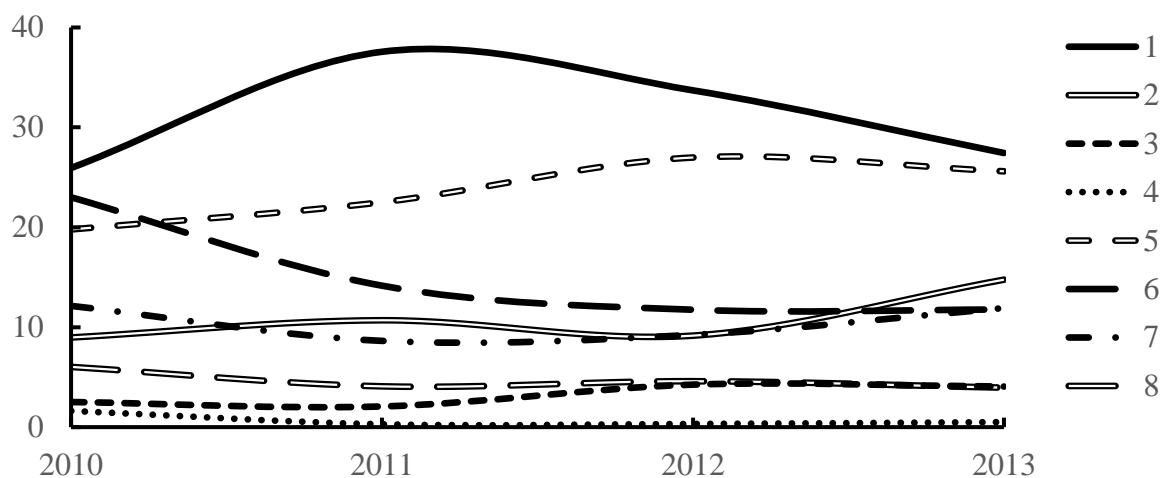
1 – Центральный ФО; 2 – Северо-Западный ФО; 3 – Южный ФО; 4 – Северо-Кавказский ФО; 5 – Приволжский ФО; 6 – Уральский ФО; 7 – Сибирский ФО; 8 – Дальневосточный ФО.

Удельный вес затрат на технологические (продуктовые, процессные) инновации субъектов РФ в суммарном объеме затрат на такие инновации по России в целом в рассматриваемый период времени изменялся в достаточно больших пределах (рис. 5.2.12), но в последние годы наметилась тенденция относительной стабилизации значений показателя. По итогам 2013 г. федеральные округа сгруппировались следующим образом: наибольшие значения были в Центральном и Приволжском ФО (25,6–27,4%), средние – в Северо-Западном, Уральском и Сибирском ФО (11,8–14,8%), меньшие – в Южном и Дальневосточном ФО (4,0–4,1%) и самое минимальное – в Северо-Кавказском ФО (0,5%).

Доли затрат на технологические инновации в общей стоимости произведенных товаров, работ и услуг в 2009 г. в Центральном, Уральском и Дальневосточном ФО находились в пределах от 2,3 до 3,1%, в других округах составляли менее 1,9%. В 2013 г. указанные доли увеличились в Северо-Западном



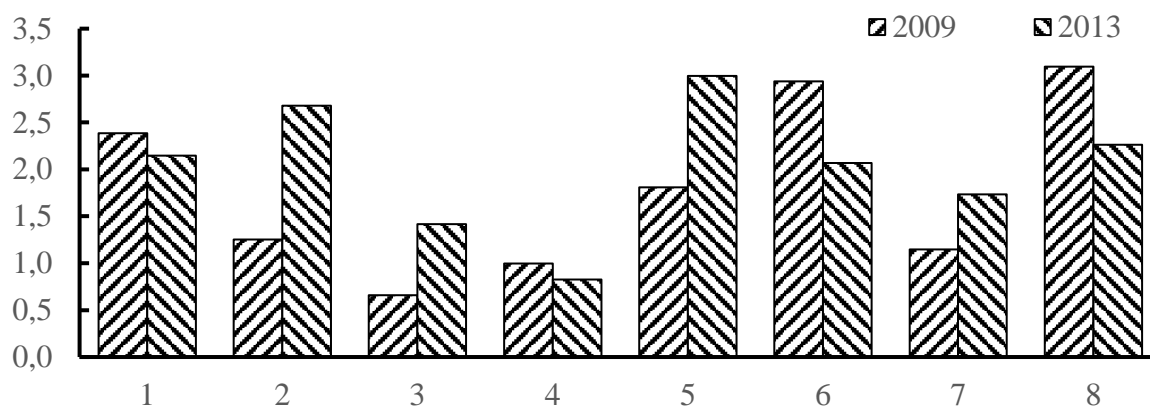
(до 2,2%), Южном (до 1,4%), Приволжском (до 3,0%) и Сибирском (1,7%) ФО, в остальных – немного уменьшились. Однако общий уровень во всех округах остался на низком уровне (рис. 5.2.13).



Составлено автором.

Рис. 5.2.12. Доля затрат на технологические (продуктовые, процессные) инновации по субъектам РФ в суммарном объеме затрат на такие инновации по России в целом, %.

1 – Центральный ФО; 2 – Северо-Западный ФО; 3 – Южный ФО; 4 – Северо-Кавказский ФО; 5 – Приволжский ФО; 6 – Уральский ФО; 7 – Сибирский ФО; 8 – Дальневосточный ФО.



Составлено автором.

Рис. 5.2.13. Доля затрат на технологические инновации в общем объеме произведенных товаров, работ и услуг по субъектам РФ, %.

1 – Центральный ФО; 2 – Северо-Западный ФО; 3 – Южный ФО; 4 – Северо-Кавказский ФО; 5 – Приволжский ФО; 6 – Уральский ФО; 7 – Сибирский ФО; 8 – Дальневосточный ФО.

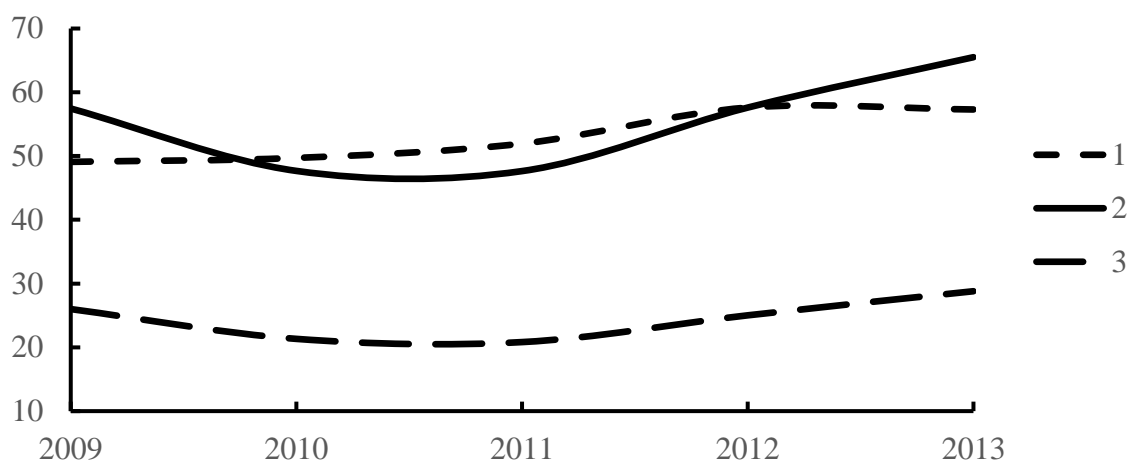
Несколько особую роль играют экологические инновации, отличие которых от всех остальных заключается в том, что полезный эффект от их внедрения трудно описывается экономическими категориями, но они крайне нужны на современном этапе развития общества. Как следует из материалов Росстата [153] в рассматриваемый период в России доли организаций, осуществлявших различные виды экологических инноваций в производственном процессе, изменялись относительно одинаково (рис. 5.2.14) за исключением графиков 1 и 2. Динамика долей организаций, внедрявших инновации, направленные на увеличение экологической безопасности при использовании потребителем усовершенствованных товаров, работ и услуг были аналогичны предыдущим (рис. 5.2.15).



*Составлено автором.*

Рис. 5.2.14. Доля организаций, внедрявших инновации, направленные на увеличение экологической безопасности производства товаров, работ и услуг (в % от общего числа организаций, внедрявших экологические инновации).

1 – сокращение материальных затрат на производство единицы товаров, работ и услуг; 2 – сокращение энергозатрат на производство единицы товаров, работ и услуг; 3 – сокращение выброса в атмосферу диоксида углерода; 4 – замена сырья и материалов на безопасные или менее опасные; 5 – снижение загрязнения окружающей среды; 6 – осуществление вторичной переработки отходов производства, воды или материалов.



*Составлено автором.*

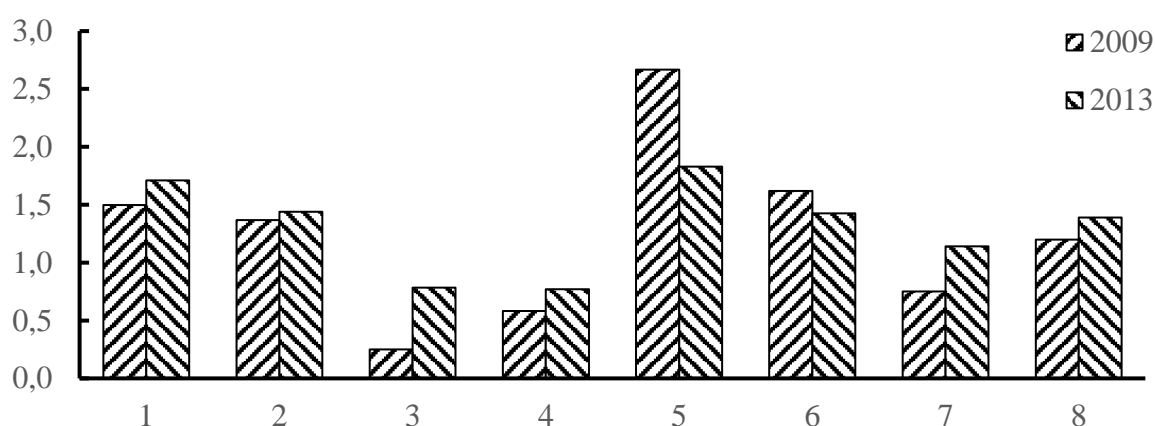
Рис. 5.2.15. Доля организаций, внедрявших инновации, направленные на увеличение экологической безопасности при использовании потребителем инновационных товаров, работ и услуг (в % от общего числа организаций, внедрявших экологические инновации).

- 1 – сокращение энергопотребления (энергозатрат) или потерь энергетических ресурсов;
- 2 – сокращение загрязнения атмосферного воздуха, земельных и водных ресурсов, уменьшение уровня шума;
- 3 – улучшение возможностей вторичной переработки (рециркуляции) товаров после использования.

Представленные на рис. 5.2.14 и рис. 5.2.15 в целом положительные тенденции предположительно могут объясняться изменениями в законодательстве и развитием общества, в 2010–2011 гг. наблюдался резкий спад количества рассматриваемых организаций, и итоговый рост оказался умеренным. Приведенные на этих рисунках закономерности противоречат аналогичной на рис. 5.2.2, полученной по материалам того же источника. Частично это может быть обусловлено несовершенством применяемых статистических методик и наличием «двойного счета» в значениях показателей на рис. 5.2.14 и рис. 5.2.15.

Анализ динамики этого показателя по субъектам Российской Федерации показал, что во всех федеральных округах в 2010–2011 гг. наблюдался существенный рост количества таких организаций, но с последующим снижением примерно до уровня 2009 г. (более чем в 2 раза) за исключением Приволжского

ФО, в котором уменьшение было более значительным. Это может свидетельствовать о временном появлении в указанные годы благоприятствующих факторов и дальнейшем возвращении экономической системы в свое «обычное» состояние или об изменении законодательства. При этом на протяжении всех лет лидирующее положение занимали Центральный, Приволжский и Уральский ФО, наихудшее положение наблюдалось в Южном и Северо-Кавказском ФО (рис. 5.2.16), однако во всех федеральных округах уровень этого показателя был очень низким. Можно отметить и едва наметившуюся тенденцию некоторого выравнивания положения во всех федеральных округах.

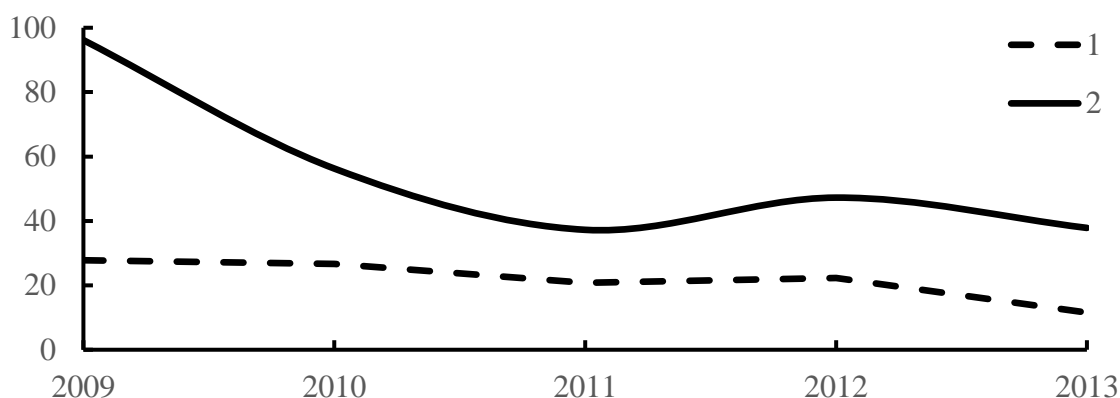


*Составлено автором.*

Рис. 5.2.16. Доля организаций, осуществлявших экологические инновации, в общем числе обследованных организаций по субъектам РФ, %.

1 – Центральный ФО; 2 – Северо-Западный ФО; 3 – Южный ФО; 4 – Северо-Кавказский ФО; 5 – Приволжский ФО; 6 – Уральский ФО; 7 – Сибирский ФО; 8 – Дальневосточный ФО.

Одновременно с описанными выше изменениями наблюдалось еще и сокращение абсолютных затрат, связанных с экологическими инновациями (рис. 5.2.17). За рассматриваемый период они снизились по России в целом примерно с 27,8 до 11,5 млрд руб. (среднегодовое снижение составило 19,7%), в пересчете же на одну организацию – с 96,2 до 37,8 млн руб. (среднегодовое снижение – 20,8%) в постоянных ценах 2010 г.

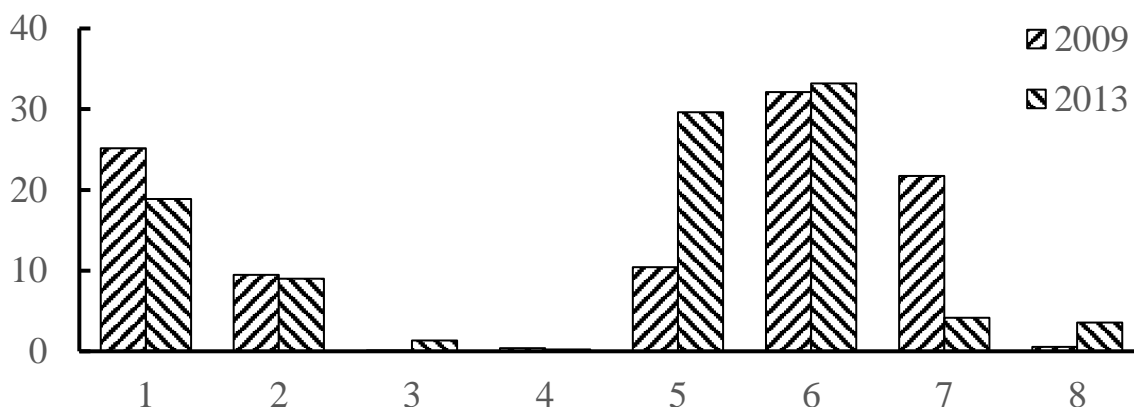


Составлено автором.

Рис. 5.2.17. Изменение специальных затрат, связанных с экологическими инновациями, по России в целом (в постоянных ценах 2010 г.).

1 – суммарные затраты по России в целом, млрд руб.; 2 – затраты в расчете на одну организацию, млн руб.

По федеральным округам ситуация была почти аналогична вышеописанным: лучшее положение в Приволжском и Уральском ФО, самое «скромное» – в Южном и Северо-Кавказском ФО (рис. 5.2.18). Причем в Приволжском ФО доля затрат за рассматриваемый период выросла почти в 3 раза, в Сибирском ФО уменьшилась примерно в 4 раза, а в остальных округах изменилась крайне незначительно.

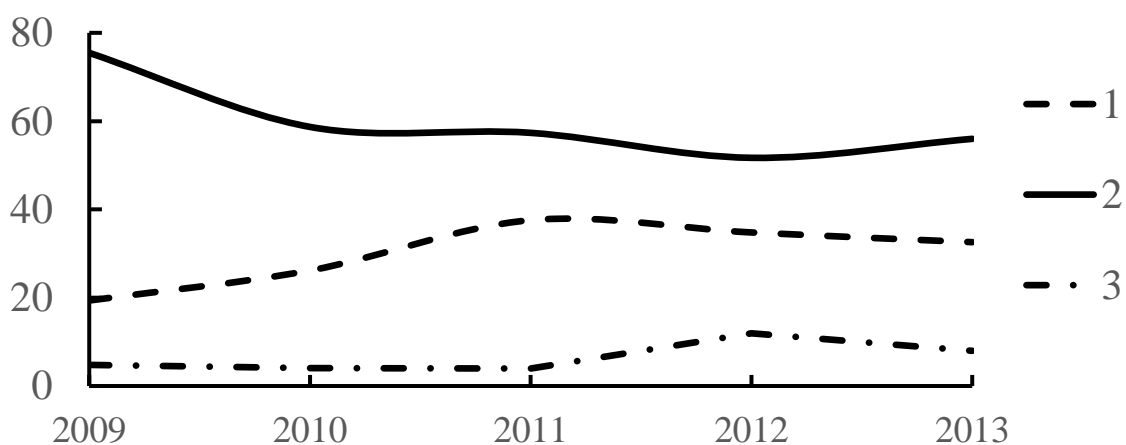


Составлено автором.

Рис. 5.2.18. Доли специальных затрат, связанных с экологическими инновациями в общем объеме таких затрат по субъектам РФ, %.

1 – Центральный ФО; 2 – Северо-Западный ФО; 3 – Южный ФО; 4 – Северо-Кавказский ФО; 5 – Приволжский ФО; 6 – Уральский ФО; 7 – Сибирский ФО; 8 – Дальневосточный ФО.

По отдельным видам экономической деятельности (рис. 5.2.19) лидирующую позицию по доле специальных затрат на экологические инновации занимали обрабатывающие производства (56% в 2013 г.), среднее положение – связанные с добычей полезных ископаемых (32,6% в 2013 г.), «отстающими» были предприятия, занимающиеся производством и распределением электроэнергии, газа и воды (8% в 2013 г.).



*Составлено автором.*

Рис. 5.2.19. Динамика удельного веса специальных затрат, связанных с экологическими инновациями, в общем объеме таких затрат по видам экономической деятельности, %.

1 – Добыча полезных ископаемых; 2 – Обрабатывающие производства; 3 – Производство и распределение электроэнергии, газа и воды.

Таким образом, развитие в Российской Федерации сферы инноваций в последние годы происходило в целом поступательно, по нарастающей тенденции, однако начиная с крайне низкого уровня и медленно. При этом очень сильно сократились затраты на экологические инновации, возможно частично это снижение было компенсировано ростом эффективности их использования, но оценить это пока затруднительно. Для устойчивого экономического развития, завоевания весомых позиций на мировом рынке необходимы разработка и внедрение в практику отечественных новых технологий, прежде всего в высокотехнологичных и экологической областях. Целесообразным является и

направленная координированная специализация развития тех или иных инноваций в различных регионах России.

При анализе информации о стране в региональном разрезе, например, на основе данных по субъектам РФ, может быть применена следующая трехэтапная технология. На первом этапе с помощью геоинформационной системы («2ГИС» или другой) первичные значения показателей о субъектах РФ наносятся на карту страны в сером полутоновом виде для каждого года отдельно. Например, худшие значения показателя могут быть обозначены темными оттенками, лучшие – светлыми. Для любого года такая карта хорошо визуализирует пространственное распределение значений показателя и может быть использована для выявления возможных закономерностей. При необходимости могут быть построены изолинии для выбранных уровней показателя, форма изолиний (очередность соединения точек) определяется экспертным путем, исходя из целей исследования и априорной информации. При последовательном просмотре таких карт за 10-15 лет в хронологическом порядке обычно хорошо заметны тенденции изменения цветовой гаммы, и может быть выявлена динамика развития ситуации в стране. Динамика изменения форм изолиний и их расположения на карте также способствует повышению качества анализа.

На втором этапе строится частотное распределение значений показателя по субъектам РФ без исключения «аномальных» регионов. На практике субъекты группируются в 7-8 интервалов (для РФ), аналогично первому этапу каждому интервалу присваивается оттенок серого цвета, и информация наносится на карту. Далее выполняется ее анализ в статике и в динамике. При возможности интерпретации могут быть проведены изолинии для модального и медианного значений. На третьем этапе для более детального исследования строится частотное распределение значений показателя также по субъектам РФ, но с предварительным исключением «аномальных» регионов. Затем информация аналогично наносится на карту и анализируется. Результаты, полученные на каждом из трех этапов, сопоставляются между собой, формируются выводы и

прогнозы. Описанная трехэтапная технология хорошо алгоритмируется и может быть встроена в системы поддержки принятия решений органов управления ИОС.

Создание транснациональных корпораций, неравномерность распределения ресурсов на разных континентах и в разных странах и многие другие факторы способствуют развитию определенных форм международного разделения труда. Формирование и расширение логистических систем также оказывает существенное влияние на эти процессы. Исторически сложились определенные особенности развития отраслей экономик государств, наблюдаются отдельные интересные тенденции их развития в рамках фактически единой мировой экономики. Общедоступная информация о протекающих социально-экономических процессах, представляемая различными странами и/или другими международными источниками, частично противоречива и только «в целом» характеризует сложившуюся ситуацию на мировом рынке, детализированный анализ ее затруднен.

Весомым и информативным дополнением официальных данных являются общепризнанные в мире рейтинги «Forbes», дающие возможность формировать относительно независимые оценки тех или иных результатов экономического развития. Фактически они являются косвенными характеристиками общемировых процессов, сопоставление результатов исследования этих рейтингов и тематических отчетов многих крупнейших аналитических компаний позволяет уточнять оценки и разрабатывать более адекватные сценарии развития экономики. Известные исследования возможных причин успешности деятельности компаний и отраслей экономики являются недостаточными. Сопоставление основных тенденций развития крупных мировых и российских компаний по отдельным экономическим показателям представляется актуальным. Дискуссионным остается и целесообразный перечень анализируемых показателей.

Рассмотрим особенности проведенного исследования. Из 35 публичных компаний нефинансового сектора, занимающих верхние части мирового и российского рейтингов Forbes, отчетная информация которых содержится в



информационно-аналитической системе (ИАС) «Bloomberg Professional» [86], были сформированы две выборки: зарубежных и российских компаний. Период наблюдения выбран 17 лет, с 2001 по 2017 гг. (на момент проведения исследования информация за более поздние годы и по некоторым компаниям за отдельные годы отсутствовала).

В первую выборку (назовем ее «Выборка мировая», далее – ВМ) вошли 23 компании (табл. 1 Приложения 5). Во вторую (назовем ее «Выборка российская», далее – ВР) были включены 12 компаний (табл. 2 Приложения 5). Одной их характеристик каждой компании являлось направление деятельности (сектор): «ИТ-сфера», «Телекоммуникации», «Автомобилестроение», «Нефтегазовые», «Производство потребительских товаров», «Многопрофильные», «Металлургия и горнодобыча», «Оптовая и розничная торговля». Для исследования использованы следующие отчетные показатели компаний:

- группа ESG-показателей: «Количество сотрудников (чел.)», «Средний возраст директоров (лет)», «Оценка раскрытия социальной информации (баллов)», «Оценка раскрытия экологической информации (баллов)», «Оценка раскрытия информации управления (баллов)», «Z-показатель Альтмана (ед.)»;

- группа финансовых показателей: «Используемый капитал на 1 работника (тыс. USD)», «Выручка на 1 работника (тыс. USD)», «Текущая рыночная капитализация на 1 работника (тыс. USD)», «Чистый доход / Чистая прибыль (убытки) на 1 работника (тыс. USD)», «Расходы на НИОКР на 1 работника (тыс. USD)»; все стоимостные показатели были предварительно пересчитаны в постоянные цены 2001 г.

Показатели «Оценка раскрытия социальной информации», «Оценка раскрытия экологической информации», «Оценка раскрытия информации управления» представляют собой запатентованные баллы от компании «Bloomberg», основанные на степени раскрытия каждой компанией социальной, экологической информации и информации о корпоративном управлении в рамках данных ESG. Эти баллы колеблются в диапазоне от 0,1 для компаний, которые

раскрывают минимальный объем информации соответствующего направления, до 100 для компаний, которые раскрывают каждый элемент данных, собираемых «Bloomberg». Для каждого элемента данных применяется соответствующая весовая доля с позиции его важности [86]. Данные по этим трем показателям представлены только с 2007 г. Тенденции изменения их значений оказались частично похожими для каждой компании отдельно. Показатели рассчитываются на основе первичных данных, предоставляемых каждой из них в рамках существующей внутрифирменной политики. Чтобы при анализе исключить доминирование трех относительно похожих показателей, для каждой компании для каждого года были рассчитаны их средние значения и под названием «Уровень раскрытия информации ESG» использованы один раз.

В связи с тем, что целью исследования являлось оценивание и сопоставление мировых и российских тенденций, но не непосредственное сравнение конкретных компаний между собой, их названия не приведены. Рейтинговые исследования двух выборок были выполнены по средним за период значениям названных выше показателей и их среднегодовым приростам. При этом верхняя половина каждого рейтинга в ВМ составила 11 позиций, в ВР – 6 позиций. Динамика, первичный анализ указанных показателей по каждому из них приведены в Приложении 4. Рейтинговое исследование компаний отдельно по каждому из указанных показателей выявило следующее:

*1. «Количество сотрудников»:*

- по абсолютному значению количества сотрудников в ВМ верхнюю половину выборки (11 позиций) заняли три компании сектора 3, по две – 1 и 6, по одной – 2, 4, 5, 8 секторов; аналогично в ВР (6 позиций) составили по две компании – секторов 4, 7, 8;

- среднегодовой прирост основного показателя в ВМ только в 15 компаний был положительным: по три – секторов 1 и 2, по две – 3, 4, 5, 6, одна – 8; в ВР – в 8 компаниях: три – сектора 4, по две – 7 и 8, одна – 2;

- одновременно по обоим рейтингам выделились в лучшую сторону в ВМ 9

компаний: по две – секторов 1 и 3, по одной – 2, 4, 5, 6, 8; в ВР – 3 компании: две – сектора 8, одна – 4.

2. *«Средний возраст директоров»* – рейтинговое исследование не проводилось в связи со спецификой показателя.

3. *«Уровень раскрытия информации ESG»:*

- по среднему значению показателя в ВМ верхние 11 позиций заняли: шесть компаний 4 сектора, две – 3 сектора, по одной – 1, 2, 5 секторов; в ВР первые 6 позиций составили: четыре компании 7 сектора, две – 4 сектора;

- по величине ежегодного прироста показателя: в ВМ оказался положительным у 21 компании: семи – 4 сектора, по три – 1, 2, 6 секторов, по две – 3, 5 секторов, одной – 8 сектора; в ВР – у 9 компаний: пяти – 7 сектора, четырех – 4 сектора;

- одновременно по обоим характеристикам: в ВМ выделились 9 компаний: пять – 4 сектора, по одной – 1, 2, 3, 5 секторов; в ВР – 6 компаний: четыре – 7 сектора, две – 4 сектора.

4. *«Z-показатель Альтмана»:*

- по среднему значению в ВМ первые 11 позиций заняли: четыре компании 4 сектора, три – 1 сектора, две – 5 сектора, по одной – 2, 8 секторов; в ВР – первые 6 позиций: три компании 4 сектора, две – 7 сектора, одна – 8 сектора;

- по среднему за период ежегодному приросту: в ВМ он оказался положительным у 10 компаний: трех – 6 сектора, по две – 1, 5 секторов, по одной – 2, 3, 4 секторов; в ВР – в 5 компаниях: по две – 7 и 8, одна – 4 сектора;

- одновременно по этим двум характеристикам в положительную сторону в ВМ выделились 5 компаний: по две – 1, 5 секторов, одна – 4 сектора; в ВР – всего только две компании 4 и 8 секторов.

5. *«Используемый капитал на 1 работника»:*

- по среднему значению за весь период времени в ВМ первые 11 позиций заняли семь компаний сектора 4, две – сектора 6, по одной – 1 и 2 секторов; в ВР (6 позиций): по три компании 4 и 7 секторов;

- положительное значение среднегодового прироста в ВМ наблюдалось у пятнадцати компаний: семи – 4 сектора, трех – 6 сектора, по одной – 1, 2, 3, 5, 8 секторов; в ВР – у семи компаний: четырех – 4 сектора, двух – 7 сектора и одной – 8 сектора;

- одновременно по двум этим рейтингам положительно выделились в ВМ восемь компаний: шесть – 4 сектора, две – 6 сектора; в ВР – четыре компании, из них три – 4 сектора, одна – 7 сектора.

*6. «Выручка на 1 работника»:*

- по среднему значению основного показателя в ВМ верхние 11 строчек заняли шесть компаний 4 сектора, две – 1 сектора, по одной – 2, 3, 6 секторов; в ВР верхние 6 позиций составили три компании 4 сектора, две – 7 сектора, одна – 2 сектора;

- по среднегодовому приросту положительные значения в ВМ оказались у 14 компаний: семи – 4 сектора, двух – 3 сектора, по одной – 1, 2, 5, 6, 8 секторов; в ВР – у 8 компаний: четырех компаний 4 сектора, по две – 7 и 8 секторов;

- одновременно по этим двум характеристикам в лучшую сторону в ВМ возможно отметить 6 компаний, из них пять – 4 сектора, одна – 1 сектора; в ВР – только три компании 4 сектора.

*7. «Текущая рыночная капитализация на 1 работника»:*

- по среднему за период значению основного показателя в ВМ первые 11 позиций заняли шесть компаний 4 сектора, две – 2 сектора, по одной – 1, 5, 6; в ВР (6 позиций) – три компании 4 сектора, две – 7 сектора, одна – 2 сектора;

- в ВМ ежегодные приросты показателя оказались положительными у 13 компаний, из них пяти – 4 сектора, по две – 1, 3 и 5 секторов, по одной – 2 и 6 секторов; в ВР – у 4 компаний, из них двух – 4 сектора, по одной – 7 и 8 секторов;

- по двум характеристикам одновременно в ВМ в лучшую сторону можно выделить 5 компаний: три – 4 сектора, по одной – 1 и 5 секторов; в ВР – только одну компанию 4 сектора.

*8. «Чистый доход / Чистая прибыль (убытки) на 1 работника»:*

- по среднему значению за весь период первые 11 позиций в ВМ составили шесть компаний 4 сектора, две – 1 сектора, по одной – 2, 5, 6 секторов; в ВР верхние 6 позиций – три компании 4 сектора, две – 7 сектора и одна – 2 сектора;

- средний за период ежегодный прирост оказался положительным в ВМ у 13 компаний: по три – 1, 3 секторов, по две – 2, 5, 6 секторов, одна – 4 сектора; в ВР – у 6 компаний: трех – 4 сектора, двух – 7 сектора, одной – 8 сектора;

- одновременно по обоим вышеназванным параметрам в лучшую сторону в ВМ выделились 4 компании: две – 1 сектора, по одной – 5, 6 секторов; в ВР – 3 компании: две – 4 сектора, одна – 7 сектора.

#### *9. «Расходы на НИОКР на 1 работника»:*

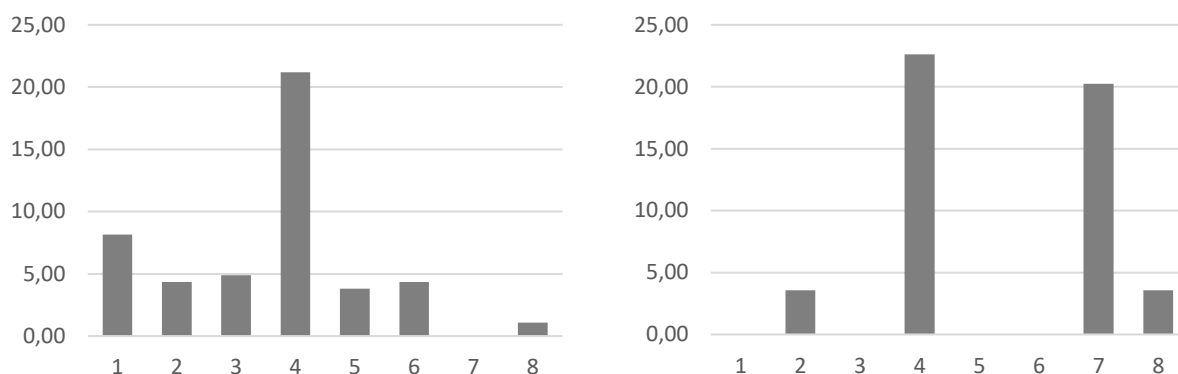
- анализ компаний ВМ показал: по среднему значению верхние 11 позиций заняли по три компании 1, 3, 4 секторов, по одной – 5, 6 секторов; ежегодный прирост оказался положительным у 14 компаний: семи – 4 сектора, по две – 3, 6 секторов, по одной – 1, 2, 5 секторов; одновременно по обоим показателям в лучшую сторону можно отметить 6 компаний: по две – 3, 4 секторов, по одной – 1, 6 секторов;

- провести рейтинговый анализ для российских компаний не представилось возможным.

На рис. 5.2.20 – 5.2.22 представлены итоги рейтингования компаний двух выборок с целью выделения наиболее «успешных» секторов экономики. По оси абсцисс отложены условные номера секторов. Значения по оси ординат по каждой категории (отдельно для рис. 5.2.20, отдельно для рис. 5.2.21, отдельно для рис. 5.2.22) рассчитаны следующим образом: суммарное значение числа компаний, отмеченных в лучшую сторону при рейтинговании по каждому показателю, разделить на количество этих показателей, затем разделить на объем выборки (для ВМ – 23, для ВР – 12), затем умножить на 100%.

Рейтингование по среднему за рассматриваемый период значению каждого показателя (рис. 5.2.20) показало, что среди зарубежных наиболее успешны нефтегазовые компании (4 сектора), среди российских – нефтегазовые (4 сектора),

металлургические и горнодобывающие (7 сектора). Компании остальных секторов – в значительно меньшей мере. При этом среди зарубежных нет компаний 7 сектора, среди российских – 1, 3, 5, 6 секторов.



*Составлено автором.*

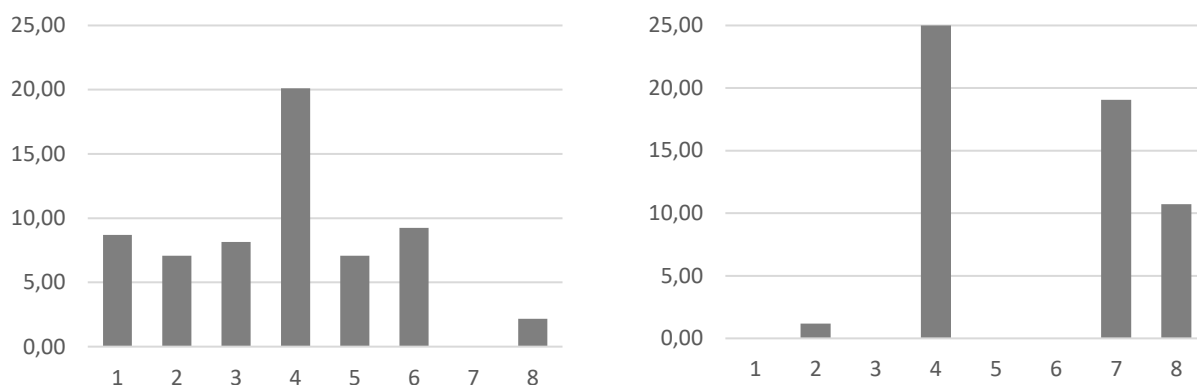
Рис. 5.2.20. Итоги рейтингования секторов по среднему за период значению указанных показателей компаний, % (слева для зарубежных, справа для российских компаний; по оси X – номер сектора).

1 – «ИТ-сфера»; 2 – «Телекоммуникации»; 3 – «Автомобилестроение»; 4 – «Нефтегазовые»; 5 – «Производство потребительских товаров»; 6 – «Многопрофильные»; 7 – «Металлургия и горнодобыча»; 8 – «Оптовая и розничная торговля».

Рейтингование по средней величине ежегодного прироста каждого показателя (рис. 5.2.21) выявило, что также преимущественное положение в ВМ занимают нефтегазовые компании (4 сектора), а в ВР – нефтегазовые (4 сектора), металлургические и горнодобывающие (7 сектора) и, в отличие от предыдущего, компании оптовой и розничной торговли (8 сектора). Также в ВМ отсутствуют компании 7 сектора, в ВР – 1, 3, 5, 6 секторов.

Рейтингование одновременно по обоим названными параметрам отчетных показателей (рис. 5.2.22) показало, что в ВМ также выделяются в лучшую сторону нефтегазовые компании (4 сектора), в ВР – нефтегазовые (4 сектора), металлургические и горнодобывающие (7 сектора), оптовой и розничной торговли (8 сектора). При этом в ВМ отсутствуют компании 7 сектора, а в ВР – 1, 2, 3, 5, 6 секторов. Долевые значения этих параметров для обоих выборок оказались

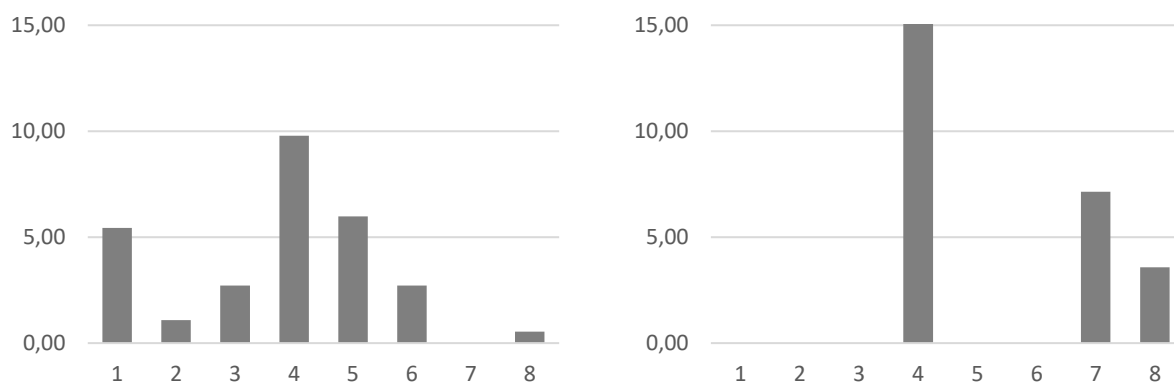
значительно меньше, нежели по-отдельности для каждого из них, что естественно для экономической области.



Составлено автором.

Рис. 5.2.21. Итоги рейтингования секторов по величине ежегодного прироста указанных показателей компаний, % (слева для зарубежных, справа для российских компаний; по оси X – номер сектора).

1 – «ИТ-сфера»; 2 – «Телекоммуникации»; 3 – «Автомобилестроение»; 4 – «Нефтегазовые»; 5 – «Производство потребительских товаров»; 6 – «Многопрофильные»; 7 – «Металлургия и горнодобыча»; 8 – «Оптовая и розничная торговля».



Составлено автором.

Рис. 5.2.22. Итоги рейтингования секторов одновременно по среднему за период значению и величине ежегодного прироста указанных показателей компаний, % (слева для зарубежных, справа для российских компаний; по оси X – номер сектора).

1 – «ИТ-сфера»; 2 – «Телекоммуникации»; 3 – «Автомобилестроение»; 4 – «Нефтегазовые»; 5 – «Производство потребительских товаров»; 6 – «Многопрофильные»; 7 – «Металлургия и горнодобыча»; 8 – «Оптовая и розничная торговля».

Можно отметить, что по ряду показателей для среднего по всем компаниям выборки значения и для коэффициента вариации в пределах выборки наблюдалась «стратегическая» похожесть тенденций, причем для ВМ в больше мере, чем для ВР, но эти тенденции существенно отличались для зарубежных и российских компаний. По динамике значений коэффициента вариации большинства указанных показателей можно констатировать, что для обоих выборок в кризисный период компании становились более похожими друг на друга в пределах каждой выборки.

Среди крупнейших существенно чаще выделяются в лучшую сторону в ВМ нефтегазовые компании, в ВР – нефтегазовые, металлургические и горнодобывающие, оптовой и розничной торговли. Можно предположить, что нефтегазовый сектор в современной мировой экономике развит значительно лучше других, и Россия не является исключением. При подготовке исходных данных несколько компаний нефтегазового сектора по ряду причин не вошли в исследованные выборки, иначе их представленность в результатах рейтингования могла быть еще выше. Высокая развитость в России предприятий металлургического и горнодобывающего сектора является исторической особенностью страны и, частично, следствием некоторой «отсталости» сектора в других странах. В этом плане наша страна устойчиво занимает определенную рыночную нишу в рамках мирового разделения труда.

Значительное присутствие среди крупнейших компаний оптовой и розничной торговли косвенно свидетельствует о наличии зависимости России от производителей других стран. Распространенное в средствах массовой информации и негативное мнение о значительной сырьевой направленности экономики России в целом подтверждается, но говорить об ее исключительности в этом плане нет оснований. К сожалению, среди крупнейших не представлены в РФ компании ИТ-сферы, автомобилестроения, по производству потребительских товаров и многопрофильные.

Отдельно без разделения этих же компаний на две выборки оценим



возможное влияние значений показателей «Средний возраст директоров» и «Оценка раскрытия информации управления» на значения показателей «Фактическая чистая прибыль на 1 работника», «Z-показатель Э. Альтмана» и «Расходы на НИОКР (без пересчета на 1 работника)» по данным компании «Bloomberg» [86]. Исследование проведем в разрезе страновой принадлежности компаний. Корреляционный анализ показал следующее:

- по абсолютному значению линейный коэффициент корреляции между «Средним возрастом директоров» и «Z-показателем Э. Альтмана» для каждой компании отдельно (во времени) оказался равен 0,7 и более только у 6 компаний из выборки: 2 – Китая и по 1 – других стран; аналогично для пары показателей «Средний возраст директоров» и «Фактическая чистая прибыль на 1 работника» – у 8 компаний: 3 – российских и по 1 – других стран; и аналогично для пары показателей «Средний возраст директоров» и «Расходы на НИОКР» – только у 3-х компаний разных стран; анализ корреляции для этих же пар показателей отдельно для каждого года (по всем компаниям вместе) с лагами 0, 1, 2 года (в рамках анализируемого причинно-следственного направления влияния) не выявил наличия общих для всех компаний выборки взаимосвязей; принимая во внимание, что даже выявленные зависимости были либо прямые и редкие по количеству компаний, либо частью прямые и частью обратные в соотношении примерно 50% на 50%, можно предположить, что для рассматриваемой выборки влияние «Среднего возраста директоров» на «Z-показатель Э. Альтмана», «Фактическую чистую прибыль на 1 работника» и «Расходы на НИОКР» отсутствует;

- линейный коэффициент корреляции по модулю между «Оценкой раскрытия информации управления» и «Z-показателем Э. Альтмана» для каждой компании отдельно (во времени) принял значения 0,7 и более только у 2-х компаний разных стран; для пары же показателей «Оценка раскрытия информации управления» и «Фактическая чистая прибыль на 1 работника» коэффициенты корреляции были больше или равны 0,7 у восьми компаний: 7 – России, 1 – другой страны; так же для пары показателей «Оценка раскрытия

информации управления» и «Расходы на НИОКР» коэффициенты корреляции были больше или равны 0,7 у пяти компаний разных стран; аналогичный вышеописанному анализ корреляции отдельно для каждого года (по всем компаниям вместе) с лагами 0, 1, 2 года (в исследуемом причинно-следственном направлении влияния) также не установил наличия взаимосвязей; выявленные корреляции так же как и для указанных выше пар показателей частично оказались прямыми, частично обратными (приблизительно 50% на 50%), поэтому можно констатировать, что влияние «Оценки раскрытия информации управления» на «Z-показатель Э. Альтмана», «Фактическую чистую прибыль на 1 работника» и «Расходы на НИОКР» для этой выборки не выявлено.

Вышеприведенный ретроспективный анализ показал, что крупные компании России представлены на мировом рынке, однако их суммарная весомость в мировой экономике еще достаточно скромная и можно предположить, что сейчас осуществляется только начальный этап полноценного выхода нашей страны на этот рынок. Представленное выше свидетельствует о тенденции ускоренного развития многих российских компаний, и можно надеяться, что постепенно его результаты приведут к качественным изменениям, и место России в мировых рейтингах улучшится одновременно с повышением качества жизни населения.

Для рейтинговых исследований применение абсолютных среднегодовых величин изменений показателей (приростов), а не их относительных аналогов (темпов роста), за редким исключением более информативно и естественно, кроме того часто позволяет избежать различных негативных математических эффектов. При проведении сравнительного анализа разных компаний для обеспечения сопоставимости данных вместо перехода к относительным показателям изменений можно порекомендовать использование аналогичных абсолютных показателей, но предварительно пересчитанных на 1 работника. Так же можно поступать и при создании соответствующих автоматизированных систем в рамках реализации программ межстрановых сопоставлений, трансформируя данные

наблюдений на принятую единицу населения [40].

Представленные в пп. 5.1 и 5.2 подходы к экономико-математическому моделированию условий развития интегрированной организационной структуры по официальной отчетной информации государств и компаний могут быть использованы при реализации федеральных проектов «Промышленный экспорт» и «Экспорт продукции АПК», являющихся составной частью национального проекта «Международная кооперация и экспорт» (см. табл. 1.1.2).

### **5.3. Выявление глобальных тенденций изменения условий развития по косвенной информации**

В условиях глобализации в стратегическом управлении деятельностью ИОС, особенно территориально-распределенной, возрастают роль и важность оценивания параметров и анализа тенденций изменения ее условий развития для повышения эффективности и результативности функционирования. Подобные исследования обычно проводятся на основе статистической информации, при этом практика показала, что такие данные непреднамеренно или преднамеренно не всегда доступны в полном объеме, часто существенно фрагментарны, иногда вследствие разных причин противоречивы. Но, т. к. без анализа условий развития стратегическое управление такой ИОС просто невозможно, ее руководство обычно предпринимает значительные усилия для адекватного оценивания свойств этой среды. Достаточно большая часть необходимой информации может быть получена из официальных источников, причем наиболее доступными и «статистически стабильными» в этом плане являются макроэкономические отчетные данные, предоставляемые правительствами многих стран в широкий доступ в соответствии с международными соглашениями.

Эксперты отмечают, что иногда, возможно для коротких периодов времени, такая информация может быть сформирована по принципу «как должно быть», а не «как есть». Однако в рамках существенно взаимосвязанной мировой экономики такие факты постепенно становятся все более явными, по этой причине – редкими

и менее значимыми. Соответственно появляется возможность анализировать, описывать и прогнозировать общемировые тенденции экономического развития, в том числе отдельных государств на фоне остального мира, и на этой основе восстанавливать отсутствующую информацию об условиях развития ИОС. При этом для крупных ИОС такое восстановление возможно как по «отклику» на целенаправленные воздействия отдельных факторов (координирующих органов межгосударственных союзов, Правительств государств, крупных конкурентов и др.), так и по результатам известных мероприятий самой ИОС.

Выявленные частично скрытые и/или косвенно проявляющиеся обобщенные закономерности деятельности государств как социально-экономических систем могут быть успешно использованы при описании и анализе условий развития крупных территориально-распределенных ИОС, при разработке стратегий и приоритетных направлений их развития в условиях неполноты, фрагментарности и противоречивости информации. Традиционное применение стоимостных показателей для межстрановых сопоставлений во многих случаях приводит к существенным неточностям. Так как значительная часть макроэкономических показателей, официально предоставляемых в широкий доступ, являются стоимостными, часто целесообразно перед началом исследования «представить» их в нестоимостном виде. При этом при выборе типового или конструировании специального показателя желательно «разумно объединить» несколько первичных показателей так, чтобы в тенденциях его изменения остались только закономерности, а случайности каждого из первичных так или иначе (например, взаимно) были нивелированы.

Рассмотрим два известных (и общедоступных) макроэкономических показателя «Номинальный валовой внутренний продукт по расходам» (ВВП) и «Номинальный объем денежной массы по агрегату M2» ( $M$ ). Они связаны между собой через известное уравнение обмена:

$$\text{ВВП} = M * V, \quad (5.3.1)$$

где  $V$  – скорость обращения денежной массы в государстве.

ВВП и  $M$  являются стоимостными показателями, и при проведении межстрановых сопоставлений для них характерны связанные с этим недостатки: необходимость корректного исключения инфляции, использование валютных курсов, косвенный учет численности населения, влияние уровня цен и многие другие, затрудняющие сравнительный анализ. Отношение же их представляет собой достаточно удобный для исследования показатель, свободный от части указанных недостатков и характеризующий относительно глубинные «эффективные» свойства национальной экономики государства:

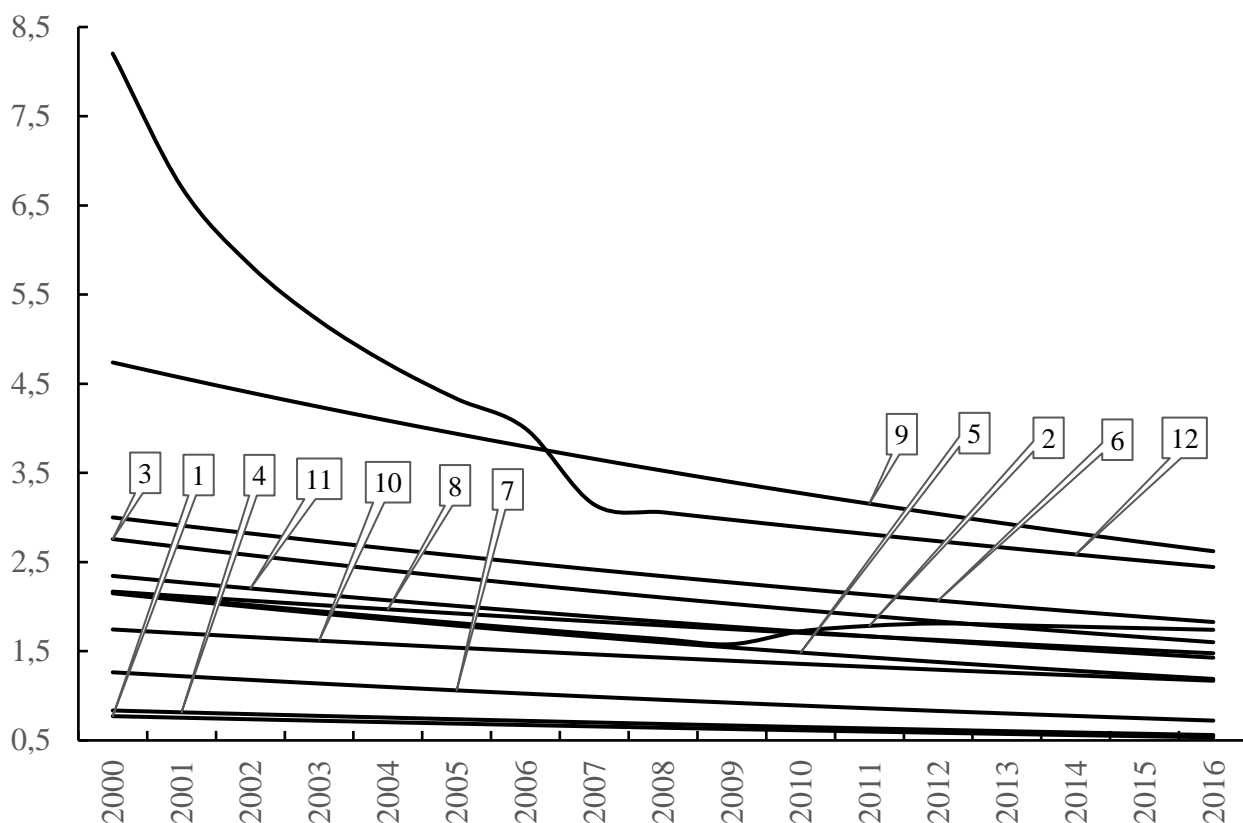
$$V = \text{ВВП} / M. \quad (5.3.2)$$

Проанализируем динамику этого показателя в период 2000 – 2016 гг. для ряда стран, преимущественно занимающих весомые позиции в мировой экономике и предоставивших статистические данные о ВВП и  $M$  в широкий доступ, на основе информации компании «Bloomberg» [86]. На рис. 5.3.1 представлены соответствующие графики динамики после сглаживания. Для всех рассматриваемых государств как потенциальных условий развития ИОС характерна крайне незначительная колеблемость скорости обращения денежной массы, причем наблюдаются следующие четкие тенденции:

- сближения стран по величине этого показателя, что естественно в условиях глобализации; уменьшения практически во всех странах значений показателя, что в общем случае является негативной закономерностью и частично может быть объяснено снижением доли наличных расчетов во всех странах;

- непересечением трендов разных государств, за исключением России и Южной Африки, что свидетельствует о почти уникальной возможности идентификации стран по значениям этого показателя и позволяет при необходимости восстанавливать отсутствующую информацию по стране не только методами интер- и/или экстраполяции, но и по трендам других государств;

- тренды этого показателя для всех стран, за исключением России в первой половине периода, лучше всего описываются экспоненциальной функцией номера периода ( $t$ ) (см. ниже табл. 5.3.1).



Составлено автором.

Рис. 5.3.1. Динамика скорости обращения денежной массы в указанных государствах, оборотов в год.

1 – Китай; 2 – Южная Африка; 3 – Мексика; 4 – Япония; 5 – Франция; 6 – Саудовская Аравия; 7 – Швейцария; 8 – США; 9 – Бразилия; 10 – Германия; 11 – Канада; 12 – Россия.

Для всех этих стран значения показателей степени близки между собой, величины  $R^2$  в основном свидетельствуют о достаточно высоком качестве аппроксимации. На тренде России четко выделяются два временных периода: до 2006 г., когда страна стремительно входила в мировую экономику после «перестройки 90-х годов» (естественным является «быстрозамедляющийся» логарифмический тренд), и с 2007 г., когда экономика России становилась все более похожей на экономики других стран (экспоненциальный тренд). Можно предположить, что наступление мирового кризиса в 2007 г. способствовало сокращению переходного этапа. Аналогично выделяются два периода и на тренде Южной Африки: до 2009 г. и после 2012 г. с переходным этапом между ними.

Таблица 5.3.1. Экспоненциальные уравнения динамических трендов.

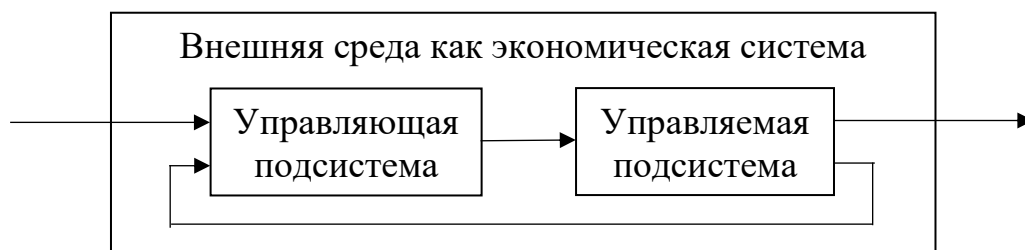
Государство	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации
Китай	$V = 0,79e^{-0,023t}$	$R^2 = 0,85$
Япония	$V = 0,8566e^{-0,025t}$	$R^2 = 0,96$
Швейцария	$V = 1,309e^{-0,035t}$	$R^2 = 0,70$
Германия	$V = 1,7884e^{-0,025t}$	$R^2 = 0,94$
Южная Африка до 2009 г.	$V = 2,2411e^{-0,035t}$	$R^2 = 0,97$
Южная Африка с 2012 г.	$V = 2,063e^{-0,01t}$	$R^2 = 0,74$
Франция	$V = 2,231e^{-0,037t}$	$R^2 = 0,98$
США	$V = 2,2214e^{-0,024t}$	$R^2 = 0,91$
Канада	$V = 2,4187e^{-0,031t}$	$R^2 = 0,91$
Мексика	$V = 2,8538e^{-0,034t}$	$R^2 = 0,97$
Саудовская Аравия	$V = 3,0953e^{-0,031t}$	$R^2 = 0,60$
Бразилия	$V = 4,9169e^{-0,037t}$	$R^2 = 0,92$
Россия до 2006 г.	$V = -2,161\ln(t) + 8,2027$	$R^2 = 0,99$
Россия с 2007 г.	$V = 3,9343e^{-0,028t}$	$R^2 = 0,88$

Составлено автором.

Для выявления и анализа более глубоких закономерностей, характерных для условий развития ИОС, используем модель на основе так называемого черного ящика, но при этом выделим в нем две ступени: управляемую подсистему (собственно «производственную» часть, на выходе которой – результат формирования или параметр условий развития) и управляющую подсистему (совокупность органов управления), связанные между собой через обратную связь (см. рис. 5.3.2). Для описания динамики результирующего показателя на выходе системы может быть использован известный подход на базе уравнения пути:

$$s = at^2/2 + v_0t + s_0, \quad (5.3.3)$$

где  $s$  – пройденный путь;  $a$  – ускорение;  $v_0$  – начальная скорость;  $s_0$  – путь, пройденный до начала отсчета времени;  $t$  – время, прошедшее от начала отсчета.



Составлено автором.

Рис. 5.3.2. Двухступенчатая модель черного ящика для экономической системы.

Такое уравнение является классическим полиномом 2-й степени и достаточно часто применяется при исследовании экономических систем:

$$y = b_2t^2 + b_1t + b_0. \quad (5.3.4)$$

При этом под  $y$  понимается анализируемый (результатирующий) показатель, под  $b_2$  – половина разности между абсолютным изменением показателя за текущий период и абсолютным изменением его за предыдущий период (при условии, что для всех пар смежных лет она постоянна), под  $b_1$  – средний для ряда динамики абсолютный прирост показателя, под  $b_0$  – уровень ряда в начальный момент времени (при  $t = 0$ ) [75, с. 449-455].

Представляется, что таким образом может быть описано только изолированное функционирование экономической системы, непосредственно генерирующей анализируемый показатель, т. е. в терминах рис. 5.3.2 – управляемой подсистемы в модели условий развития при отсутствии воздействий на нее со стороны управляющей подсистемы (т. к. «ускорение» не меняется). При непостоянстве же «ускорения» в разные периоды времени необходимо использовать полином 3-й степени, позволяющий описать закономерности изменения этого «ускорения». Коэффициент при 3-й степени переменной такого полинома представляет собой усредненное «ускорение ускорения» с учетом корректирующих коэффициентов, аналогично – для 4-й и более высоких степеней. Соответственно в общем случае в уравнениях полиномов для динамики каждый одночлен с более высокой степенью  $t$  характеризует среднее абсолютное изменение предыдущего. Если функционирование некоторой экономической



системы хорошо моделируется полиномом высокой степени, и возможно допустить, что полинома 2-й степени достаточно для описания ее управляемой подсистемы, то оставшаяся часть полинома, от 3-й степени переменной и выше, будет характеризовать воздействие управляющей подсистемы на управляемую (стрелка между ними на рис. 5.3.2).

Тогда коэффициенты при 3-й и выше степенях переменной полинома характеризуют управляющую подсистему: возможности по непосредственной генерации управляющих воздействий, свойства системы измерений, качество обратной связи, адекватность целей и критериев принятия решений, корректность описания воздействий условий ее развития (в соответствии с принципами системного анализа) и т. п. Аналогично – при отображении деятельности управляемой подсистемы полиномами других степеней. Степень полинома определяются по хорошо зарекомендовавшей себя статистической методике: повышается степень на единицу и оценивается увеличение значения  $R^2$ ; если оно значительно, то осуществляется повышение степени еще «на единицу» и т. д.; если же оно небольшое, то последнее повышение аннулируется. Для определения коэффициентов при переменных всех степеней применяется метод наименьших квадратов.

Рассмотрим применение последовательности моделей «двухступенчатого» черного ящика для исследования динамики описанного выше показателя «Скорость обращения денежной массы» ( $V$ ) для указанных в табл. 5.3.1 государств. Аппроксимируем изменения значений показателя в этих странах в тот же период времени не экспоненциальными (как на рис. 5.3.1), а полиномиальными функциями. Для тех же данных каждой страны будем постепенно повышать степень полинома, наблюдая за изменениями значений коэффициента детерминации. Практически для всех государств  $R^2$  при этом увеличивается (что естественно), но только до полинома 4-й степени. В дальнейшем его рост – незначителен, а тренд существенно искривляется и все хуже отражает тенденцию. Т. е. можно сделать вывод о целесообразности использования полиномов 4-й

степени (см. табл. 5.3.2).

Таблица 5.3.2. Полиномиальные уравнения динамических трендов.

Государство	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации
Китай	$V = 0,00004t^4 - 0,0015t^3 + 0,0186t^2 - 0,0943t + 0,8562$	$R^2 = 0,93$
Япония	$V = 0,00002t^4 - 0,0007t^3 + 0,0078t^2 - 0,0461t + 0,873$	$R^2 = 0,98$
Швейцария	$V = 0,0002t^4 - 0,0062t^3 + 0,0712t^2 - 0,3101t + 1,5085$	$R^2 = 0,80$
Германия	$V = -0,00003t^4 + 0,0016t^3 - 0,0233t^2 + 0,0969t + 1,5571$	$R^2 = 0,97$
Южная Африка	$V = -0,0001t^4 + 0,0045t^3 - 0,0454t^2 + 0,0939t + 2,0624$	$R^2 = 0,93$
Франция	$V = -0,00002t^4 + 0,0008t^3 - 0,0122t^2 - 0,0081t + 2,1368$	$R^2 = 0,99$
США	$V = 0,00009t^4 - 0,0031t^3 + 0,0334t^2 - 0,1569t + 2,2517$	$R^2 = 0,95$
Канада	$V = -0,00001t^4 + 0,001t^3 - 0,0208t^2 + 0,0935t + 2,09$	$R^2 = 0,95$
Мексика	$V = 0,00007t^4 - 0,0027t^3 + 0,0362t^2 - 0,2654t + 3,0925$	$R^2 = 0,97$
Саудовская Аравия	$V = 0,00003t^4 - 0,0017t^3 + 0,0227t^2 - 0,1174t + 2,8483$	$R^2 = 0,78$
Бразилия	$V = -0,00009t^4 + 0,0047t^3 - 0,0788t^2 + 0,3284t + 4,1014$	$R^2 = 0,97$
Россия	$V = -0,00004t^4 - 0,0006t^3 + 0,0702t^2 - 1,2154t + 9,0924$	$R^2 = 0,99$

Составлено автором.

Анализ параметров уравнений в среднем столбце таблицы показал следующее:

- коэффициенты при нулевых степенях переменной (свободные члены) для всех стран положительны, что характеризует результат, достигнутый до начала отсчета времени, и естественно для этого показателя;

- если коэффициенты при первых степенях переменной положительны, то при вторых – отрицательны, т. е. наблюдается эффект «торможения»;

- если коэффициенты при первых степенях отрицательны, то при вторых – положительны (кроме Франции, но в полиноме для нее коэффициент при первой степени переменной в 10-100 раз меньше, чем в остальных странах), т. е. наблюдается эффект «разгона»;

- если коэффициенты при вторых степенях переменной положительны, то при третьих – отрицательны, и наоборот, т. е. наблюдается аналогичный предыдущему эффект регулирования, предположительно приводящий к «сближению» стран в рамках общемировой экономики;

- если коэффициенты при третьих степенях переменной положительны, то при четвертых – отрицательны, и наоборот (кроме России, но в ее тренде присутствуют два существенно различных периода), т. е. наблюдается такой же эффект «выравнивания» стран.

Напомним, что коэффициенты при степенях переменной в полиноме представляют собой средние абсолютные изменения «предшествующих по степеням» параметров экономической системы. Рассмотрим динамику аналогичных им относительных показателей – цепных индексов скорости обращения денежной массы ( $V$ ) в тех же странах, предварительно аппроксимированных полиномами 6-й степени, позволяющими немного сгладить, но сохранить фактическую колеблемость уровней динамического ряда. Рассчитаем следующие типы индексов:

- цепные индексы  $V$  (индексы 1 уровня);

- цепные индексы индексов  $V$  (индексы 2 уровня);

- цепные индексы индексов индексов  $V$  (индексы 3 уровня);
- цепные индексы индексов индексов индексов  $V$  (индексы 4 уровня).

Выполненный сопоставительный анализ их графиков динамики, приведенных в Приложении 3, выявил следующие тенденции:

- изменения индексов всех уровней для географически граничащих между собой стран похожи;

- во многих странах для ряда лет наблюдается закономерность: в среднем (с учетом ограниченности периода наблюдения и постепенном сужении фактического интервала слева по мере роста уровня индексов) колеблемости во времени индексов 1-го и 2-го уровней, и, отдельно, индексов 2-го и 3-го уровней по форме похожи, но с лаговым сдвигом для последних в паре на 0,5-2 года ранее, что свидетельствует об «инерциальности» управляемой подсистемы в эти годы;

- закономерности динамики индексов 3-го и 4-го уровней иные: в среднем их колеблемости либо совпадают во времени, либо почти зеркальны; явного смещения друг относительно друга во времени (лагового сдвига) нет, но это может быть обусловлено и относительной непродолжительностью периода наблюдения).

Для всех исследованных стран наблюдается сближение значений показателя «Скорость обращения денежной массы», и можно предположить, что на страны, как управляемые подсистемы в рамках единой мировой экономики, оказываются соответствующие регулирующие воздействия тем или иным способом. Коэффициенты при разных степенях переменной полинома, описывающего динамику этого показателя, и его цепные индексы соответствующих уровней характеризуют одни и те же свойства условий развития как экономической системы, но первые из них являются абсолютными параметрами, вторые – относительными.

Для моделирования динамики скорости обращения денежной массы в разных странах рекомендуется использование полиномов 4-й степени. При этом в модели на основе «двухступенчатого» черного ящика, когда функционирование управляемой подсистемы может быть описано классическим уравнением пути

(полиномом 2-й степени), 3-я степень переменной характеризует управляющее воздействие на эту подсистему. Указанное косвенно подтверждается в основном наличием временных сдвигов между колеблестями цепных индексов 2-го и 3-го уровней, характеризующих инерциальность управляемой подсистемы.

Для индексов 4-го уровня показателя такая закономерность не выявлена, что свидетельствует о нецелесообразности «механической» аналогии уравнения пути для интерпретации коэффициента при 4-й степени переменной полинома или о недостаточной продолжительности периода исследования. Можно предположить, что 3-я и 4-я степени переменной являются неделимой совокупностью и совместно характеризуют воздействие управляющей подсистемы на управляемую: 3-я степень – «грубое» воздействие, 4-я – более «тонкое» или просто разные по характеру, проявлению и предназначению, но существенно взаимосвязанные воздействия. Аналогичное предположение можно было бы сделать для меньших степеней этого полинома применительно уже к управляемой подсистеме, «выход» которой теоретически является управляющим (или входным) воздействием для еще более нижестоящей в иерархии подсистемы (например, предприятия). Однако уравнение пути, содержащее свободный член полинома, возможно применять для описания подсистем, находящихся на самом нижнем уровне в иерархии управления, иначе надо использовать для аппроксимации более сложные функции.

Вывод о целесообразности описания рассмотренного типа систем полиномом 4-й степени представляется несколько частным, также, как и 2-й степени – для управляемых подсистем. Степень полинома существенно зависит от точности системы измерений и от фактической колеблемости значений показателя. Для динамики скорости обращения денежной массы, являющегося естественно-усредненным макроэкономическим показателем, указанное выше постепенное увеличение степени полинома до 4-й включительно приводит к получению растущих и различных значений  $R^2$ , после 4-й степени они становятся неразличимыми. Для других показателей определенная таким же

способом степень полинома может оказаться иной. Отметим, что указанные выше индексы разных уровней фактически представляют собой отношения уровней динамического ряда без временного лага (индексы 1 уровня) и с временным лагом в 1, 2 и 3 периода наблюдения (индексы 2-го, 3-го, и 4-го уровней соответственно) и могут быть использованы для оценивания инерциальности управляемой системы.

При комплексном анализе условий развития ИОС аналогичный подход может быть применен и для других макроэкономических показателей. Однако, оценивать свойства управляющей подсистемы по полученным описанным образом полиномам высоких степеней (выше на две и более степени переменной относительно максимальной для полинома управляемой подсистемы) затруднительно. В соответствии с принципами системного анализа для этого такую подсистему необходимо наблюдать и исследовать с позиции вышестоящей системы, но не изнутри и не из управляемой подсистемы, фактически стоящей ниже ее в иерархии управления.

При статистическом анализе макроэкономических показателей традиционно считается, что хорошая гладкость полученного теоретического тренда в сочетании с близким к единице значением коэффициента детерминации свидетельствуют о высокой адекватности описания фактической закономерности. Однако в соответствии с принципами системного подхода динамический тренд выходного (результатирующего) показателя управляемой подсистемы может являться входным (управляющим воздействием) для еще более нижестоящей в иерархии подсистемы, а такое воздействие со сложным и негладким трендом – наиболее рациональным управлением с учетом изменения целей, особенностей условий развития и необходимой многогранности управления. Соответственно полиномы невысоких степеней, дающие гладкие тренды, позволяют во многих случаях только грубо оценить общую тенденцию, но не описать фактически существующую или необходимую цепочку управляющих воздействий в иерархической системе. Поэтому примененную выше методику выбора степени

аппроксимирующего полинома желательно начинать с определения числа иерархических уровней в исследуемой системе, и только потом «разумно подгонять» к нему искомую степень [160].

На основе внутрифирменной статистики такие же подходы могут быть применены и для анализа деятельности собственно ИОС как экономической системы. При этом под управляемой подсистемой будет пониматься взаимосвязанная совокупность производственных подразделений, под управляющей – органы руководства ИОС. При оценивании того, полином какой степени необходим для моделирования ИОС, как ее разделить на управляющую и управляемую подсистемы, и как интерпретировать результаты моделирования, предварительно следует учесть, что в общем случае управлять любой подсистемой можно двумя основными способами:

- генерируя управляющее воздействие по результатам анализа текущих свойств подсистемы и условий развития, при этом восприимчивость этой подсистемы к управляющему воздействию должна быть неизменной;

- изменяя восприимчивость подсистемы к управляющему воздействию или условий развития, при этом само управляющее воздействие (в классическом смысле) может быть неизменно или отсутствовать.

Возможны и частичные сочетания этих способов.

#### **5.4. Моделирование рыночных условий функционирования интегрированной организационной структуры при неполной информации**

Достаточно часто при определении наиболее целесообразных управляющих воздействий на процессы мультипроектной ИОС возникает необходимость оценивания характеристик рыночных условий по частичной (фрагментарной) информации о ней. Например, при анализе структуры сегмента рынка доступная информация часто представлена в форме рейтингов (Тор-50, Тор-100, Тор-500 и т. п.). В этом случае возникает необходимость определения примерного общего количества участников рынка и распределения их численности, а также

оценивания основных статистических характеристик. Указанная задача может быть решена следующим образом.

Если исследуемый сегмент сформирован под воздействием рыночных экономических механизмов, то большинство его характеристик будут распределены по нормальному или близким к нему законам. Доступная исследователю информация, например, в виде Top-100, будет соответствовать правой или левой части эмпирического закона распределения параметра рынка (чаще – правой). С помощью статистических методов можно оценить близость распределения в этой части к нормальному закону, для этого могут быть использованы визуальный анализ графика распределения и критерий К. Пирсона «Хи-квадрат». При необходимости оценивается и корректируется предполагаемое теоретическое значение количества событий ( $n$ ). Если нет оснований сомневаться в нормальности распределения, то построенный фрагмент может быть зеркально отображен в левую часть распределения и на основе априорной информации и экспертных оценок «размещен по горизонтали» на числовой оси. Далее с использованием методов оптимизации подбираются среднее значение и среднее квадратическое отклонение, минимизирующие наблюдаемый «Хи-квадрат». Формализованная постановка задачи может быть представлена следующим образом:

$$\chi_{\text{опт}}^2 = \min \chi^2(\bar{x}, \sigma, n) \quad (5.4.1)$$

при ограничениях:  $\bar{x}_{\min} \leq \bar{x} \leq \bar{x}_{\max}$  ;  $\sigma_{\min} \leq \sigma \leq \sigma_{\max}$  ,

где  $\bar{x}$ ,  $\sigma$ ,  $n$  – возможные значения средней величины, среднего квадратического отклонения параметра и «скорректированное» количество событий (наблюдений) соответственно.

На основе полученных значений параметров строится нормальный (теоретический) закон распределения исследуемого параметра для всего рынка. Затем графики известной части эмпирического и полного теоретического распределения сравниваются визуально, рассчитывается наблюдаемое значение критерия «Хи-квадрат» для известной части эмпирического распределения и



сравнивается с аналогичным критическим. При положительном результате сравнения, если критерий К. Пирсона применялся при малом уровне значимости ( $\alpha$ ), данное распределение будет достаточно точно описывать фактическую ситуацию на рынке в этом плане. Однако следует отметить, что для некоторых экономических систем нехарактерно наличие достаточно большого количества доступных данных. В этом случае использование малого уровня значимости нежелательно, а непосредственное применение только формализованных критериев может привести к получению неверных искомых значений параметров распределения из-за неизвестности одновременно всех трех параметров нормального закона. В этом случае целесообразно экспертным путем оценить один из указанных параметров, а оставшиеся два подобрать путем сопоставления известного фрагмента графика эмпирического распределения и теоретической кривой. Аналогичным образом могут быть оценены параметры самой ИОС.

В дальнейшем с использованием методов эконометрического моделирования может быть выполнено исследование существующих причинно-следственных зависимостей, выявлены наиболее сильно влияющие факторы, в том числе в исторической ретроспективе, выполнено прогнозирование параметров рынка на ближайшую перспективу. Качество результатов может быть проверено на основе  $t$ - и  $F$ - критериев. Полученные оценки условий функционирования могут быть использованы при обосновании решений о стратегии развития ИОС и для повышения эффективности текущего управления ее деятельностью. Кроме того, результаты указанных исследований могут сопоставляться с учетными данными и результатами аудита с целью частичного оценивания качества последних.

При высоких уровнях неопределенности макроэкономической информации о рыночных условиях, многовариантности возможных тенденций ее изменения, а также при необходимости выявления в ней существующих скрытых закономерностей и группировки на этой основе ее элементов (обычно государств, резидентами которых являются компании), могут быть использованы методы

теории классификаций. Рассмотрим на практических данных суть подхода с использованием наиболее типичных нижеприведенных макроэкономических показателей (стоимостных), часто применяемых для описания и сравнительного анализа рыночных условий деятельности (или предполагаемой в будущем) ИОС.

Современная общемировая экономика характеризуется сильными и сложными взаимозависимостями экономик многих государств и существенными уровнями распределения ресурсов и труда. При этом исторически выявилось, что возможно существуют основные «глубинно выраженные» типы экономик стран мира, и для каждого из них характерны объективные относительно устойчивые положительные и отрицательные экономические черты. Представляется интересным выявление наборов таких свойств путем группировки государств по различным критериям на основе официальной статистической отчетной информации, представленной в широком доступе, сопоставление группировок и выделение на этой основе их классов и, как следствие, наиболее целесообразных механизмов хозяйствования и научных подходов к оцениванию результатов. Определение неявно выраженных сходных черт экономик выбранных государств (как типовых характеристик классов этих экономических систем) может быть выполнено, например, на основе анализа динамик отдельных статистических макропоказателей во время мирового финансового кризиса 2007-2008 гг. и непосредственно прилегающий к нему период. Основными источниками информации обо всех странах являлись [86, 150, 151, 153, 154], за базовый регион сравнения выбрана Россия.

Особенностью анализа динамических рядов стоимостных показателей является необходимость исключения влияния инфляции, а при межстрановых сопоставлениях – еще и в приведении данных к единой валюте в соответствии с курсами валют. Однако при этом возникают проблемы двойного счета (внутри курсов валют присутствует инфляция) и возможного влияния нерыночных механизмов формирования этих курсов. Приведение данных в сопоставимый вид можно выполнить тремя нижеприведенными способами, при этом нельзя говорить

об абсолютной правильности хотя бы одного из них, так как связь между курсами валют и инфляцией в разных странах математически не описывается однозначно. Однако такой подход позволяет выявлять частично скрытые внутренние свойства исследуемых систем (в данном случае – экономик отдельных государств как рыночных условий деятельности ИОС) и характер влияния на них тех или иных явлений.

Проанализируем динамику показателя «Среднемесячная начисленная заработная плата» в 9 странах в период с 2005 г. по 2011 г., предварительно обработанного тремя способами:

*Первый способ:*

1. Из данных о Среднемесячной начисленной заработной плате (ЗП) в национальной валюте стран исключить влияние инфляции с использованием национальных Индексов потребительских цен (ИПЦ) (привести к постоянным ценам 2005 г.).

2. По Среднегодовым курсам валют для соответствующих лет перевести данные о Среднемесячной начисленной заработной плате во всех странах в рубли.

3. На одних осях координат для всех стран построить графики абсолютных значений Среднемесячной начисленной заработной платы в рублях и сделать выводы.

*Второй способ:*

1. По Среднегодовым курсам валют для соответствующих лет перевести данные о Среднемесячной начисленной заработной плате во всех странах в рубли.

2. Из данных о Среднемесячной начисленной заработной плате (в рублях) исключить влияние инфляции с использованием Индексов потребительских цен в России для соответствующих лет (привести к постоянным ценам 2005 г.).

3. На одних осях координат для всех стран построить графики абсолютных значений Среднемесячной начисленной заработной платы в рублях и сделать выводы.

*Третий способ:*

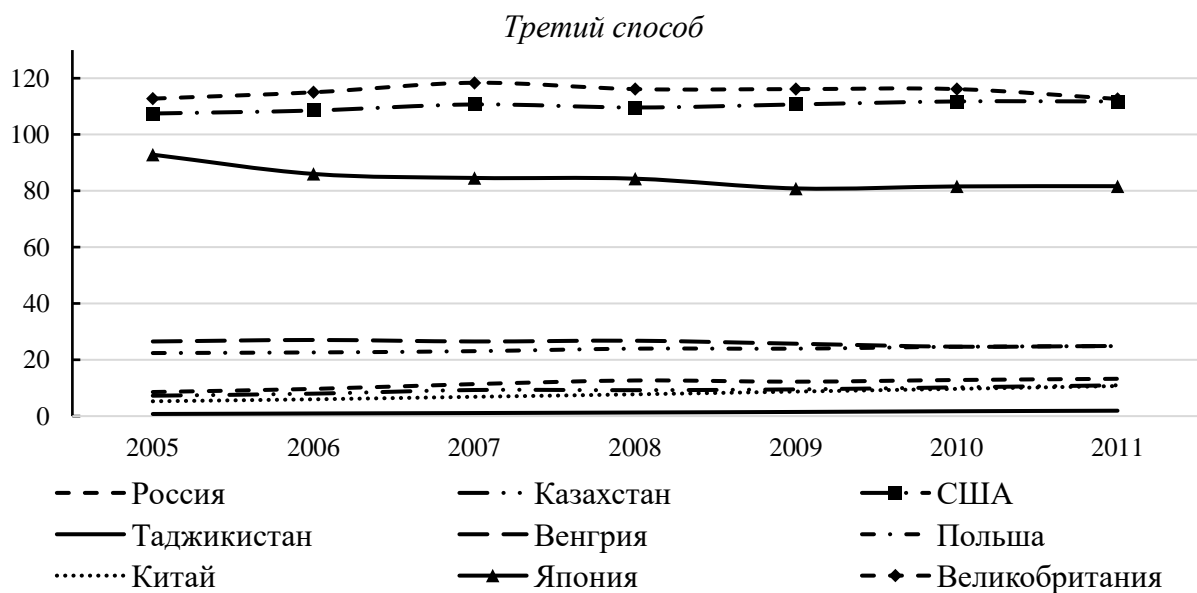
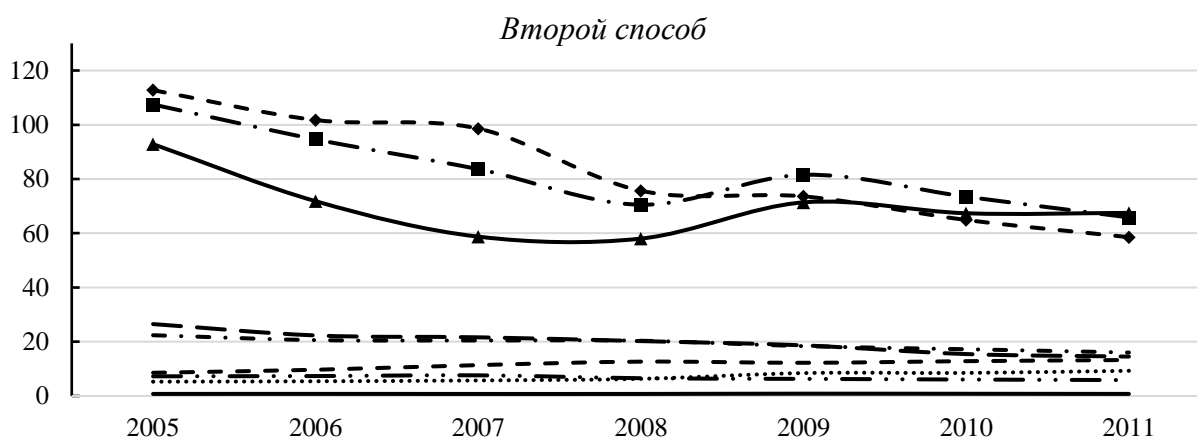
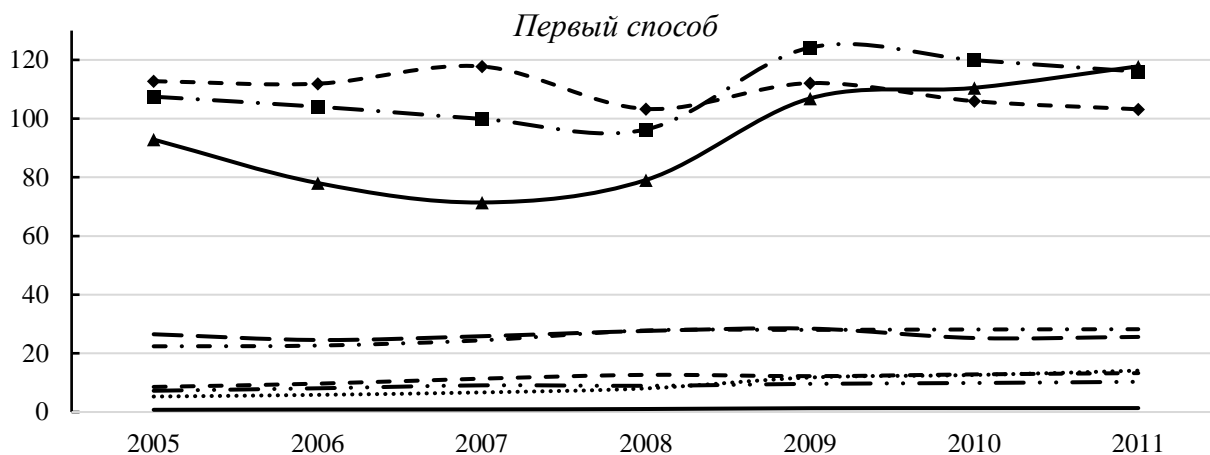
1. Из данных о Среднемесячной начисленной заработной плате в национальной валюте стран исключить влияние инфляции с использованием национальных Индексов потребительских цен (привести к постоянным ценам 2005 г.).

2. По Среднегодовым курсам валют только в 2005 г. перевести данные о Среднемесячной начисленной заработной плате во всех странах в рубли для всех лет.

3. На одних осях координат для всех стран построить графики абсолютных значений Среднемесячной начисленной заработной платы в рублях и сделать выводы.

Первый способ позволяет экономически естественным образом исключить влияние инфляции из значений выбранного показателя (в рассматриваемом примере – Среднемесячной номинальной начисленной заработной платы), но последующее применение валютных курсов оказывается не совсем корректным, так как эти курсы формировались для текущих цен. Второй способ, наоборот, дает возможность правильно трансформировать значения показателя из одной валюты в другую, но затем вынуждает исключать инфляцию по данным, характерным только для одной из валют. Такой подход был бы правильным, если бы все курсы валют формировались исключительно рыночным путем, что не всегда соответствует действительности. Третий способ «теоретически» наиболее корректен, но в этом случае данные о курсах валют не содержат информации о соотношениях валют в последующие (в данном случае кризисные) годы. В результате применения этих способов преобразования данных были получены следующие графики динамики показателя (рис. 5.4.1).

В итоге применения первого способа наблюдается явная разница между тремя группами стран: 1) Казахстан, Китай, Россия, Таджикистан; 2) Венгрия, Польша; 3) Великобритания, США, Япония. На протяжении всего периода среднемесячная ЗП в странах первой группы немного меньше, чем в странах второй группы, и значительно меньше, чем – в третьей.



Составлено автором.

Рис. 5.4.1. Динамика среднемесячной начисленной заработной платы в постоянных ценах 2005 г. в соответствии с тремя указанными способами преобразования данных, тыс. рублей.

При этом в первой группе стран заработная плата возрастала медленно и равномерно (в постоянных ценах 2005 г.), во второй была почти неизменна, в третьей – колебалась вокруг восходящих трендов в США и Японии и вокруг нисходящего – в Великобритании. Во время пика кризиса 2007 – 2008 гг. ЗП в странах первой группы почти никак не изменилась, во второй – незначительно увеличилась с последующим возвращением к докризисному тренду, в третьей – существенно уменьшилась также с возвращением к прежнему тренду.

Проведенный дополнительно анализ динамик цепных индексов ЗП не выявил каких-либо устойчивых группировок стран и закономерностей, в течение всего рассматриваемого периода индексы изменялись в пределах от 0,84 до 1,47. При использовании второго способа выделились те же группы стран при этом динамики заработной платы в Казахстане, Китае, России, Таджикистане почти полностью совпали с аналогичными для первого способа и также имели слабовозрастающую тенденцию, в Венгрии и Польше тренд оказался уже медленно убывающим, а в Великобритании, США и Японии – быстроубывающим.

Такое изменение тенденции относительно результатов первого способа предположительно можно объяснить тем, что в рассматриваемый период инфляция в России была выше, чем в странах второй и третьей групп, и использование ИПЦ РФ для приведения данных по странам этих двух групп к постоянным ценам 2005 г. не совсем корректно, а для предположительно экономически похожих стран первой группы – вполне возможно. Изменения ЗП в кризисные 2007-2008 гг. были характерны только для стран третьей группы. Формы графиков цепных индексов ЗП по второму способу в основном схожи с такими же по первому, индексы изменялись в пределах от 0,78 до 1,34, что немного меньше по сравнению с предыдущим способом.

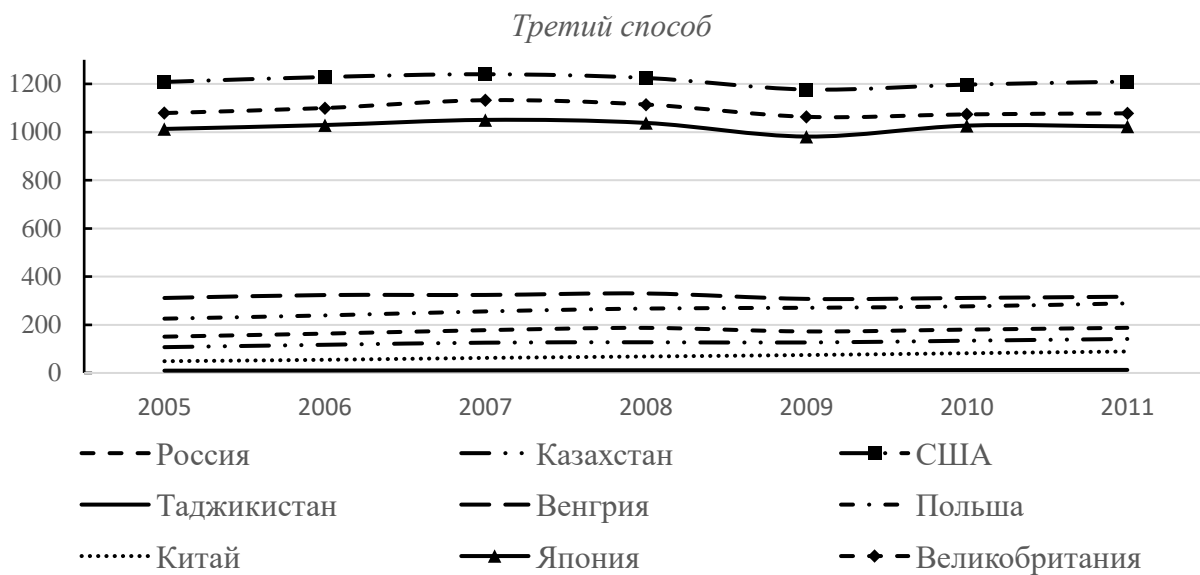
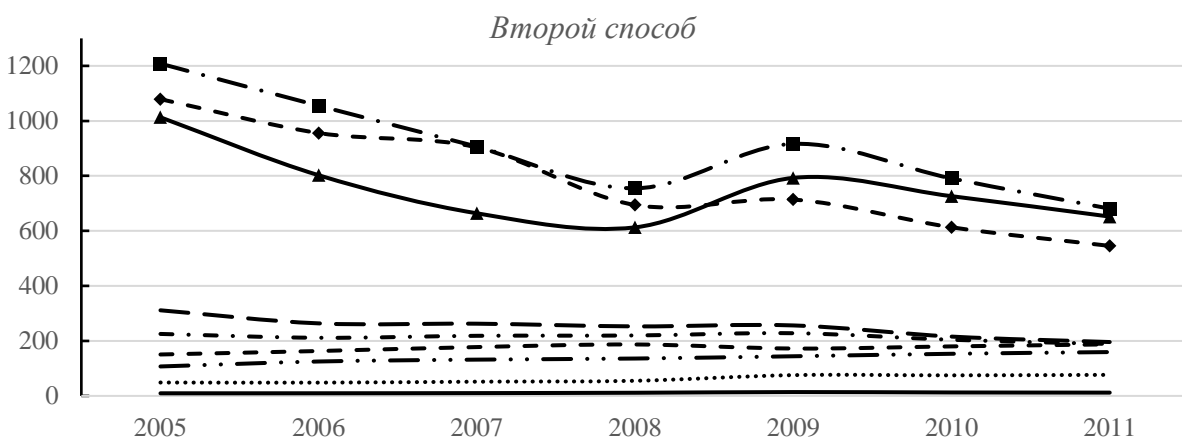
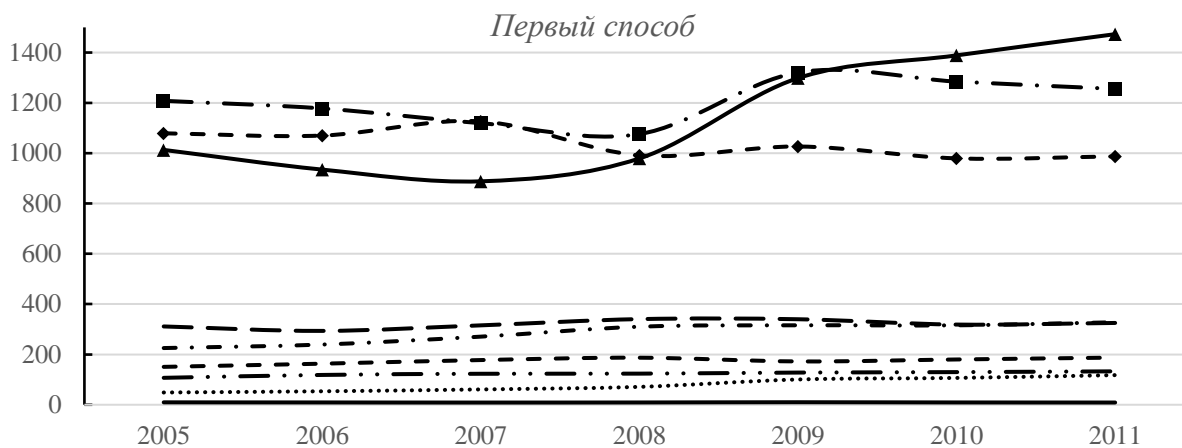
Динамики оценок среднемесячных заработных плат, полученных на основе третьего способа, в странах первой и второй групп полностью совпали с результатами первого способа, а в странах третьей группы – существенно отличаются от них: отсутствуют колебания ЗП в 2007-2008 гг., тренд для Японии

стал слабонисходящим, для Великобритании – горизонтальным. Анализ динамик цепных индексов ЗП по третьему способу также не выявил каких-либо устойчивых группировок государств и закономерностей, но формы графиков принципиально отличаются от аналогичных по предыдущим двум способам, вариация индексов оказалась меньше: от 0,92 до 1,24. Следует отметить, что при применении всех трех способов разница между 1 и 2 группами государств оказалась незначительной.

Аналогично вышеприведенному так же тремя способами проанализируем динамику еще одного макроэкономического показателя «ВВП на душу населения» в этих странах. Для этого в вышеприведенном описании способов заменены термины «Среднемесячная начисленная заработная плата» на «ВВП на душу населения», а «Индекс потребительских цен» – на «Индекс-дефлятор ВВП». В результате были получены следующие графики динамики ВВП на душу населения (рис. 5.4.2).

Анализ результатов показал, что группировки стран получились такими же, выводы об изменениях «ВВП на душу населения» по разным указанным способам в целом аналогичны приведенным для «Среднемесячной начисленной заработной платы», а разница между 1 и 2 группами государств оказалась еще меньше. Из сопоставления результатов можно сделать следующие выводы:

– исследованные страны четко разделяются на три группы (класса), что предположительно объясняется их историко-экономическим прошлым: 1) Казахстан, Россия и Таджикистан – бывшие составные части СССР, ранее имевшие существенно нерыночный и одинаковый тип экономики; 2) Венгрия, Китай и Польша – государства ранее с административным типом экономики, но не бывшие в составе СССР и интенсивно внедряющие в последнее время рыночные экономические механизмы; 3) США, Великобритания и Япония – страны с достаточно длительной историей рыночной экономики;



Составлено автором.

Рис. 5.4.2. Динамика ВВП на душу населения в постоянных ценах 2005 г. в соответствии с тремя указанными способами преобразования данных, тыс. рублей.



– предположительно во всех этих странах в рассматриваемый период времени существовали и использовались механизмы нерыночного государственного регулирования экономических процессов, в частности курсов национальных валют;

– страны с административной экономикой были значительно менее подвержены колебаниям значений рассмотренных показателей в период кризиса, предположительно за счет регулирующих действий национальных Центральных банков и Правительств, а страны с более рыночной экономикой – в большей степени;

– фактически мировой кризис 2007-2008 гг. имел более финансовый и межвалютный характер, нежели экономический.

Анализ совокупностей на основе трех предложенных способов преобразования данных позволил выявить частично скрытые изменения в значениях макроэкономических показателей в околокризисные 2005-2011 гг., разные для стран с исторически различными типами экономик, и выявить классы стран с относительно типовыми характеристиками. Аналогичные вышеописанным способы предварительного преобразования статистических данных могут быть использованы при анализе практически любых стоимостных макропоказателей и их совокупностей, а полученные при этом классы экономических систем – для «восстановления» отсутствующей информации о рыночных условиях функционирования ИОС или особенностях рынка методами теории классификаций или хотя бы методом аналогий.

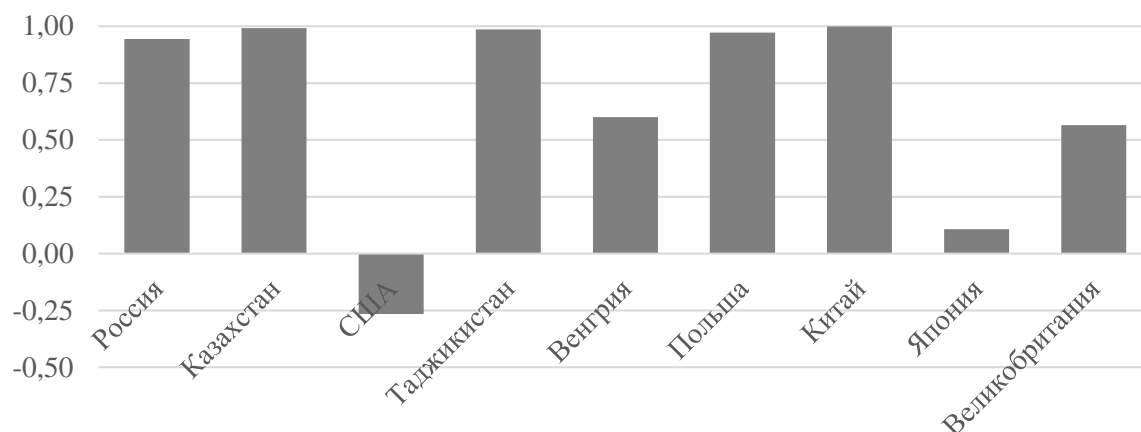
При необходимости сопоставления данных о рыночных условиях деятельности ИОС, полученной из разных источников, могут быть использованы и методы зеркальной статистики. Одна из таких методик подробно изложена в совместной авторской работе [226] применительно к оценке официальных результатов внешней торговли по данным двух стран-контрагентов. В почти неизменном виде она может использоваться и для любой другой предварительно структурированной информации из двух источников, при аналогичном анализе

данных из трех и более источников указанная методика должна применяться с учетом следующего.

Если таких источников информации относительно немного, то желательно осуществить попарные сравнения соответствующих элементов структур как «каждый с каждым», а далее путем математического и логического агрегирования результатов рассчитать вероятностные (или на их основе другие количественные) оценки достоверности данных из разных источников и использовать их как весовые коэффициенты в дальнейших расчетах и сопоставлениях, при формулировании выводов. При этом один из наиболее «доверенных» источников информации целесообразно использовать как базу сравнения. Если же источников много, и попарные сравнения очень многочисленны и трудоемки, то можно экспертным путем или математически проанализировать их предполагаемую транзитивность при обретении данных и исключить все, кроме первых в цепочках (что часто достаточно). Далее сформулировать априорные многомерные (при разумном количестве факторов) оценки этих источников, и осуществить их кластеризацию на основе Эвклидова или другого актуального расстояния. После этого в большинстве случаев становится возможным осуществление описанных выше попарных сравнений. Исключением являются ситуации, когда используется большое количество объективно нетранзитивных или неизвестных источников данных, либо, когда информация из них значительно различается, что для экономических систем – редкость.

Рассмотрим корреляционные связи между показателями «ВВП на душу населения» и «Среднемесячная начисленная заработная плата» в каждой из стран в постоянных ценах 2005 г. в национальной валюте и, отдельно, в рублях после обработки данных по описанным трем способам. При анализе в национальной валюте (рис. 5.4.3) были выявлены три группы стран: 1) Казахстан, Китай, Польша, Россия и Таджикистан с сильной прямой зависимостью значений этих показателей (коэффициенты корреляции выше 0,9); 2) Венгрия и Великобритания со средней теснотой прямой связи (0,56 - 0,60); 3) США и Япония, не имеющие

такой зависимости (менее 0,3 по модулю).

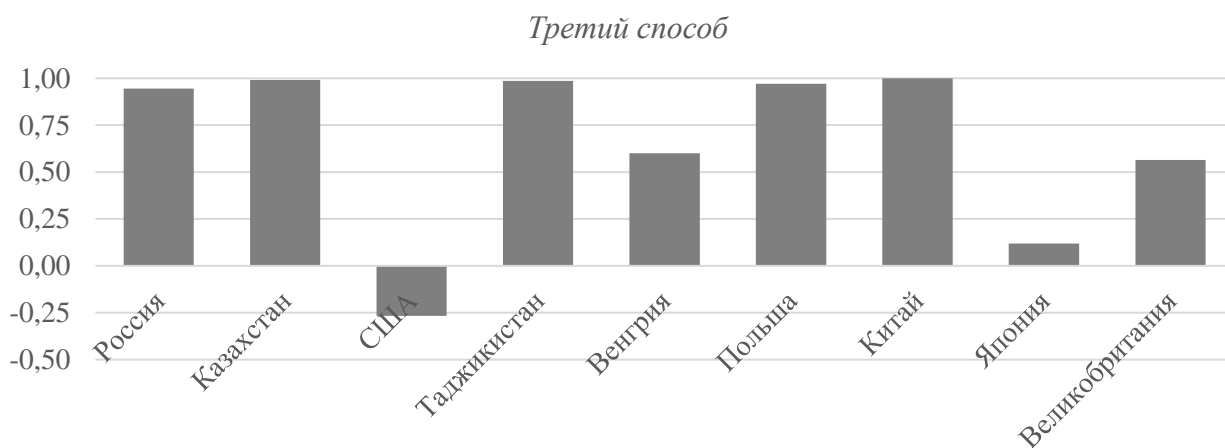
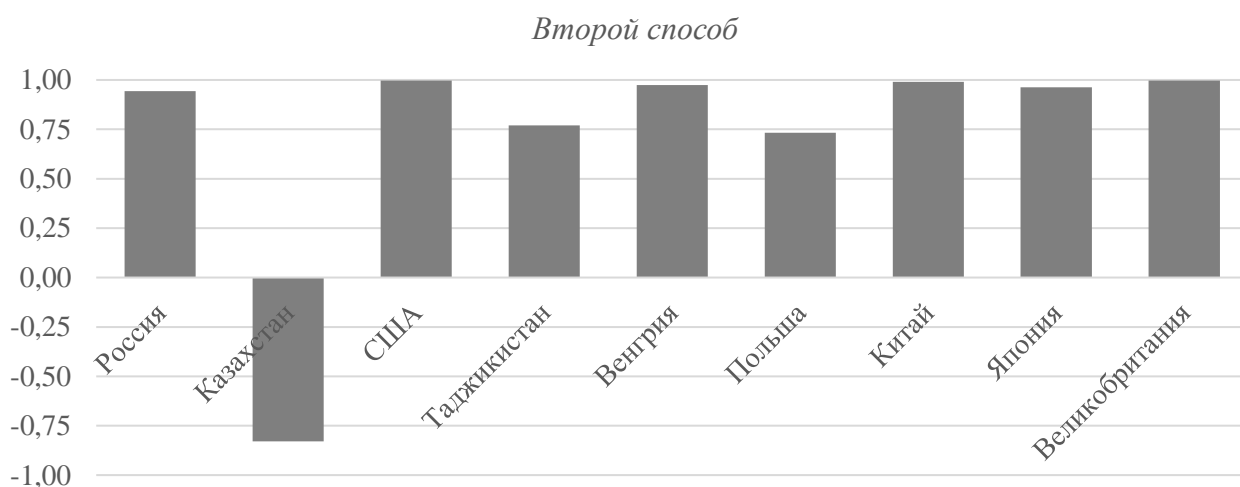
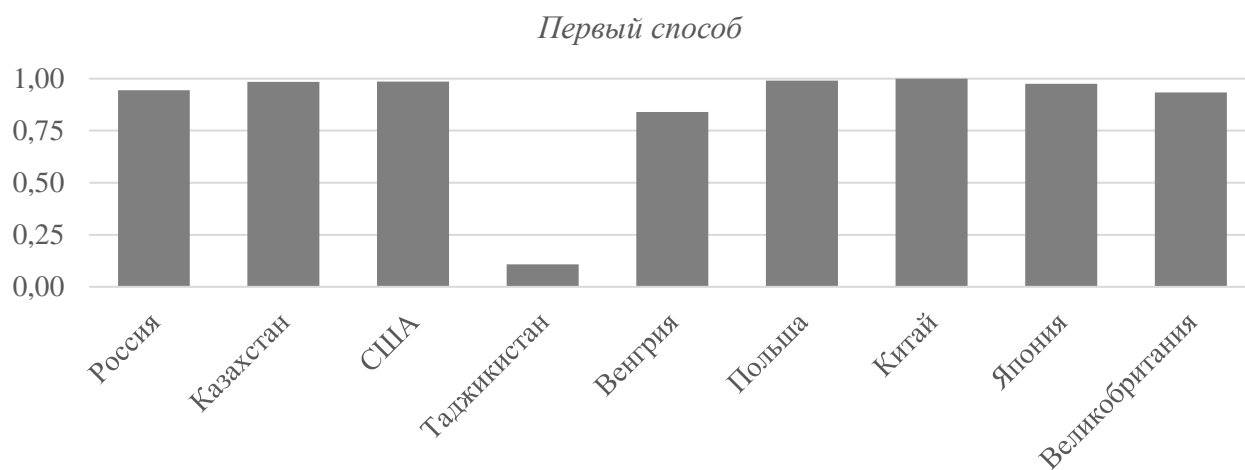


Составлено автором.

Рис. 5.4.3. Значения коэффициентов корреляции между показателями «ВВП на душу населения» и «Среднемесячная начисленная заработная плата» (в национальной валюте) в указанных странах в постоянных ценах 2005 г.

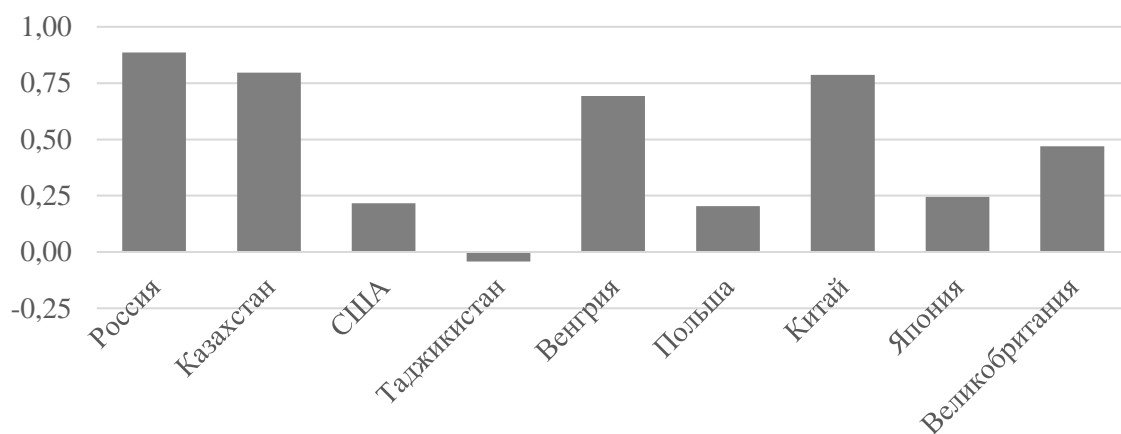
При анализе аналогичных данных, представленных в рублях (рис. 5.4.4), полученных по первому способу, во всех странах обнаружена сильная прямая корреляция ( $> 0,84$ ) за исключением Таджикистана ( $\approx 0,11$ ), по второму способу – во всех государствах также выявлена достаточно сильная прямая связь показателей ( $> 0,73$ ), но за исключением Казахстана, для которого была характерна сильная обратная зависимость ( $\approx -0,83$ ); по третьему – группировка стран оказалась абсолютно идентичной группировке в национальной валюте. Оценим корреляционные зависимости между цепными индексами этих же показателей в постоянных ценах 2005 г. в национальной валюте и в рублях путем применения указанных трех способов.

При анализе корреляции в национальной валюте (рис. 5.4.5) были сформированы три группы стран: 1) Венгрия, Казахстан, Китай и Россия с тесной прямой зависимостью (коэффициенты корреляции более 0,69); 2) Великобритания со средней силой прямой связи ( $\approx 0,47$ ); 3) Польша, США, Таджикистан и Япония, не имеющие такой зависимости (по модулю менее 0,25).



*Составлено автором.*

Рис. 5.4.4. Значения коэффициентов корреляции между показателями «ВВП на душу населения» и «Среднемесячная начисленная заработная плата» (в рублях) в указанных странах в постоянных ценах 2005 г. в соответствии с тремя способами предварительной обработки данных.

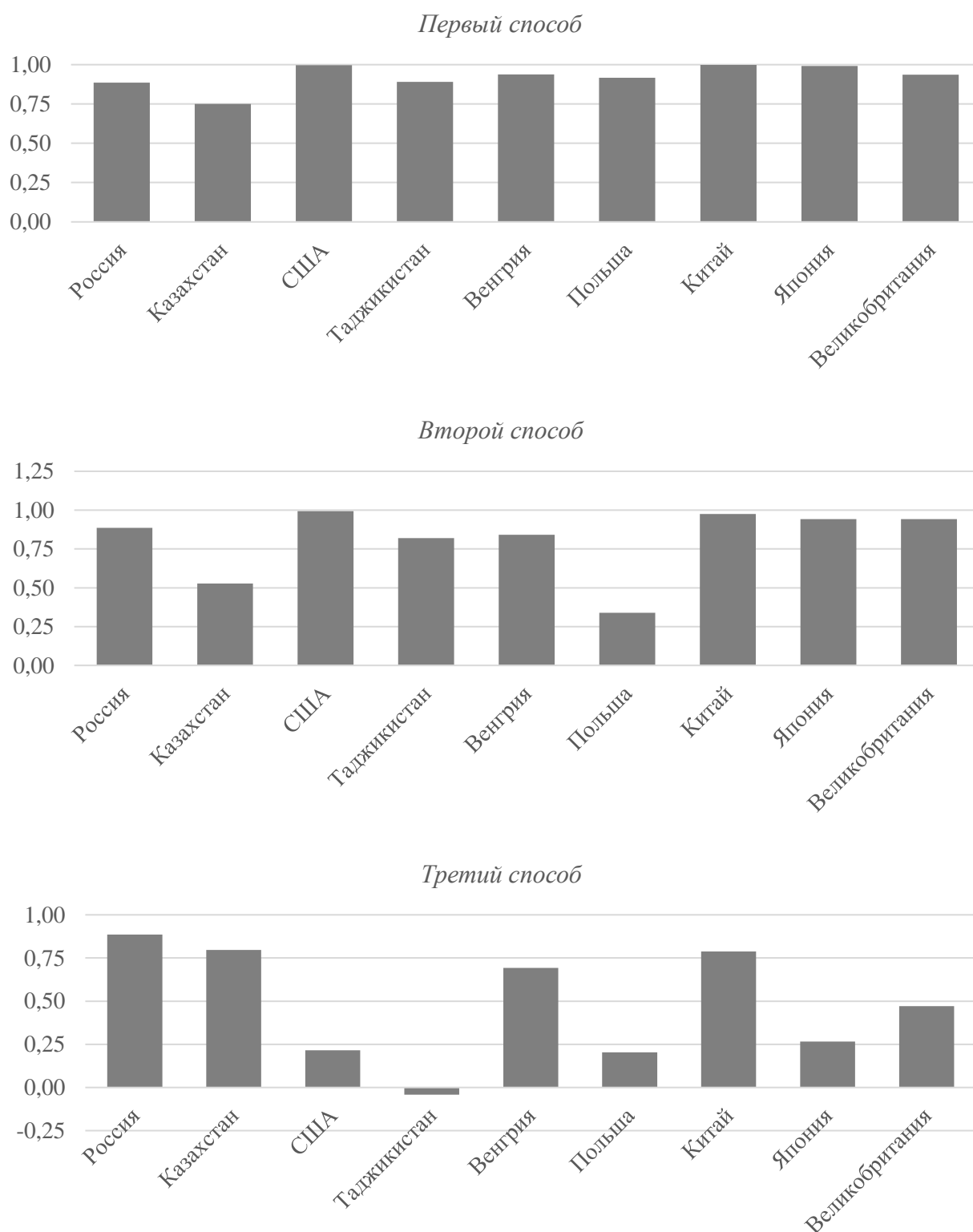


*Составлено автором.*

Рис. 5.4.5. Значения коэффициентов корреляции между цепными индексами показателей «ВВП на душу населения» и «Среднемесячная начисленная заработная плата» (в национальной валюте) в указанных странах в постоянных ценах 2005 г.

При оценивании корреляции между цепными индексами этих же показателей, предварительно представленных в рублях (рис. 5.4.6), для первого способа для всех государств была характерна тесная прямая связь ( $\geq 0,75$ ); для второго – также ( $\geq 0,82$ ) за исключением Казахстана ( $\approx 0,53$ ) и Польши ( $\approx 0,34$ ); для третьего – результаты совпали с аналогичными в национальной валюте государств. В целом связь между индексами оказалась немного слабее, нежели между абсолютными значениями показателей, что естественно ввиду различности условий и механизмов управления экономическим развитием государств.

Следует особо отметить, что и для абсолютных значений этих двух показателей, и для их цепных индексов результаты оценивания коэффициентов корреляции в национальных валютах оказались очень схожими с аналогичными, полученными по третьему способу в рублях, в отличие от первых двух способов. Сопоставив результаты, можно предположить, что в современном мире объективно существуют ограниченное количество типов экономик государств как рыночных условий деятельности ИОС.



*Составлено автором.*

Рис. 5.4.6. Значения коэффициентов корреляции между цепными индексами показателей «ВВП на душу населения» и «Среднемесячная начисленная заработная плата» (в рублях) в указанных странах в постоянных ценах 2005 г. в соответствии с тремя способами предварительной обработки данных.

Для каждого из них характерны относительно устойчивые наборы свойств, которые позволяют успешно существовать этим странам на протяжении длительного исторического периода, несмотря на изменение многих внутренних и внешних условий их развития. Соответственно, при анализе предполагаемых рыночных условий функционирования ИОС в условиях недоступности части информации возможно классифицировать тип этой среды по значениям доступных для анализа показателей (например, на основе описанной выше методики), а затем из факта принадлежности исследуемой среды к одному из классов сделать вывод о примерных значениях отсутствующих показателей.

В условиях развития межстранового разделения труда и соответствующей трансформации многих рынков на первый план в стратегическом управлении ИОС выходят макроэкономические проблемы оценивания условий их фактической деятельности, национальных особенностей и тенденций изменения. Особенно это актуально для крупных транснациональных корпораций и межгосударственных союзов, экономические механизмы которых функционируют при существенной структурной неоднородности и разнонаправленности развития составных частей. Для формирования указанных оценок целесообразно прежде всего использовать официальную статистическую отчетность стран, представляемую в широкий доступ в рамках международных соглашений.

С другой стороны, для нынешнего исторического этапа развития общества характерно экономико-политическое и технологическое противостояние отдельных государств и международных союзов, что в значительной мере отражается на особенностях экономических механизмов, объективно формирующихся в них. Статистическая информация, характеризующая уровень и особенности развития ИОС в России, специализирующихся на выполнении государственных контрактов, по объективным причинам в основном отсутствует в широком доступе, но косвенные оценки могут быть сделаны исходя из комплексного анализа статистики по отраслям экономики, регионам и сфере

высоких технологий и инноваций, имеющейся в широком доступе.

Представленные в пп. 5.3 и 5.4 подходы к экономико-математическому моделированию рыночных условий функционирования интегрированной организационной структуры по косвенной и фрагментарной информации могут быть использованы при реализации федеральных проектов «Промышленный экспорт» и «Экспорт продукции АПК», являющихся составной частью национального проекта «Международная кооперация и экспорт» (см. табл. 1.1.2).

Основные положения авторских результатов исследований, приведенных в главе 5, опубликованы в научных трудах [40, 160, 216, 225, 226, 249, 254, 284], в том числе в соавторстве.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Характерной чертой современного уровня развития экономической науки является расширяющееся применение формализованных методов анализа, они могут быть использованы для оценивания влияния различных факторов на деятельность ИОС, реализующие проекты по государственным контрактам, как экономической системы. Необходимость применения этих методов обусловлена также тем, что изучение взаимодействия такой ИОС с факторами рынка требует анализа не только основных закономерностей бизнес-процессов в рамках проектов, но и возможных отклонений от них. В частности, применение формализованных методов позволяет существенно повышать обоснованность управленческих решений при оценивании состояния ИОС.

Однако общепринятые подходы к практическому управлению совокупностью взаимодействующих предприятий характеризуются нечастым использованием формализованных методов. Это снижает обоснованность решений, принимаемых ее органами управления, существенно уменьшает перечень анализируемых факторов и глубину исследования. Кроме того, широкое применение формализованных методов в управлении позволило бы молодым руководителям совершать меньшее количество ошибок на начальном этапе профессиональной деятельности, повышать квалификацию и набирать опыт в более «мягких» условиях. В конечном итоге эффективная деятельность высококвалифицированных руководителей многих предприятий могла бы существенно отразиться на уровне инновационного развития отраслей экономики и страны в целом. Особенно актуально это в современных внешнеполитических условиях. Исходными положениями исследований послужили сформировавшиеся утверждения общенаучных методов анализа и обобщения информации, математических методов и концепций современных теорий управления и моделирования, теории вероятностей и статистики.

Методология стратегического управления ИОС предполагает обеспечение органов управления объективной и структурированной информацией о качестве

бизнес-процессов. Сбор, анализ и последующее использование такой информации без применения формализованных методов крайне трудоемки и затруднительны. Проведение предварительных модельных исследований при выработке управленческих решений позволяет существенно повысить их качество, спрогнозировать и оценить отдаленные последствия их принятия. Вместе с тем современное состояние теоретико-методологических подходов к стратегическому управлению ИОС характеризуется относительно невысоким уровнем использования формализованных методов. Это существенно снижает объем анализируемой при принятии решений информации, негативно отражается на общем качестве результатов экономической деятельности ИОС и, как следствие, общем уровне развития отраслей экономики страны.

Процессы изменения параметров реальных ИОС при деятельности в условиях мультипроектной среды являются обычно нелинейными и нестационарными. Для формализованного описания целесообразно выделять в них две составляющих: детерминированную и случайную. Первую можно оценивать с использованием известных уравнений. Так, полиномиальные модели могут аппроксимировать выходные параметры системы с практически любой точностью. Случайную составляющую можно оценивать по результатам исследований, приведенных в литературе для аналогичных ИОС, на основе статистической или экспертной информации, а также по данным исследований внутренних параметров рассматриваемой ИОС.

Для решения задач оптимального по критерию устойчивости бизнес-процессов (УБП) выбора номинальных значений параметров, областей их допустимых значений и управляющих воздействий на ИОС целесообразно пользоваться динамическими моделями выходных параметров. Структура модели должна выбираться в зависимости от требуемой точности путем определения степени аппроксимирующих полиномов. Сравнительный анализ точности различных типов моделей и затрат на их построение показывает, что выбор методики построения модели ИОС должен учитывать ограничения по

трудоемкости и возможности по обеспечению требуемой точности.

Для повышения качества результатов и выводов анализ состояния ИОС целесообразно сопровождать оценками достоверности контроля ее состояния. Оценивание этой достоверности для ИОС и ее подразделений (предприятий), а также для процесса выполнения распределенных во времени мероприятий целесообразно производить с позиций исследования достоверности распознавания плоских или объемных «образов» ИОС в соответствующих системах координат контролируемых показателей. Для количественного анализа достоверности результатов контроля состояния ИОС и выполнения упорядоченной последовательности мероприятий необходимо учитывать зависимость инструментальных и методических ошибок, ошибок интерпретации и анализа, а также других показателей, используемых для контроля бизнес-процессов. При проведении контроля в условиях случайных отсутствий и искажений значений отдельных показателей в соответствующие процедуры контроля должна быть заложена возможность принятия решения о функционировании подразделений ИОС в соответствии с целями по априорным данным.

Для оценивания достоверности контроля процесса выполнения ИОС динамических мероприятий применение традиционных методов контроля ее состояния недостаточно, что обуславливает необходимость разработки дополнительных методов повышения качества контроля таких систем. Для достижения потенциального уровня инструментальной достоверности контроля методики предварительной коррекции значений контролируемых показателей должны разрабатываться по критерию минимума средней вероятности ошибок, возникающих при формировании значений показателей. Вероятность отсутствия указанных ошибок может служить показателем достоверности результатов предварительной обработки результатов контроля состояния ИОС.

При проведении исследований автором получены следующие основные результаты и сформулированы рекомендации:

1) Предложена методология построения иерархических моделей интегрированных организационных структур, специализирующихся на осуществлении долговременных проектов в рамках государственных контрактов.

Разработан комплекс экономико-математических методов и моделей поддержки принятия решений, обеспечивающих решение стратегических задач в следующих областях:

2) оценивания достоверности результатов контроля состояния интегрированной организационной структуры при реализации комплекса государственных контрактов;

3) упреждающего управления ресурсным обеспечением интегрированной организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов;

4) обеспечения устойчивости бизнес-процессов интегрированной организационной структуры для реализации комплекса государственных контрактов;

5) создания интегрированной структуры, включая предприятие – головной исполнитель и предприятия – соисполнители.

Осуществлено развитие математического аппарата и моделей для:

6) поддержки принятия управленческих решений для динамической трансформации организационной структуры предприятия при реализации комплекса государственных контрактов;

7) экономико-математического моделирования условий развития интегрированной организационной структуры по неоднородной экономической информации;

8) экономико-математического моделирования рыночных условий функционирования интегрированной организационной структуры по косвенной и фрагментарной информации.

Приведенные положения применимы не только для совершенствования функционирования интегрированных организационных структур и отдельных

предприятий. Они также могут быть использованы органами государственного управления при организации и проведении конкурсов по госконтрактам для оценивания способности предприятий-участников выполнить заявленный проект.

В современной экономике обязательным фактором является также информационное обеспечение поддержки принятия управленческих решений на различных уровнях иерархии как ИОС, так и органов государственного управления. В этом плане приведенные формализованные подходы могут быть использованы для следующих целей:

- для анализа текущего состояния, направлений развития и стратегического управления предприятиями, реализующими проекты по государственным контрактам;

- при анализе и синтезе систем управления сложными территориально распределенными экономическими системами при выполнении крупных долговременных проектов в рамках государственных контрактов;

- при разработке технологических основ построения сетей интеллектуальных сервисов в области государственного управления экономикой на основе логики знаний, предполагающих формирование современных требований, методологий, сценариев и архитектуры систем;

- при исследовании и оптимизации структур предприятий, а также при формировании интеллектуальных технологий и систем мониторинга и управления процессами комплексной обработки и анализа сверхбольших объемов информации в области экономики и управления;

- при создании и совершенствовании моделей и методов оптимизации региональных и глобальных сетей и маршрутизации потоков экономической информации в сетях государственного назначения с изменяющейся архитектурой;

- при разработке методологических и методических основ моделирования, анализа и прогнозирования состояния региональных экономических систем в периоды глобальных изменений рынка;

– для развития теоретических основ интеграции гибких организационных структур крупных, в том числе международных, корпораций на концептуальном, модельно-алгоритмическом и информационном уровнях, а также требований, предъявляемых к существующим и перспективным технологиям интеграции производственных предприятий, государственных и иных некоммерческих и коммерческих организаций;

– при разработке информационного и модельно-алгоритмического обеспечения для прогнозирования состояния и развития вновь создаваемых и модернизируемых предприятий;

– для автоматизации процессов сбора, обработки и представления экономической информации о состоянии предприятий, обеспечения информационной и интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в ходе управления бизнес-процессами.

Содержание представленных результатов может найти реализацию в других областях анализа состояния и обоснования решений по управлению предприятиями, специализирующимися на выполнении государственных контрактов, и направлениями их стратегического развития.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акофф Р.Л., Магидсон Д., Эддисон Г.Дж. Идеализированное проектирование. Как предотвратить завтрашний кризис сегодня. Создание будущего организации / Пер. с англ. – М.: Баланс Бизнес Букс, 2007. – 320 с.
2. Акофф Р.Л., Эмери Ф. О целеустремленных системах. Изд. 2-е, доп. / Пер. с англ. – М.: URSS, 2008. – 269 с.
3. Алексахенко С.В., Мирошниченко Д.В, Смирнов С.В., Чернявский А.В. Опыт других стран: есть чему поучиться. // Экономическая политика. 2011. №1. С. 23-54.
4. Алексеев М.А., Глинский В.В., Серга Л.К., Пятов М.Л. Об оценке вероятных искажений отчетности экономических субъектов // Вопросы статистики. 2019. Т. 26. № 7. С. 20-32.
5. Анализ, прогнозирование и регулирование социальной устойчивости регионов: коллективная монография / В.Е. Засенко, В.Н. Мокин, Д.Н. Верзилин, С.И. Шаныгин, Т.Г. Максимова и [др.] – СПб: ФГБОУ ВПО «СПбГТЭИ», 2012. – 530 с.
6. Андрафанова Н.В. Исследование свойств плоских кривых в системе динамической геометрии GeoGebra // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии. 2016. № 64. С. 27-36.
7. Ансофф И. Стратегический менеджмент: классическое издание. – СПб: Питер, 2009. – 344 с.
8. Антонова Г.М., Цвиркун А.Д. Оптимизационно-имитационное моделирование для решения проблем оптимизации современных сложных производственных систем // Проблемы управления, 2005. №5. С. 19–27.
9. Аркин П.А., Соловейчик К.А. Методологические и методические подходы к интеграции промышленных предприятий и формированию производственных кластеров: монография. – СПб.: РОСТ, 2009. – 171 с.
10. Арчибальд Р.Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами. – М.: ДМК Пресс, Компания АйТи, 2014. – 464 с.

11. Афанасьева Н.В., Мирославская М.В., Шматко А.Д. Методы и инструменты управления инновационными проектами // Экономика и предпринимательство. 2018. № 12 (101). С. 785-789.
12. Бабкин А.В., Барышев В.А. Инструментарий управления проектно-инвестиционной деятельностью для гармонизации стратегических и текущих целей предприятия. // Вестник ЗабГУ. 2016. Т.22. № 9. С. 91-98.
13. Багрецов С.А., Петров Д.М., Плотников В.А., Куличков В.К. Методика перераспределения средств между работами плана выполнения гособоронзаказа предприятиями оборонно-промышленного комплекса // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 4. С. 86-94.
14. Бгане Ю.К., Болик А.В., Тупиха Н.А., Хетагурова З.В. Место и роль категории «Неоднородная экономическая система» в системе категорий экономической науки // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 5. № 11. С. 4-9.
15. Бгане Ю.К., Хетагурова З.В., Хараджян Л.В., Читанава Н.Б. Кризисы в эволюции неоднородных экономических систем // Экономика и предпринимательство. 2015. № 3-2 (56). С. 89-92.
16. Белозеров С.А. Малый бизнес в России: основные факторы развития // Экономика и управление. 2010. №7. С. 118–119.
17. Бенсон И.Н. Влияние качества институциональной среды на благосостояние и экономический рост: межстрановые сопоставления // Вестник СПбГУ. Сер.5 «Экономика». 2016. Вып. 3. С. 38–55.
18. Берталанфи Л. История и статус общей теории систем // Системные исследования. Ежегодник. – М.: Наука, 1973. – С. 20-37.
19. Блауберг И.В., Мирский Э.М., Садовский В.Н. Системный подход и системный анализ // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. – М.: Наука, 1982. - С. 47-64
20. Блейк Р., Моутон Д. Научные методы управления. / Пер. с англ. – Киев: Наукова думка, 1990. – 340 с.



21. Богданова М.А., Болтенкова А.А., Сигидов В.В., Уздин А.М., Чернов В.П. Применение теории сейсмического риска к задачам оптимизации // Современная экономика: проблемы и решения. 2018. № 2 (98). С. 8-17.
22. Болтянский В.Г. Математические методы оптимального управления. – М.: Наука, 1966. – 308 с.
23. Боумэн К. Основы стратегического менеджмента / Пер с англ. – М.: ЮНИТИ, 1997. – 176 с.
24. Брайсон А., Хо-Ю-Ши. Прикладная теория оптимального управления. – М.: Наука, 1972. – 544 с.
25. Бузырев В.В., Поляков В.Г. Выявление степени влияния функциональных факторов территориальной организации экономики региона на его инвестиционную привлекательность // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2010. № 2 (17). С. 147-156.
26. Булгакова И.Н., Вертакова Ю.В., Григорян А.Р. Концептуальный подход к процессу разработки и адаптации механизмов функционирования интегрированных структур // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2016. № 4 (21). С. 17-24.
27. Бураков В.В., Волков В.Ф., Потрясаев С.А., Салухов В.И., Шедько Н.А. Формализованные подходы к исследованию точности моделей экономических систем. // Труды СПИИРАН. 2016. № 4 (47). С. 191-210.
28. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами / Под ред. Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
29. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Модели и механизмы управления эколого-экономическими системами // Проблемы управления. 2009. № 1. С. 2-7.
30. Бурова Н.В. Обеспечение статистической грамотности как фактор принятия эффективных управленческих решений в цифровой экономике // В книге

«Национальная концепция качества: государственная и общественная защита прав потребителей». СПб: СПбГЭУ, 2018. С. 198-201.

31. Бузова Н.В. Статистическое обеспечение анализа предпринимательской активности и институциональных преобразований в российской экономике // В книге «Стратегии развития предпринимательства в современных условиях» / Под науч. ред. Е.А. Горбашко, В.Г. Шубаевой. СПб: СПбГЭУ, 2018. С. 42-45.

32. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.

33. Варшавский Л.Е. Учет фактора неопределенности при моделировании динамики экономических систем // Анализ и моделирование экономических и социальных процессов: Математика. Компьютер. Образование. 2017. Т. 24. № 5. С. 7-22.

34. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник. – 11-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.

35. Верзилин Д.Н., Шарагин С.Ю. Концептуальные основы управления государственным оборонным контрактом. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2007. № 3. С. 47-56.

36. Верзилин Д.Н., Черешнев В.В., Максимова Т.Г. Управление сложными организационными системами: концепции, принципы, инструментарий. – Екатеринбург: УрОРАН, 2009. – 234 с.

37. Верзилин Д.Н., Шаныгин С.И. Управление целевыми процессами при организационном моделировании социальных систем // Экономика и управление. 2011. №9. С. 79-83.

38. Верзилин Д.Н., Шаныгин С.И., Черешнева Е.В. Концептуальные основы организационного моделирования социальных систем. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление». № 5. 2011. С. 123-128.

39. Вертакова Ю.В., Курбанов А.Х., Плотников В.А., Смуров А.М. Механизм выбора инновационно-инвестиционных проектов, направленных на достижение стратегических целей развития промышленности региона. // Среднерусский вестник общественных наук. 2017. Т. 12. № 3. С. 84-96.

40. Вертакова Ю.В., Шаныгин С.И. Рейтинговое исследование особенностей страновой принадлежности крупнейших компаний мира // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. Том 8, № 4 (29), С. 129-148. (401).

41. Владимирович Г.И. Управление запасами. – Л.: ЛВИКА, 1968. – 229 с.

42. Власов М.П., Шимко П.Д. Моделирование экономических процессов. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 411 с.

43. Военная системотехника и системный анализ: учебник / под ред. Б.В. Соколова. СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 1999.

44. Волков В.Ф., Шаныгин С.И. Оценивание точности модельных исследований при планировании и управлении инновациями // Экономика и управление. 2014. № 6 (104). С. 25–31.

45. Волков В.Ф., Шаныгин С.И. Управление инновационными проектами по созданию территориально распределенных экономических систем // Теория и практика общественного развития. 2014. №21. С. 79-88.

46. Волостных В.В., Иванкович Т.С., Иванкович А.В. Стратегическое управление и фантом «устойчивого развития» // Современные проблемы науки и образования. 2012. №4. С.206. [Электр. ресурс], <http://www.science-education.ru>.

47. Волошин Г.Я., Бурлаков И.А., Косенкова С.Т. Статистические методы решения задач распознавания, основанные на аппроксимационном подходе. – Владивосток: ТОИ ДвОРАН, 1992. – 272 с.

48. Воронцовский А.В., Дмитриев А.Л. Моделирование экономического роста с учетом неопределенности макроэкономических факторов: исторический обзор, проблемы и перспективы развития. Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2014. № 2. С. 5-31.

49. Воронцовский А.В., Ефимова Е.Г. Крупные открытые экономики: типологизация и проблемы анализа. Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2016. Вып. 2. С. 27-51.

50. Гильмутдинов В.М. Прикладной общеравновесный подход к моделированию инвестиционной активности в экономике России // Вестник НГУЭУ. 2015. № 3. С. 10-22.

51. Гильмутдинов Р.З., Ушаков В.В., Иванько Я.М. Математические основы развития пространственного воображения // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2017. № 4 (22). С. 149-154.

52. Голованова Л.А. Методика оценки потенциала энергосбережения в экономике региона // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2018. № 4 (51). С. 133-142.

53. Голубецкая Н.П., Решетников А.А. Инновационное развитие проектных организаций. // Известия СПбГЭУ. 2014. №3. С.54-58.

54. Голубков Е.П. Системный анализ как методологическая основа принятия решений // Менеджмент в России и за рубежом. 2003. №3. [Электр. ресурс]. URL: <http://www.mevriz.ru/articles/2003/3/1545.html> (дата обращения 30.05.2015 г.).

55. Горидько Н.П., Нижегородцев Р.М. Моделирование современной экономической динамики: типичные ловушки регрессионного анализа. // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. № 2 (197). С. 101-108.

56. Горошникова Т.А., Цвиркун А.Д. Методы и инструментальные средства оптимизации развития холдинговой компании // Проблемы управления. 2010. №3. С.38-44.

57. Грей К.Ф., Ларсон Э.У. Управление проектами: учебник / Пер. с англ. 5-го перераб. изд. – М.: Дело и сервис, 2013 – 784 с.

58. Губанов В.А., Захаров В.В., Коваленко А.А. Введение в системный анализ. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. – 228 с.

59. Давнис В.В., Тинякова В.И. Адаптивные модели: анализ и прогноз в экономических системах. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. – 380 с.
60. Данилевич С.Б. Планирование выходного измерительного контроля качества продукции: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 120 с.
61. Данилевич С.Б. Риски и показатели достоверности контроля // Контроль качества продукции. 2016. № 6. С. 28-29.
62. Дементьев В.Т. Задачи оптимизации иерархических структур. / В.Т. Дементьев, А.И. Ерзин, Р.М. Ларин, Ю.В. Шамардин. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1996. – 167 с.
63. Деминг Э. Менеджмент нового времени: Простые механизмы, ведущие к росту, инновациям и доминированию на рынке. – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 182 с.
64. Доброгорская О.В. Анализ региональной структуры прямых иностранных инвестиций РФ // Экономика. Право. Инновации. 2017. № 1 (3). С. 13-15.
65. Дорохов А.Н. Метод повышения надежности сложной системы. – Л.: ЛВИКА, 1984. – 242 с.
66. Досмуханбетова Р., Ежебеков М. Оценка гипотезы «ресурсозависимости» тестированием коинтеграции мировых цен на нефть сырую и ВВП Казахстана // Современный научный вестник. 2016. Т. 12. № 2. С. 177-183.
67. Доугерти К. Введение в эконометрику / Пер. с англ.; Сер. Университетский учебник. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 465 с.
68. Дракер П.Ф. Управление, нацеленное на результаты / Пер. с англ. М.: Технологическая школа бизнеса, 1994. – 200 с.
69. Дуда В., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. – 511 с.
70. Елисеева И.И., Курышева С.В. Фиктивные переменные в анализе данных // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2010. № 30. С. 43-63.

71. Елисеева И.И., Пересада В.П. Поиски закономерностей: теория вероятностей и макроэкономическая статистика // Вестник кафедры статистики РЭУ имени Г.В. Плеханова. Статистические исследования социально-экономического развития России и перспективы устойчивого роста / Под общ. ред. Н.А. Садовниковой. 2018. С. 348-355.
72. Елисеева И.И., Раскина Ю.В. Измерение бедности в России: возможности и ограничения // Вопросы статистики. 2017. № 8. С. 70-89.
73. Елисеева И.И., Тротт К.С., Мухаметзянова Ф.Г. Кластерный анализ регионов-доноров современной России // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2016. № 2 (58). С. 117-125.
74. Елисеева И.И. Что происходит с российской государственной статистикой? // Экономическое возрождение России. 2019. № 2 (60). С. 69-80.
75. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики: учебник. / Под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2011. – 480 с.
76. Ермоленко А.А. Субъектная целостность российской экономики: взгляд через призму теории интегрированных субъектов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2018. Т. 20. № 2. С. 5-15.
77. Задачи управления в социальных и экономических системах / В.Н. Бурков, А.В. Щепкин и др. – М.: СИНТЕГ, 2005. – 256 с.
78. Зайцев А.А., Токмакова А.А. Оценка гиперпараметров линейных регрессионных моделей методом максимального правдоподобия при отборе шумовых и коррелирующих признаков // Машинное обучение и анализ данных. 2012. Т. 1. № 3. С. 347-353.
79. Зайцев А.А. Исследование устойчивости оценок ковариационной матрицы признаков // Машинное обучение и анализ данных. 2011. Т. 1. № 2. С. 163-171.
80. Иванов Н.Н. Управление сферой услуг: инфраструктурный подход. Монография. – Изд-во СПбГУЭФ, 2001. – 143 с.

81. Иванова К.А., Савостьянова И.Л. Модель определения коинтеграции между ценой нефти и курсом рубля // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. Т. 2. № 12. С. 49-51.

82. Иващенко С.М. Экономическая политика России: модель с дискреционной политикой или с инструментальными правилами // Вестник СПбГУ. Экономика. 2018. Т. 34. Вып. 1. С. 149–172.

83. Игнатьева А.В., Максимцов М.М. Исследование систем управления. – М.: Юнити, 2008. – 167 с.

84. Ильин И.В., Левина А.И., Дубгорн А.С. Цифровая трансформация как фактор формирования архитектуры и ИТ-архитектуры предприятия // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2019. № 3 (38). С. 50-55.

85. Ильин И.В., Светуныков С.Г., Калязина С.Е., Багаева И.В. Основные тренды цифровой трансформации российского бизнеса // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 7 (97). С. 137-143.

86. Информационно-аналитическая система «Bloomberg Professional» [www.bloomberg.com](http://www.bloomberg.com).

87. Ишевский А.Л., Чунин С.А., Кузьмин В.А., Шаныгин С.И. Проектное управление организационно-экономическими мероприятиями по предотвращению эпизоотий в Северо-Западном регионе // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». 2014. № 1. [Электр. ресурс]: <http://www.economics.ihbt.ifmo.ru>.

88. Калинин А.В., Павлов И.В. Основы математической теории надежности. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 56 с.

89. Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. / Пер с англ. – М.: Едиториал УРСС, 2010. – 400 с.

90. Кантор В.Е., Серебряков С.Н. Сущность и основные признаки интегрированной компании. // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. 2014. Т.6. №3. С. 79-85.

91. Канторович Л.В. Математико-экономические работы (Избранные труды). – Новосибирск: Наука, 2011. – 760 с.
92. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / пер. с англ. под ред. И.Ф. Шахнова. – М.: Радио и связь, 2011. – 560 с.
93. Киселев А.В. Исследование непрерывного пополнения запасов организации. – Л.: ЛВИКА, 1973. – 184 с.
94. Клевцов С.М., Вертакова Ю.В., Клевцова М.Г. Устойчивое развитие промышленных комплексов на основе модернизации механизма пространственного распределения экономических ресурсов: монография. – М.: КноРус, 2016. – 246 с.
95. Князьнеделин Р.А., Курбанов А.Х., Плотников В.А. Государственный контракт как инструмент промышленной политики в оборонно-промышленном комплексе: теория и практика. Монография. – СПб.: ООО «Копи-Р Групп», 2013. – 240 с.
96. Кобелев Н.Б. Практика применения экономико-математических методов и моделей. – М.: Финстатинформ, 2000. – 246 с.
97. Ковалев В.В., Ковалев Вит.В. Корпоративные финансы. 2-е изд., перераб. и доп. / М.: Проспект, 2019. – 640 с.
98. Ковалев В.В. Финансовый менеджмент: теория и практика. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Проспект, 2019. – 1104 с.
99. Ковалев Вит.В., Воронова Е.А. Особенности экономического анализа лизинговых компаний // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. № 1 (472). С. 166-183.
100. Кожухар В.М. Основы научных исследований. – М.: Изд-во: Дашков и К, 2010. – 216 с.
101. Козленко Н.Н., Ларионов В.Г. Разработка стратегии развития предприятия на основе анализа рыночной среды // Инновации в менеджменте. 2015. № 1 (3). С. 30-39.



102. Козленко Л.А. Проектирование информационных систем // [www.interface.ru](http://www.interface.ru).

103. Козловцев А.П. Математическая модель распределения ресурсов между программами развития новых технологий. – Л.: ЛВИКА, 1972. – 143 с.

104. Колбанев М.О., Верзун Н.А. Цифровая трансформация логистических процессов множественной идентификации объектов / В книге: Развитие науки и научно-образовательного трансфера логистики / Под науч. ред. проф. В.В. Щербакова. – СПб: СПбГЭУ, 2019. С. 53-69.

105. Колбанев М.О., Коршунов И.Л., Левкин И.М. Информационно-экономические угрозы и механизм их формирования // Геополитика и безопасность. 2016. № 1 (33). С. 85-89.

106. Колмыкова Т.С. Интеграционный принцип в развитии регионального промышленного комплекса. // Актуальные проблемы экономики и управления на предприятиях машиностроения, нефтяной и газовой промышленности в условиях инновационно-ориентированной экономики. 2013. № 1. С. 564-570.

107. Кольцова А.С., Плотников В.А., Черных С.Н. Механизм государственного заказа: проблемы и направления совершенствования // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2017. Т. 7. № 2 (23). С. 60-69.

108. Концепция системы математических моделей. – М: Изд-во МО, 1987. – 210 с.

109. Копнова Е.Д., Родионова Л.А. Моделирование влияния иностранных инвестиций на продовольственную безопасность на основе моделей панельной коинтеграции // Бизнес-информатика. 2017. № 3 (41). С. 20-29.

110. Кочеткова А.И. Введение в организационное поведение и организационное моделирование. – М.: Дело, 2003. – 944 с.

111. Красс М.С., Чупрынов Б.П. Математика в экономике. Математические методы и модели. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 541 с.

112. Крылов В.Е. Состояние социально-экономической системы: проблемы моделирования и особенности идентификации параметров модели // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 5. № 9. С. 25-31.

113. Кузнецов С.В., Горин Е.А. Модернизация научно-производственного комплекса Северо-Западного макрорегиона: проблемы и решения // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2017. Т. 8. № 4 (32). С. 732-741.

114. Курочкина А.А., Островская Е.Н. Исследование критериев формирования вертикально интегрированных объединений предприятий. // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2013. №2. С. 5-9.

115. Курочкина А.А., Островская Е.Н. Сущность и особенности формирования вертикально интегрированных объединений в российской экономике. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2012. №6 (161). С. 94-99.

116. Куусуль М.Э. Кодирование контуров, представленных кривыми Безье, в задачах нейросетевой классификации // Математические машины и системы. 2004. № 3. С. 17-30.

117. Лановой В.Г. Типология и классификация государств: понятие, проблемы и соотношение // Евразийский юридический журнал. 2018. № 1 (116). С. 348-352.

118. Левина М.И. Исследование экономических систем и их классификация // Экономика. Право. Инновации. 2019. № 2. С. 6-13.

119. Логистика. Полный курс МВА. / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова. – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.

120. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.

121. Львова Н.А. Финансовая диагностика публичных компаний: выбор методических альтернатив для формирующегося финансового рынка // Экономика и управление: теория и практика. 2019. Т. 5. № 1. С. 53-60.

122. Львова Н.А. Финансовая диагностика российских предприятий с применением модели Альтмана для развитых и формирующихся рынков // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. №7 (241). С. 37-45.

123. Макарова Ю.Л., Полянин А.В., Суровнева В.А. Экономические основы формирования производственной инфраструктуры: монография. – Орел: Изд-во РАНХиГС (Орловский филиал), 2016. – 124 с.

124. Максимова Т.Г., Верзилин Д.Н., Муравьева С.В. Состояние и тенденции инновационного развития обрабатывающих отраслей промышленности Санкт-Петербурга: статистический обзор // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2014. №6. С.193–204.

125. Максимова Т.Г., Скорых С.В. Проблемы достоверности информации для оценки финансового состояния и экономической эффективности деятельности современных промышленных акционерных обществ. // Теория и практика общественного развития. 2017. № 1. С. 88-91.

126. Максимова Т.Г., Кукушкин А.М., Шаныгин С.И. Статистика финансовой обеспеченности и результативности научной деятельности. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент», 2013. №2. [Электронный ресурс]: <http://www.economics.ihbt.ifmo.ru>.

127. Маслов А.Я., Абраменко А.А., Немудрук Л.Н. Эксплуатация автоматизированных систем управления. – М.: Изд-во МО, 1984. – 485 с.

128. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. – М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.

129. Математические основы управления проектами / Под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высшая школа, 2005. – 423 с.

130. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

131. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем / Б.Г. Волик, Б.Б. Буянов, Н.В. Лубков / Под. ред. Б.Г. Волика. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 296 с.
132. Мильнер Б.З. Управление знаниями: Эволюция и революция в организации. – М.: ИНФРА-М, 2003. - 177 с.
133. Минаков В.Ф. Синхронизация инновационных проектов и технологических укладов // Наука-Rastudent.ru. 2017. № 1. С. 19.
134. Минаков В.Ф., Шуваев А.В., Лобанов О.С. Эффект цифровой конвергенции в экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2018. № 2 (110). С. 12-18.
135. Миэринь Л.А., Груничев А.С. Проблемы функционирования естественных монополий на современном этапе развития экономики // Экономика и управление. 2014. №12(110). С.10-14.
136. Могилко Д.Ю., Шаныгин С.И., Михеев А.А. Оптимизация сроков выполнения проекта по разработке информационной технологии // Стратегическое управление организацией: теория, методы, практика. Труды Международной научно-практической конференции. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. С. 316-318.
137. Моисеева Н.К., Бадорина А.А. Расширение кооперации отечественных предприятий на основе развития международных проектов // Научные исследования и разработки. Российский журнал управления проектами. 2015. Т. 4. № 4. С. 23-31.
138. Молчанов Н.Н. Инновативность менеджмента и экономический цикл // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер. Экономические науки. 2011. № 3(125). С. 9–18.
139. Молчанов Н.Н. Оценка качества высокотехнологичных услуг // Экономика и управление. 2012. № 3(77). С. 74–79.
140. Москвин Б.В. Принятие решений в сложных технических системах. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2004. – 148 с.

141. Настанский А., Штров Х.Г. Коинтеграция между доходом, ценами активов, потреблением и инвестициями // Вестник НГУЭУ. 2011. № 1. С. 119-128.
142. Национальные проекты: целевые показатели и основные результаты (на основе паспортов национальных проектов, утвержденных президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 г.). – М., 2019. – 56 с.
143. Никитина Л.М., Исаева Е.М. Институциональный анализ интеграции разнородных систем регионального уровня // Регион: системы, экономика, управление. 2012. № 3(18). С. 25-28.
144. Николаев П.П., Николаев Д.П. Проективно-инвариантное распознавание плоских контуров на примере центрально-симметричных кривых // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2009. Т. 45. С. 194-205.
145. Новиков Д.А., Иващенко А.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. – М.: КомКнига, 2006. – 332 с.
146. Новиков Д.А., Иващенко А.А., Колобов Д.В. Механизмы финансирования инновационного развития фирмы. – М.: ИПУ РАН, 2005. – 66 с.
147. Новиков Д.А., Нижегородцев Р.М., Гонтарева И.В. Управление проектами. – М.: Либроком, 2009. – 384 с.
148. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование. Ч. 3. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 623 с.
149. Основания размещения линейных объектов федерального и регионального значения на чужих земельных участках: отчет о научно-исследовательской работе. – СПб: СПбГУ, 2019. – 133 с.
150. Официальный сайт «Всемирная география» <http://worldgeo.ru/lists>.
151. Официальный сайт «Мировой Атлас Данных» <http://knoema.ru/atlas>.
152. Официальный сайт компании «StatSoft Russia». Электронный учебник по статистике. <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.

153. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики России [www.gks.ru](http://www.gks.ru).

154. Официальный сайт Центрального банка Российской Федерации [www.cbrf.ru](http://www.cbrf.ru).

155. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. – М.: Наука, 2006. – 410 с.

156. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М., Пухов Г.Г. Методология и технологии создания и использования систем поддержки принятия решений в ситуационных центрах при управлении сложными объектами // В книге: «11-я Российская мультиконференция по проблемам управления: материалы пленарных заседаний». СПб: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». 2018. С. 17-30.

157. Павловский Ю.А. Имитационные модели и системы. – М.: Фазис, 2000. – 144 с.

158. Петров А.Н. Сущность понятия «планирование» в условиях рынка. // Известия СПбГЭУ. 2010. № 4. С.141-147.

159. Петров А.Н. Теория планирования: первое приближение. Монография. – СПб.: Изд-ва ИВЭСЭП, Знание, 2007. – 143 с.

160. Плотников В.А., Шаныгин С.И. Влияние макроэкономической среды на управление организацией с учетом фактора импортозамещения // Управленческое консультирование. 2017. № 9 (105). С. 44-56.

161. Плотников В.А., Сулейманова М.В. Анализ моделей обеспечения национальной продовольственной безопасности // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 5. С. 7-12.

162. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. – М.: ВИН, 2008. – 704 с.

163. Полтерович В.М., Попов В.В., Тонис А.С. Экономическая политика, качество институтов и механизмы «ресурсного проклятия»: доклад к VIII международной научной конференции «Модернизация экономики и

общественное развитие». Москва, 3-5 апреля 2007 г. – М.: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2007. – 98 с.

164. Потрясаев С.А. Комплексное моделирование сложных процессов на основе нотации BPMN // Известия ВУЗов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 11. С. 913-920.

165. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: Синтег, 2000. – 528 с.

166. Просветов Г.И. Управление запасами. Задачи и решения. – М.: Альфа-Пресс, 2009. – 192 с.

167. Пятов М.Л. Дилетантизм и экономическая жизнь в условиях современности // Вестник НГУЭУ. 2019. № 1. С. 10-28.

168. Рахимбердиев А. Современные процессы разработки программного обеспечения. // RSDN Magazine. 2006. № 4. С. 3-10.

169. Рингланд Дж. Сценарное планирование для разработки бизнес-стратегии. 2-е изд. – М.: Изд-во Вильямс ИД, 2008. – 560 с.

170. Рогачев Ал.Ю., Рогачев Ан.Ю. Анализ рынка на основе теории коинтеграции // Экономика и математические методы. 2007. Т. 43. № 2. С. 101-110.

171. Розен В.В. Математические модели принятия решений в экономике. – М.: Книжный дом «Университет», 2002. – 288 с.

172. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров. Изд. 2-е, доп. – СПб.: СЗГЗТУ. 2006. – 186 с.

173. Рыжков Н.А., Верзилин Д.Н., Максимова Т.Г., Антохин Ю.Н. Управление экономической эффективностью программы информатизации многофункционального государственного учреждения // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2012. № 3 (149). С. 73-76.

174. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

175. Савин Г.И. Системное моделирование сложных процессов. – М.: Фазис, 2000. – 288 с.
176. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
177. Серых В.И., Гребцова Л.В. Достоверность многопараметрического контроля // Вестник СибГУТИ. 2010. №1. С. 70-75.
178. Серых В.И., Порватов С.П., Сединин В.И. Многопараметрический контроль продукции: достоверность и затраты // Методы менеджмента качества. 2010. № 5. С. 48-53
179. Синягин Ю.В., Переверзина О.Ю. Развитие технологии анализа личностно-профессиональных ресурсов кандидатов при формировании резервов управленческих кадров. Сборник материалов НИР. – М.: Изд-во РАНХиГС, 2018. – 98 с.
180. Сироткина Н.В., Лесных Д.Н., Матвеев А.И. Системный подход к оценке эффективности аппарата управления промышленного предприятия // Экономический анализ: теория и практика. 2007. №2(83). С. 55–56.
181. Система качества (управление качеством производства ПО) // [www.interface.ru](http://www.interface.ru). 2001.
182. Сломан Дж. Экономикс. – СПб: Питер, 2005. – 832 с.
183. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Неокибернетика в современной структуре системных знаний // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. №2(3). С. 3-11.
184. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Перспективы развития и междисциплинарного взаимодействия информатики и кибернетики // Дизайн. Материалы. Технология. 2008. №4. С. 72–79.
185. Соколов Р.В., Андреевский И.Л. выбор варианта облачно-ориентированной поддержки логистических задач / В книге: Развитие науки и научно-образовательного трансфера логистики / под науч. ред. В.В. Щербакова. Санкт-Петербург, 2019. С. 117-124.



186. Соколов Р.В. Модели управления информационными рисками в системах условного доступа // Прикладная информатика. 2017. Т. 12. № 4 (70). С. 15-21.

187. Сомина И.В. Возможности использования технологии когнитивного моделирования в целях анализа взаимосвязей параметров инновационных процессов в экономических системах // Белгородский экономический вестник. 2015. № 4 (80). С. 57-63.

188. Стельмашонок Е.В., Стельмашонок В.Л. Методические аспекты моделирования системы защиты информации в организации // Петербургский экономический журнал. 2019. № 2. С. 64-70.

189. Стельмашонок Е.В., Стельмашонок В.Л. Объектно-ориентированный подход к моделированию системы защиты информации // Петербургский экономический журнал. 2018. № 2. С. 30-41.

190. Стрижов В.В. Задача выбора многоуровневых моделей с анализом ковариационной матрицы параметров // Математические методы распознавания образов. 2011. Т. 15. № 1. С. 154-157.

191. Субботенко А.В., Петрухин Г.Д., Кирюхин Д.А. Использование ковариационной матрицы для вычисления весовых коэффициентов классификаторов в задаче многоклассового распознавания // Информация и космос. 2016. № 4. С. 96-100.

192. Сухарев О.С. Институциональное моделирование в управлении экономическими системами // Проблемы теории и практики управления. 2017. № 10. С. 38-54.

193. Сухарев О.С. Экономическая теория институциональных изменений: подходы к моделированию коррекции и дисфункции институтов // Журнал экономической теории. 2018. Т. 15. № 2. С. 276-290.

194. Теория статистики с элементами эконометрики: учебник. / Под ред. В.В. Ковалева. – М.: Юрайт, 2014. – 670 с.

195. Тимошенко С.П., Симонов Б.М., Горошко В.Н. Основы теории надежности – М.: Изд-во Юрайт, 2015. – 445 с.
196. Трофимов В.В. Искусственный интеллект в цифровой экономике // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2019. № 4 (118). С. 105-109.
197. Трофимов В.В. Комплексный подход к описанию процессов проекта // Вестник ПМСОФТ. 2014. № 10. С. 2-6.
198. Трофимов В.В., Трофимова Е.В. Категориальный анализ терминов при концептуальном подходе к эволюции ИТ // Современная экономика: проблемы и решения. 2016. № 6 (78). С. 107-116.
199. Трофимова Л.А., Трофимов В.В. Реализация стратегии инновационного развития строительной отрасли РФ на основе информационного моделирования промышленных и гражданских объектов // Современное строительство и архитектура. 2017. № 1 (05). С. 31-35.
200. Тятюшкин А.И. Многометодная технология для расчета оптимального управления // Известия РАН. Теория и системы управления. 2003. №3. С. 59-67.
201. Уолш К. Ключевые показатели менеджмента. – М.: ДЕЛЮ, 2001. – 360 с.
202. Управление закупками и поставками / М. Линдерс, Ф. Джонсон, А. Флинн, Г. Фирон. – М.: Юнити-Дана, 2007. – 751 с.
203. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. В 2-х томах. Т. 1. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
204. Фридман Г.М., Лапина М.Г., Носова Е.В. Сравнение статистических и эвристических методов восстановления общего пассажирского спроса по данным о количестве продаж авиабилетов // Финансы и бизнес. 2011. № 3. С. 142-149.
205. Фридман Г.М., Лапина М.Г. Построение дискретных распределений случайных величин для моделирования общего неограниченного спроса // В мире научных открытий. 2012. № 8 (32). С. 210-221.

206. Фу К. Структурные методы в распознавании образов: монография / Пер. с англ.; под ред. М.А. Айзермана. – М.: Мир, 1977. – 322 с.

207. Халин В.Г., Чернова Г.В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Управленческое консультирование. 2018. № 10 (118). С. 46-63.

208. Халин В.Г., Черновалова М.В., Шманев С.В. Алгоритмическое и информационное обеспечение управления инновационными проектами в условиях неопределенности // Прикладная информатика. 2018. Т. 13. № 3 (75). С. 5-15.

209. Цуканова О.А., Торосян Е.К. ERP-системы как инструмент повышения эффективности хозяйственной деятельности предприятия // Журнал правовых и экономических исследований. 2018. № 4. С. 223-226.

210. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К. Бизнес-план. Анализ инвестиций. Методы и инструментальные средства. – М.: Ось-89, 2009. – 320 с.

211. Чернов В.П. Моделирование потенциала экономических взаимодействий // Современная экономика: проблемы и решения. 2012. № 9 (33). С. 191-195.

212. Черняк Л.Т. Адаптируемость и адаптивность // Открытые системы. 2004. № 9. С. 30–35.

213. Черняк Л.Т. От адаптивной инфраструктуры к адаптивному предприятию // Открытые системы. 2003. №10. С. 32–39.

214. Шаныгин С.И. Взаимная адаптация организационных структур головного исполнителя и соисполнителей инновационных проектов // Журнал правовых и экономических исследований. 2013. №2. С. 131-136.

215. Шаныгин С.И. Выполнение долговременных проектов в рамках государственной программы // Журнал правовых и экономических исследований. 2015. № 2. С. 231-240.

216. Шаныгин С.И., Зуга Е.И. Заработная плата и производительность труда в России (региональный аспект) // Экономика и управление, 2019. №10. С. 39-49.

217. Шаныгин С.И., Зуга Е.И. Статистика размещения линейных объектов в России (территориально-экономические аспекты) // Экономика и управление, 2019. №7 (165). С 38-48.

218. Шаныгин С.И. Иерархическая модель компании как сложной организационно-экономической системы // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». № 3. 2008. С. 244-252.

219. Шаныгин С.И. Инструментарий управления продолжительностью проекта в территориально-распределенной организации // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Экономика. Социология. Менеджмент. 2017. Т.7, №4 (25). С.73-82.

220. Шаныгин С.И. Концептуальное моделирование сложных организационно-экономических систем // Экономика и управление. № 2. 2008. С. 156-159.

221. Шаныгин С.И. Концепция построения комплексной системы формализованных моделей деятельности организации // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». № 4. 2007. С. 9-14.

222. Шаныгин С.И. Обеспечение ресурсами территориально удаленных объектов организации // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». № 3. 2011. С. 6-11.

223. Шаныгин С.И. Обеспечение устойчивости инновационных процессов национальной научно-образовательной системы // Вестник Российской академии естественных наук. № 2. 2013. С. 114-117.

224. Шаныгин С.И. Организация и планирование процесса оказания услуги в консалтинговой компании // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». № 2-1. 2009. С. 112-122.

225. Шаныгин С.И. Предварительная математическая обработка данных в задачах обоснования решений о состоянии социально-экономических систем // Известия СПбГЭУ, 2019. № 6 (120). С. 123-132.

226. Шаныгин С.И., Ризванова Э.Р. Сопоставительный статистический анализ официальных итогов внешней торговли // Вестник СПбГУ. Серия 5 «Экономика». 2016. №4. С. 49-71.

227. Шаныгин С.И. Статистический анализ достоверности результатов контроля состояния организационно-экономической системы // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». № 6. 2010. С. 277-285.

228. Шаныгин С.И. Стратегическое управление организацией: теоретико-методологический подход. Научное издание. – СПб.: Наука, 2011. – 187 с.

229. Шаныгин С.И. Управление запасами ресурсов организации при непрерывном пополнении // Экономика и управление. № 2. 2010. С. 56-61.

230. Шаныгин С.И. Управление организацией проектного типа: стратегия и тактика. Изд. 2, перераб. Научное издание. – СПб.: Наука, 2015. – 200 с.

231. Шаныгин С.И. Управление процессом оказания консалтинговых услуг в сфере информационных технологий. Дисс. ... канд. эк. наук. СПб.: СПбТЭИ, 2005. – 178 с.

232. Шаныгин С.И. Управление ресурсным обеспечением бизнес-процессов организации // Лизинг. Технологии бизнеса. № 6. 2011. С. 25-30.

233. Шаныгин С.И. Управление структурами работ и ресурсов организаций – соисполнителей проекта в рамках государственного заказа // Экономика и управление. 2016. №11. С.84-90.

234. Шаныгин С.И. Управление структурой взаимодействия предприятий промышленности при осуществлении совместных инновационных проектов // Теория и практика общественного развития. 2013. № 12. С. 211-214.

235. Шевченко А.Ю. Методы повышения достоверности решений о состоянии систем. – Л.: ЛВИКА, 1985. – 224 с.

236. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. / Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.

237. Щербаков Г.А. Количественные и качественные процессы в экономике как фундаментальная основа хозяйственных явлений среднесрочного и долгосрочного экономических циклов // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016. Т. 5. № 1 (14). С. 73-77.
238. Юсупов Р.М. Информационные технологии и экономика информационного общества // Инновации. 2013. №11. С.40–46.
239. Юсупов Р.М., Соколов Б.В. Имитационное моделирование и его применение в науке и промышленности // Вестник РАН. 2008. Т.78, №5. С. 471-472.
240. Яворский В.А. Планирование научного эксперимента и обработка экспериментальных данных. – М.: МФТИ (ГУ), 2006. – 24 с.
241. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.
242. Aaronson S., Cajner T., Fallick B., Galbisreig F., Smith Ch., Wascher W. Labor Force Participation: Recent Developments and Future Prospects // Brookings Papers on Economic Activity, Fall 2014. P. 197-255.
243. Ackoff R.L. The Democratic Corporation. – N.Y.: Oxford University Press, 1994.
244. Altman E. Financial ratios, discriminant analysis, and the prediction of corporate bankruptcy // The Journal of Finance. 1968. September. P. 589-609.
245. Altman E., Iwanicz-Drozowska M., Laitinen E., Suvas A. Distressed firm and bankruptcy prediction in an international context: a review and empirical analysis of Altman's Z-score model // Proceedings of the 7-th International Risk Management Conference «The safety of the financial system. From idiosyncratic to systemic risk». 2014. URL: <http://pages.stern.nyu.edu/~ealtman/IRMC2014ZMODELpaper1.pdf>.
246. Amaral L. New series of Portuguese population and employment, 1950-2007: implications for GDP per capita and labor productivity. // Analise Social, 2009, vol. 44, N 193. P. 767-791.

247. Bartelsman E., Haltiwanger J., Scarpetta S. Measuring and Analyzing Cross-Country Differences in Firm Dynamics. // *Producer Dynamics: New Evidence from Micro Data*. National Bureau of Economic Research, Inc. 2009, P. 15-76.

248. Bartelsman E., Haltiwanger J., Scarpetta S. Cross-Country Differences in Productivity: The Role of Allocation and Selection. // *American Economic Review*, 2013, vol. 103, N 1. P. 305-334.

249. Bogdanova E.L., Maximova T.G., Rizvanova E.R., Shanygin S.I. Mirror Statistics of International Trade of Russia and Sweden. // *Proceedings of the 29th International Business Information Management Association Conference (Vienna, Austria, 2017)*. P. 411-418.

250. Chunin S.A., Khakhaev I.A., Shanygin S.I., Zuga E.I. Features of Organization of Distance Learning Projects in the University. // *Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference (25-26 April 2018; Milan, Italy)*. P. 3520-3529.

251. David F.R. *Strategic Management: Concepts and Cases* 13th edition. – Prentice Hall, 2011. – 694 p.

252. Desai P. Why Is Russian GDP Growth Slowing? // *The American Economic Review*, 2006, vol. 96, N 2. P. 342-347.

253. Dessler G. *Human Resource Management*. 6 ed. – New Jersey: Prentice Hall, 1994.

254. Dyukina T.O., Shanygin S.I., Zuga E.I. Comparative Analysis of Typical Features of the Economies of the States in around the Crisis Period 2005-2011. // *Proceedings of the 28th International Business Information Management Association Conference (Seville, Spain)*. 2016. P. 945-953.

255. Feldstein M. Underestimating the Real Growth of GDP, Personal Income, and Productivity. // *The Journal of Economic Perspectives*, 2017, vol. 31, N 2. P. 145-163.

256. Fridman G., Lapina M. Maximum likelihood approach for demand unconstraining problem with censoring information incompleteness // *Journal of Revenue and Pricing Management*. February 2016, V. 15, Issue 1, P. 37–51.
257. Ghoshal S., Bartlett C.A. *The Individualized Corporation*. – N.Y.: Harper Business, 1999.
258. Götze U., Bloech J. *Investitionsrechnung, Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*, 3. Auflage. – Berlin: Springer, 2002.
259. Halal W.E., Geranmayeh A., Pourdehnad J. *Internal Markets*. – N.Y.: John Wiley and Sons, 1993.
260. Hammer M., Champy J. *Reengineering the Corporation. A Manifesto for Business Revolution*. – N.Y.: Harper Business, 1994.
261. Hesselbein F., Marshall G., Beckhard R. *The Organization of the Future*. – San Francisco: Josey-Bass, 1997.
262. Hipple S.F. Labor Force Participation: What Has Happened Since the Peak? // *Monthly Labor Review*, September 2016. P. 1-21.
263. Hodge B.S., Antony W.P., Gales L.M. *Organization Theory (a Strategic Approach)*. 5 ed. – N.Y.: Prentice Hall, 1996.
264. Kartashev S.I., Kartashev S.P. A multicomputer system with dynamic architectures // *IEEE Trans. Comput.* C-28. 1979. N 10. P. 704-721.
265. Kotter J. *Corporate Culture and Performance*. – N.Y.: Free Press, 1992.
266. Kruglova M.S., Volynskii A.I., Kirilyuk I.L. Meso-Level of Economy: Theoretical Approaches and Math Modeling // *Journal of Institutional Studies*. 2019. Vol. 11. № 1. P. 41-54.
267. Lalwani C.S., Disney S., Towill D.R. Controllable, observable and stable state space representations of a generalized order-up-to policy // *Int. J. Prod. Econ.* 2006. N101. P. 172–184.
268. Lissak M.R., Letiche H. Complexity, emergence, resilience, and coherence: gaining perspective on organizations and their study // *Emergence*. 2002. N4(3). P. 72-94.



269. Lissack M.R., van Uden J., Richardson K.A. Emergence: The Archives 1999-2003. Multimedia CD. – Marblehead: ISCE Publishing, 2005. – 2603 p.
270. Manganelli R., Klein M. The Reengineering Handbook. A Step-by-Step Guide to Business Transformation. – N.Y.: Amacom, 1994.
271. Mead R. International Management, Cross-Cultural Dimensions. – L.: Beackwell Publishers, 1994.
272. Mintzberg H. Structure in Fives. Designing Effective Organizations. – N.Y.: Prentice Hall, 1993.
273. Mintzberg H. Bedtime Stories for Managers. – Oakland (USA): Berrett-Koehler Publishers, 2019. – 200 p.
274. Ostroff F. The Horisontal Organization. – N.Y.: Oxford University Press, 1999.
275. Pinchot G., Pinchot E. The Intelligent Organization. – San Francisco: Berrett-Koehler, 1996.
276. Richardson K.A. Systems theory and complexity: Part 1 // E:CO. 2004. N6(3). P. 75-79.
277. Richardson K.A. Systems theory and complexity: Part 3 // E:CO. 2005. N7(2). P. 104-114.
278. Richardson K.A., Midgley G. Systems theory and complexity: Part 4. The evolution of systems thinking // E:CO. 2007. N9(1). P. 163–180.
279. Robbins S., De Cenzo D. Fundamentals of Management. Essential Concepts and Applications. – New Jersey: Prentice Hall, 1995.
280. Sarkis J., Talluri S., Gunasekaran A. A strategic model for agile virtual enterprise partner selection // International Journal of Operations and Production Management. 2007. Vol. 27, N11. P. 1213–1234.
281. Scott W.R. Organizations, Rational, Natural and Open Systems. 4 ed. – N.Y.: Prentice Hall, 1998.
282. Sethi S.P., Thompson G.L. Optimal Control Theory: Applications to Management Science and Economics. 2 ed. – Berlin: Springer, 2006.

283. Shafritz S.M., Ott S.S. *Classics of Organization Theory*. 4 ed. – San Diego: Harcourt Brace College Publishers, 1996.
284. Shanygin S., Zuga E. Some Macroeconomic features of Russia as an external environment for activities of companies // *St. Petersburg University Economic Papers: To the Anniversary of Economic Science at the University. Proceedings of the Third International Economic Symposium – 2018*. Atlantis Press, 2019. P. 423-430.
285. Slien I.K., Norrie D.H., Barthes J.P. *Multi-Agent Systems for Concurrent Intelligent Design and Manufacturing*. – London: Taylor & Francis Group, 2001.
286. Sokolov B.V., Ivanov D.A., Zaychik E.M. The formalization and investigation of processes for structure-dynamics control models adaptation of complex business systems. 20th European Conference on Modeling and Simulation ESMS, 2006. – P. 292-295.
287. Sokolov B., Yusupov R., Verzilin D., Sokolova I., Ignatjev M. *Methodological Basis of Socio-Cyber-Physical Systems Structure-Dynamics Control and Management // 1st International Conference on Digital Transformation and Global Society (DTGS)*. St Petersburg, ITMO Univ. Jun. 22-24, 2016. vol. 674. P. 610-617.
288. Stefani R.T., Shahian B., Savant C.J., Hostetter G.H. *Design of feedback control systems*. – Oxford: Oxford University Press, 2002.
289. Stermann J.D. *Business dynamics: systems thinking and modeling for complex world*. – New Jersey: McGraw-Hill/Irwin, 2000.
290. Torhnngton D., Weightman J. *Effective Management. People and Organization*. 2 ed. – N.Y.: Prentice Hall, 1994.
291. Van de Vonder S., Demeulemeester E., Herroelen W. A classification of predictivereactive project scheduling procedures // *J. Sched.* 2007. N10(3). P. 195–207.
292. Verzilin D., Ivanov D., Sokolov B., Zaychik E. Simulation-based multi-criteria estimation of plans stability // *Proceedings of the 21st European Conference on Modeling and Simulation*. Czech Republic, Prague, 2007. P. 209-213.

293. Verzilin D., Ivanov D., Sokolov B. Structural and parametrical analysis of enterprise networks stability // Proceedings of the 21 European Conference on Modeling and Simulation ECMS. Czech, Prague, 4-6 June, 2007. P. 418-422.

294. Verzilin D., Maximova T., Chereshev V. Integrated Modeling Management of Flexible Supply Networks // The 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, INCOM'09. Moscow: V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences, 2009. P. 1903-1908.

295. Zhang W.-B. Theory of complex systems and economic dynamics // Nonlinear Dynam. Psychol. Life Sci. 2002. N6(2). P. 83-101.

296. Zoidov K.Kh. Modeling of Crisis Cyclic Dynamics of the Evolution of Socio-Economic Systems of the Countries of the European Part of the Cis. Part 1 // Today and Tomorrow of Russian Economy. 2018. № 89-90. P. 13-38.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Формализованные алгоритмы для практической реализации теоретических положений разделов 3.2 и 4.1

#### Алгоритм 3.2.1

Шаг 1. Все ЛО, планируемые для размещения в регионе, проранжировать в порядке убывания их важности. Оценить значение вероятностей  $\phi_{ijs}$ .

Шаг 2. Не оценивая стоимости размещения каждого из ЛО, выделить наиболее приоритетные ЛО, размещения которых безусловно необходимо для успешности создания совокупности взаимосвязанных ЛО, и сформировать из них множество  $\{A\}$ .

Шаг 3. Дополнительно включить в  $\{A\}$  те ЛО, без размещения которых размещение хотя бы одного из ЛО, ранее включенных в  $\{A\}$ , теряет смысл.

Шаг 4. Из всех ЛО, не включенных во множество  $\{A\}$ , сформировать множество  $\{B\}$ . Проранжировать по  $e$  ( $e=1, 2, \dots, E$ ) ЛО множества  $\{B\}$  в порядке убывания важности. Положить  $e=1$ .

Шаг 5. Определить типы СТО ( $j$ ), необходимые для осуществления каждого  $i$ -го ЛО.

Шаг 6. Для каждого  $j$ -го СТО ( $j=1, 2, \dots, n$ ) найти текущее значение функции  $\gamma_{ijks}$  по формуле:

$$\gamma_{ijks} = \begin{cases} 1, & \text{если } U_{ijks} \leq \sum_{g=1}^k \left[ \left( \sum_{q=0}^{s-1} \gamma_{ijgq} \cdot x_{ijg} \cdot \phi_{ijgq} \right) + x_{ijg} \cdot \phi_{ijgs} \right] \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

при условии:  $\sum_{q=0}^s \gamma_{ijkq} = 1$ ,

где  $s = 0, 1, 2, \dots, S$  – номер состояния (этапа проекта по разработке) СТО (для указанных выше этапов  $S = 4$ );  $k = 1, 2, \dots, K$  – номера периодов планирования (финансовые годы);  $i = 1, 2, \dots, m$  – условные номера (наименования) ЛО;  $j = 1, 2, \dots, n$  – условные номера (типы) СТО, с помощью которых возможно создание

рассматриваемого ЛО;  $U_{ijks}$  – объем ФС, необходимых в периоде  $k$  для перевода  $j$ -го СТО относительно  $i$ -го ЛО из состояния  $(s-1)$  в состояние  $s$ ;  $x_{ijk}$  – объем ФС, вложенных в период  $k$  в развитие  $j$ -го СТО по  $i$ -му ЛО;  $\phi_{ijks}$  – вероятность перехода СТО  $j$ -го типа относительно  $i$ -го ЛО из состояния  $(s-1)$  в состояние  $s$  в период  $k$ .

Шаг 7. Для каждого  $j$ -го СТО ( $j=1, 2, \dots, n$ ) оценить экспертным путем или статистически необходимые затраты ФС на перевод в следующее состояние ( $U_{ijks}$ ).

Шаг 8. По формуле  $\sum_{s=1}^3 C_{ijs} \leq C_{ij}^{\max}$  (где  $C_{ij}^{\max}$  – максимально возможная стоимость разработки  $j$ -го СТО для  $i$ -го ЛО) определить количество СТО  $j$ -го типа, которое может быть произведено в период  $k$  с учетом ограничения  $\sum_{i=1}^m y_{ijk} \leq \lambda_{jk}$ .

Шаг 9. Оценить возможность использования в  $i$ -м ЛО  $j$ -го типа СТО, произведенных ранее периода  $(k-1)$  по формуле:

$$\beta_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если верно } UIO; \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где  $UIO$  (условие использования оборудования) – «СТО  $j$ -го типа, установленное в периоде  $g$  для  $i$ -го ЛО, возможно использовать в периоде  $k$ »

и составить матрицу  $\|\beta_{ijk}\|$ .

Шаг 10. Определить  $y_{ijk}^{\Sigma}$  по формуле  $y_{ijk}^{\Sigma} = \sum_{g=1}^{k-1} y_{ijg} \cdot \beta_{ijk}$  (где  $y_{ijg}$  – число СТО  $j$ -го типа, созданных в период  $g$  для выполнения  $i$ -го ЛО в последующие периоды).

Шаг 11. Для каждого ЛО множества  $\{A\}$  определить экспертным путем или статистически минимально допустимый уровень качества ЛО.

Шаг 12. Определить затраты ФС на размещения каждого ЛО множества  $\{A\}$  в период  $k$  по формуле:

$$C_{ik} = \sum_{j=1}^n (2 - \phi_{ij4}) \cdot x_{ijk} + \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\text{э}} \cdot \beta_{ijk} \cdot y_{ijg} + C_{ik}^{\text{о3э}},$$

где первое слагаемое представляет собой объем ФС, вложенных в развитие  $i$ -го ЛО в период  $k$  с учетом создания страховых технических резервов; второе – стоимость эксплуатации СТО, произведенных во всех прошедших периодах.

Шаг 13. Оценить суммарные затраты на размещение всех ЛО множества  $\{A\}$  для периода  $k$  ( $C_k$ ) по формуле

$$C_k = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (2 - \phi_{ij4}) \cdot x_{ijk} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\text{э}} \cdot \beta_{ijk} \cdot y_{ijg} + \sum_{i=1}^m C_{ik}^{\text{о3э}} + C_k^{\text{кф}} + C_k^{\text{оа}}$$

с учетом:

$$C_{ijk}^{\text{п}} = \sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\text{xp}} \cdot \beta_{ijk} + C_{ijk}^{\text{то}} + C_{ijk}^{\text{э}} + C_{ijk}^{\text{вэ}} + C_{ijk}^{\text{от}} + C_{ijk}^{\text{оп}},$$

где  $\sum_{g=1}^{k-1} C_{ijk}^{\text{xp}} \cdot \beta_{ijk}$  – расходы на содержание всех  $j$ -го типа СТО, размещенных в

предыдущие периоды для  $i$ -го ЛО;  $C_{ijk}^{\text{то}}$  – на технологическое обслуживание

одного такого СТО в период  $k$ ;  $C_{ijk}^{\text{э}}$  – на непосредственную эксплуатацию СТО в

$k$ -й период;  $C_{ijk}^{\text{вэ}}$  – на ввод в эксплуатацию СТО в  $k$ -м периоде;  $C_{ijk}^{\text{от}}$  – на оплату

труда эксплуатирующего и обслуживающего персонала;  $C_{ijk}^{\text{оп}}$  – на обучение персонала;

$$C_{ijk}^{\text{к}} = N_{ijk}^{\text{ск}} \cdot C_{ijk}^{\text{ск}} + C_{ijk}^{\text{со}} + C_{ijk}^{\text{ам}} + C_{ijk}^{\text{са}} + C_{ijk}^{\text{вост}} + C_{ijk}^{\text{утил}},$$

где  $N_{ijk}^{\text{ск}}$  – количество СТО;  $C_{ijk}^{\text{ск}}$  – расходы на содержание технологического комплекса в целом на базе СТО  $j$ -го типа для  $i$ -го ЛО в период  $k$ , пересчитанные в среднем на одну СТО;  $C_{ijk}^{\text{со}}$  – на содержание средств обеспечения технологических процессов и контроля функционирования таких СТО в  $k$ -м

периоде;  $C_{ijk}^{\text{восст}}$  – на восстановление ремонтпригодных СТО;  $C_{ijk}^{\text{ам}}$  – амортизационные расходы на СТО в  $k$ -м периоде;  $C_{ijk}^{\text{утилл}}$  – на утилизацию СТО, восстановление которых экономически нецелесообразно, и ремонтнепригодных СТО;  $C_{ijk}^{\text{са}}$  – на содержание административно-управленческого персонала.

Шаг 14. Если  $C_k \leq C_k^{\text{д}}$ , то по формуле

$$\max \left[ \mu_{ik} \cdot \frac{F_{ik}^{\phi}(x_{ijk})}{F_{ik}^{\text{п}}} \right] \text{ для каждого } k = 1, 2, \dots, K$$

$$\|x_{ij}^*\|_k$$

при ограничениях:  $F_{ik}^{\phi} \geq f(x_{ik}) \cdot F_{i(k-1)}^{\phi}$ ;  $x_{ik} \geq x_{ik}^{\text{мин}}$ ;  $\|A^{\text{ЛО}}\| = \text{const}$ ;  $\sum_{i=1}^I x_{ik} = \text{const}$ ;

$$F_{ik}^{\phi}(x_{ik}; x_{ik}^{\text{доп}}) = f(x_{ik}) \cdot F_{i(k-1)}^{\text{п}} + f^{\text{доп}}(x_{ik}^{\text{доп}}) \cdot (F_{i(k-1)}^{\text{п}} - F_{i(k-1)}^{\phi}); \sum_{i=1}^m y_{ijk} \leq \lambda_{jk}; C_k \leq C_k^{\text{д}};$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (2 - \phi_{ijs}) \cdot \gamma_{ijks} \cdot x_{ijk} \leq C_k \text{ при } s = 0, 1, 2, \dots, S; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

(где  $\mu_{ik}$  – коэффициент приоритетности  $i$ -го ЛО в периоде  $k$ ).

распределить ФС объемом  $C_k$  между ЛО множества  $\{A\}$ , сформировать матрицу

$$\|x_{ij}^*\|_k \text{ и переход на шаг 18.}$$

Шаг 15. Если возможно увеличение  $C_k^{\text{д}}$  до уровня  $C_k$ , то положить  $C_k = C_k^{\text{д}}$ .

Матрица  $\|x_{ij}^*\|_k$  – искомая и переход на шаг 21.

Шаг 16. Уменьшить уровни качества размещения всех ЛО множества  $\{A\}$  на минимально возможную (желательно почти одинаковую) величину. Убедиться, что получившиеся уровни качества каждого ЛО множества  $\{A\}$  не меньше соответствующих  $F_k^{\text{мин}}$ . Переход на шаг 13.

Шаг 17. Отказаться от указанного в шаге 16 уменьшения уровней, сделать вывод

о невозможности размещения совокупности ЛО при текущих условиях. Переход на конец.

Шаг 18. Оценить возможность размещения  $e$ -го ЛО из множества  $\{B\}$  с учетом положения шага 3, в соответствии с шагами 6–10 и 13 при условии размещения его при допустимом уровне качества.

Шаг 19. Если  $C_k \leq C_k^d$ , то добавить к  $e$ -му ЛО  $(e+1)$ -й ЛО, с учетом этого повторить шаг 18. Повторять аналогичные процедуры, добавляя  $(e+2)$ -й,  $(e+3)$ -й и т. д. ЛО, до тех пор, пока справедливо неравенство  $C_k \leq C_k^d$ . Затем осуществить переход на шаг 14.

Шаг 20. Положить  $e=e+1$  и переход на шаг 18.

Шаг 21. Повторить шаг 14 с учетом выбранных из множества  $\{B\}$  ЛО, скорректировать матрицу  $\|x_{ij}^*\|_k$ .

Шаг 22. Полученная матрица  $\|x_{ij}^*\|_k$  – искомая матрица распределения ФС между ЛО. Определить объем неизрасходованных ФС по формуле  $(C_k^d - C_k)$ .

*Составлено автором.*

### Алгоритм 4.1.1

Шаг 1. Для рассматриваемого проекта определить требуемые затраты времени на выполнение  $j$ -й работы для всех  $j=1, 2, \dots, b$  по формуле  $t^j = \frac{a^j}{\rho^{\text{гп}}}$  и создать соответствующее множество  $T' = \{t_1; t_2; \dots, t_b\}$  (где  $a^j$  – трудоемкость  $j$ -й работы ( $j=1, 2, \dots, b$ );  $\rho^{\text{гп}}$  – производительность группы подразделений-исполнителей работы).

Шаг 2. Положить  $n_1=1$ .

Шаг 3. Для всех вариантов разделения  $\{T'\}$  на  $n$  непустых подмножеств определить суммарное значение всех элементов каждого из этих подмножеств и создать новое множество  $T'' = \{t^1, t^2, \dots, t^n\}$ .



Шаг 4. Найти наибольший элемент  $\{T''\}$  ( $t^f$ ) и вычислить суммарное непродуктивное время для соответствующего варианта распределения работ проекта по формуле  $t_i^{нз} = n_i T_i^{\max} - (T_1 + T_2 + \dots + T_n)$ , где  $T_j$  ( $j=1, 2, \dots, n_i$ ) – затраты времени  $j$ -й группы подразделений-исполнителей на выполнение всех запланированных для нее работ  $i$ -го проекта;  $T_i^{\max} = \max T_j \in \{T_j \mid j=1, 2, \dots, n_i\}$ .

Шаг 5. Выполнить последовательно шаги 3 и 4 для всех возможных вариантов разделения  $\{T''\}$  на  $n$  непустых подмножеств ( $j=1, 2, 3, \dots$ ), создать новое семейство множеств  $T''' = \{T_j'' \mid j=1, 2, 3, \dots\}$ .

Шаг 6. Из семейства множеств  $T'''$  выбрать  $\{T''\}$  с наименьшим  $t^{нз}$ .

Шаг 7. Если  $t^f \leq t^д$ , то  $n$  – искомое и переход на шаг 9.

Шаг 8. Если  $n \geq b$ , то не планировать выполнение рассматриваемого проекта и переход на шаг 12; иначе положить  $n=n+1$  и переход на шаг 3.

Шаг 9. Положить  $r=1$ .

Шаг 10. Вычислить вероятность достоверности выполнения рассматриваемого проекта  $n$  группами на интервале времени  $[t_n; t_n + t^r]$  по формуле:

$$P_i^{дп}(t_n; t_n + t_i^r) = \left( 1 - \left( 1 - \left[ \left( 1 - e^{-\lambda t_n} (1 - e^{-\lambda t_i^r}) \right) P_i^{вп} P_i^{дд} \right] \right)^{r_i} P_i^r \right)^{n_i},$$

где  $P_i^{вп}$  – вероятность того, что на интервале времени  $[t_n; t_n + t_i^r]$  все другие внешние причины не приведут к ошибкам в контрольном тесте;  $P_i^{дд}$  – вероятность того, что на этом же интервале времени исходные данные для теста будут находиться в диапазоне допустимых значений и любой набор исходных данных из этого диапазона не приведет к ошибке;  $P_i^r$  – вероятность корректности реализации процедуры голосования на интервале времени  $[t_n; t_n + t_i^r]$ ; значения показателей  $P_i^{вп}$ ,  $P_i^{дд}$  и  $P_i^r$  являются постоянными для групп данной совокупности подразделений-исполнителей и находятся статистическими или экспертными методами из опыта выполнения аналогичных проектов;  $\lambda$  – интенсивность изменения количества подразделений (подробнее см. п. 4.1).

Шаг 11. Если  $P^{дп} \geq P^r$ , то  $r$  – искомое и переход на шаг 12, иначе положить  $r=r+1$  и переход на шаг 10.

Шаг 12. Выполнить шаги 1–11 для всех  $i=1, 2, \dots, k$ .

Шаг 13. Пронумеровать по  $i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) все проекты предприятия по правилу ранжирования проектов (задач). Положить  $z_i=1$ .

Шаг 14. Положить  $i=1, m_{св}=m$ .

Шаг 15. Для  $i$ -го проекта вычислить  $n_i$  и  $r_i$  в соответствии с шагами 1–11; положить  $m_{св}=m_{св}-n_i(r_i+z_i)$ .

Шаг 16. Если  $m_{св}=0$ , то не планировать выполнение проектов всех классов с  $(i+1)$  по  $k$ , и переход на шаг 19.

Шаг 17. Если  $m_{св}<0$ , то не планировать выполнение  $i$ -го проекта; положить  $m_{св}=m_{св}+n_i(r_i+z_i)$ .

Шаг 18. Если  $i \leq k$ , то положить  $i=i+1$  и переход на шаг 15.

Шаг 19. Оставшиеся проекты (не получившие отказ в выполнении), пронумеровать по  $i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) по правилу ранжирования проектов (задач).

Шаг 20. Для всех  $i=1, 2, \dots, k$  вычислить  $\alpha(\gamma_i; t; \Delta t)$ , определить  $\alpha^0(\gamma_i; t; \Delta t)$  (где  $\alpha$  – вероятность того, что на рассматриваемом интервале времени выбудет/прибудет одно подразделение-исполнитель и его выбытие/прибытие приведет к прекращению функционирования всего предприятия; подробнее см. п. 4.1).

Шаг 21. Если  $\alpha^0(\gamma_i; t; \Delta t) \leq \alpha_{\max}^0(\gamma; t; \Delta t)$ , то  $z_i$  ( $i=1, 2, \dots, k$ ) – искомые и переход на шаг 25.

Шаг 22. Если  $m_{св} \geq n_k$ , то выделить  $k$ -му проекту дополнительно  $n_k$  подразделений-исполнителей; положить  $z_k=z_k+1$ ; положить  $m_{св}=m_{св}-n_k$  и переход на шаг 20.

Шаг 23. Не планировать выполнение  $k$ -го проекта, положить  $m_{св}=m_{св}+n_k(r_k+z_k)$ .

Шаг 24. Положить  $k=k-1$  и переход на шаг 20.

Шаг 25. Структура предприятия, характеризуемая  $\langle n_i, r_i, z_i \rangle$  для всех  $i=1, 2, \dots, k$ , является искомой.

*Составлено автором.*

### Алгоритм 4.1.2

Шаг 1. Положить  $m = m_0, t = 0, j = 0$ .

Шаг 2. Положить  $t_m^j = t$ ,  $\Delta t = \text{const}$ .

Шаг 3. Для интервала времени  $(t_m^j; t_m^j + \Delta t]$  вычислить  $G_m^o(\gamma_m^*(t_m^j))$ .

Шаг 4. Для интервала времени  $(t; t + \Delta t]$  вычислить  $G_m^T(t; t + \Delta t)$  и  $g(\gamma_m^*(t_m^j); t; t + \Delta t)$ .

Шаг 5. Если  $t + \Delta t < t_0$ , то  $t = t + \Delta t$ ; иначе переход шаг 10.

Шаг 6. Для интервала времени  $(t; t + \Delta t]$  вычислить  $G_m^T(t; t + \Delta t)$  и  $g'(\gamma_m^*(t_m^j); t; t + \Delta t)$  по формулам:

$$G_m^o(\gamma_m^*(t_m^j)) = \frac{\rho(\gamma_m^*(t_m^j))}{m\lambda\alpha(\gamma_m^*(t_m^j))}, \quad G_m^T(t; t + \Delta t) = \frac{\rho^T(t; t + \Delta t)}{m\lambda\alpha_{\max}(t; t + \Delta t)},$$

$$g(\gamma_m^{\text{опт}}(t_m^j); t_m^j; t_m^j + \Delta t) = f(G_m^T(t_m^j; t_m^j + \Delta t), G_m^o(\gamma_m^{\text{опт}}(t_m^j))),$$

(где  $\rho^T(t; t + \Delta t)$  – требуемая производительность предприятия на интервале времени  $[t; t + \Delta t]$ ).

Шаг 7. Если  $g'(\gamma_m^*(t_m^j); t; t + \Delta t) = g(\gamma_m^*(t_m^j); t; t + \Delta t)$ , то переход на шаг 5.

Шаг 8. Если  $\Delta t$  больше половины минимально допустимого  $\Delta t$ , то  $\Delta t = \Delta t/2$  и переход на шаг 6.

Шаг 9. Положить  $j = j+1$  и переход на шаг 2.

Шаг 10. Множество  $\{t_m^j \mid j = 1, 2, 3, \dots\}$  является искомым множеством моментов времени изменения структуры предприятия.

*Составлено автором.*

### Алгоритм 4.1.3

Шаг 1. Проранжировать по  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) все проекты предприятия на момент времени  $t$  по правилу ранжирования проектов (задач).

Шаг 2. Для всех проектов определить и минимизировать  $n_i, r_i, z_i$  по Алгоритму 4.1.1 и создать множество векторов  $\langle \gamma_i \rangle = \langle n_i, r_i, z_i \rangle$ :  
 $Z = \{ \langle \gamma_i \rangle \mid i = 1, 2, \dots, k \}$ .

Шаг 3. Разделить  $\{Z\}$  на два подмножества:  $\{R\} \in Z$  – множество векторов, соответствующих проектам, запланированным для выполнения, и множество

векторов  $\{\Theta\} \in Z$ , соответствующих проектам, которые не могут быть выполнены предприятием.

Шаг 4. Если  $m_{\text{СВ}} = 0$ , то переход на шаг 9.

Шаг 5. Проранжировать по  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, k'$ ) все векторы, принадлежащие множеству  $\{\Theta\}$ , по правилу ранжирования проектов (задач).

Шаг 6. Положить  $j = 1$ ,  $z_j = \min z_j$ .

Шаг 7. Если  $m_{\text{СВ}} \geq n_j(r_j + z_j)$ , то выделить для выполнения  $j$ -го проекта  $n_j(r_j + z_j)$  подразделений-исполнителей, исключить вектор  $j$ -го проекта из  $\{\Theta\}$  и включить его в  $\{R\}$ , положить  $m_{\text{СВ}} = m_{\text{СВ}} - n_j(r_j + z_j)$ .

Шаг 8. Если  $j \leq k'$ , то положить  $j = j+1$ , и переход на шаг 7.

Шаг 9. Проранжировать по  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) все векторы, принадлежащие  $\{R\}$ , по правилу ранжирования проектов (задач).

Шаг 10. Для всех векторов множества  $\{R\}$  выполнить шаги 8–11 Алгоритма 4.1.1 и скорректировать множества  $\{R\}$  и  $\{\Theta\}$ .

Шаг 11. Из множества  $\{R\}$  выделить подмножество векторов  $\{R'\}$ , для которых выполняются неравенства:  $n_i < b_i$  и  $(r_j + z_j) \leq m_{\text{СВ}}$ , Проранжировать их по  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, k'$ ) по правилу ранжирования проектов (задач).

Шаг 12. Положить  $j = 1$ .

Шаг 13. Положить  $n'_j = 1$ .

Шаг 14. Для  $j$ -го проекта вычислить  $t_j^{\text{НЗ}'}$  по Алгоритму 4.1.1 при  $n'_j = n_j + n'_j$  и определить  $\Delta t_j^{\text{НЗ}} = t_j^{\text{НЗ}'} - t_j^{\text{НЗ}}$ .

Шаг 15. Создать вектор  $A_j = (n'_j; \Delta t_j^{\text{НЗ}}; j)$ .

Шаг 16. Если  $n_j + n'_j < b_j$  и  $(r_j + z_j)(n'_j + 1) \leq m_{\text{СВ}}$ , то положить  $n'_j = n'_j + 1$ ; переход на шаг 14.

Шаг 17. Если  $j \leq k'$ , то положить  $j = j + 1$ , и переход на шаг 13.

Шаг 18. Если есть проекты, характеризуемые  $A_j$ , для которых  $\Delta t_j^{\text{НЗ}} < m_{\text{СВ}} \cdot \Delta T_j$ , то

запланировать дополнительно  $n'_j$  групп по  $(r_j + z_j)$  подразделений-исполнителей в каждой для проекта с минимальным  $\Delta t_j^{\text{нз}}$ ; иначе – переход на шаг 20.

Шаг 19. Положить  $m_{\text{СВ}} = m_{\text{СВ}} - n'_j(r_j + z_j)$ . Если  $m_{\text{СВ}} > 0$ , то переход на шаг 11.

Шаг 20. Для всех векторов  $\{R\}$  выполнить шаги 8–11 Алгоритма 4.1.1 и скорректировать множества  $\{R\}$  и  $\{\Theta\}$ .

Шаг 21. Множество векторов  $\{R\}$  полностью задает искомую структуру предприятия  $\gamma_m^*(t_m^j)$ . Переход на конец.

Шаг 22. Если  $\alpha^0(t_m^{j-1}; t_m^j) > \alpha_{\text{max}}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$ , то из множества структур  $\{\Omega_m\}$  выделить подмножество  $\{C_m(t_m^{j-1})\}$ . Иначе выделить подмножество  $\{B_m(t_m^{j-1})\}$  и переход на шаг 24.

Шаг 23. Если  $\{C_m(t_m^{j-1})\} \neq \emptyset$ , то выделить из него подмножество структур  $\{\Phi_m(t_m^{j-1})\}$  с  $V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) = \min V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) \in \{F_m(t_m^{j-1})\}$ ; структура предприятия  $\gamma_m \in \{\Phi_m(t_m^{j-1})\}$ , имеющая  $\rho^0(\gamma_m) = \max \rho^0(\gamma_m)$  и удовлетворяющая ограничениям:  $\alpha^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \leq \alpha_{\text{max}}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$  и  $\rho^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \geq \rho_{\text{min}}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$ , – искомая  $\gamma_m^*(t_m^j)$  и переход на конец. Иначе переход на шаг 26.

Шаг 24. Если  $\{B_m(t_m^{j-1})\} \neq \emptyset$ , то выделить из него подмножество структур  $\{S_m(t_m^{j-1})\}$  с  $V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) = \max V_m(\gamma_m^*(t_m^{j-1}); \gamma_m) \in \{E_m(t_m^{j-1})\}$ ; структура предприятия  $\gamma_m \in \{S_m(t_m^{j-1})\}$ , имеющая  $\rho^0(\gamma_m) = \max \rho^0(\gamma_m)$  и удовлетворяющая ограничениям:  $\alpha^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \leq \alpha_{\text{max}}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$  и  $\rho^0(t_m^j; t_m^{j+1}) \geq \rho_{\text{min}}^0(t_m^j; t_m^{j+1})$ , – искомая  $\gamma_m^*(t_m^j)$ . Иначе переход на шаг 26.

Шаг 25. Если  $i$ -й проект ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) частично выполнялся на интервале времени  $(t_m^{j-1}; t_m^j]$ , то запланировать для выполнения этого проекта те же подразделения-исполнители. Иначе – подразделения-исполнители распределить произвольно с учетом специализации (профильности). Переход на конец.

Шаг 26. Частичное изменение структуры предприятия невозможно. Расчет

структуры  $\gamma_m^*(t_m^j)$  выполнить согласно шагам 1–21 этого алгоритма.

*Составлено автором.*

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Детализированные параметры комплексов работ для управления структурой финансовых средств проекта

<b>Комплекс работ 1</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	25
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	1	25
Монтаж технологического оборудования	0	0	0	0	0	0
Подключение технологического оборудования	0	0	0	0	0	0
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	0	0	0	0
Общая продолжительность работы, дней	50					
<b>Комплекс работ 2</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	30
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	1	30
Монтаж технологического оборудования	1	0	0	0	0	10
Подключение технологического оборудования	0	0	0	0	0	0
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	0	0	0	0
Общая продолжительность работы, дней	70					
<b>Комплекс работ 3</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	30
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	1	30
Монтаж технологического оборудования	1	0	0	0	0	10
Подключение технологического оборудования	0	0	0	0	0	0
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	0	0	0	0
Общая продолжительность работы, дней	70					
<b>Комплекс работ 4</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	30
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	1	30
Монтаж технологического оборудования	1	0	0	0	0	10

Подключение технологического оборудования	0	0	0	0	0	0
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	0	0	0	0
Общая продолжительность работы, дней	70					
<b>Комплекс работ 5</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	30
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	1	30
Монтаж технологического оборудования	1	0	0	0	0	10
Подключение технологического оборудования	0	0	0	0	0	0
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	0	0	0	0
Общая продолжительность работы, дней	70					
<b>Комплекс работ 6</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	2
Возведение зданий и сооружений	1	1	0	0	1	4
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	10
Подключение технологического оборудования	0	0	1	0	0	40
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	1	1	1	80
Общая продолжительность работы, дней	136					
<b>Комплекс работ 7</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	2
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	0	14
Монтаж технологического оборудования	1	0	1	0	0	15
Подключение технологического оборудования	0	0	1	0	0	30
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	1	1	0	56
Общая продолжительность работы, дней	117					
<b>Комплекс работ 8</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	2
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	0	10
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	15



Подключение технологического оборудования	0	0	1	0	0	60
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	1	1	0	56
Общая продолжительность работы, дней	143					
<b>Комплекс работ 9</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	2
Возведение зданий и сооружений	1	1	1	0	1	15
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	25
Подключение технологического оборудования	1	0	1	1	0	50
Комплексный контроль качества, сертификация	0	1	1	1	1	80
Общая продолжительность работы, дней	172					
<b>Комплекс работ 10</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	1	1	0	0	1	12
Возведение зданий и сооружений	1	1	0	0	1	20
Монтаж технологического оборудования	1	1	0	0	1	110
Подключение технологического оборудования	1	0	1	0	0	50
Комплексный контроль качества, сертификация	1	1	0	1	0	150
Общая продолжительность работы, дней	342					
<b>Комплекс работ 11</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	3
Возведение зданий и сооружений	1	1	1	0	1	10
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	25
Подключение технологического оборудования	0	0	1	0	0	60
Комплексный контроль качества, сертификация	0	1	1	1	0	100
Общая продолжительность работы, дней	198					
<b>Комплекс работ 12</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	1	1	2
Возведение зданий и сооружений	1	1	1	0	1	10
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	20

Подключение технологического оборудования	0	0	1	0	0	35
Комплексный контроль качества, сертификация	0	1	1	1	0	70
Общая продолжительность работы, дней	137					
<b>Комплекс работ 13</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	2
Возведение зданий и сооружений	1	1	1	0	1	10
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	20
Подключение технологического оборудования	0	0	1	0	0	35
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	1	1	0	65
Общая продолжительность работы, дней	132					
<b>Комплекс работ 14</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	1	1	0	0	1	3
Возведение зданий и сооружений	1	1	1	0	1	25
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	35
Подключение технологического оборудования	1	0	1	0	0	60
Комплексный контроль качества, сертификация	1	0	1	1	0	100
Общая продолжительность работы, дней	223					
<b>Комплекс работ 15</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	1	1	0	0	1	3
Возведение зданий и сооружений	1	1	1	0	1	20
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	32
Подключение технологического оборудования	1	0	1	0	0	65
Комплексный контроль качества, сертификация	1	0	1	1	0	110
Общая продолжительность работы, дней	230					
<b>Комплекс работ 16</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	0	1	2
Возведение зданий и сооружений	1	1	1	0	1	10
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	15

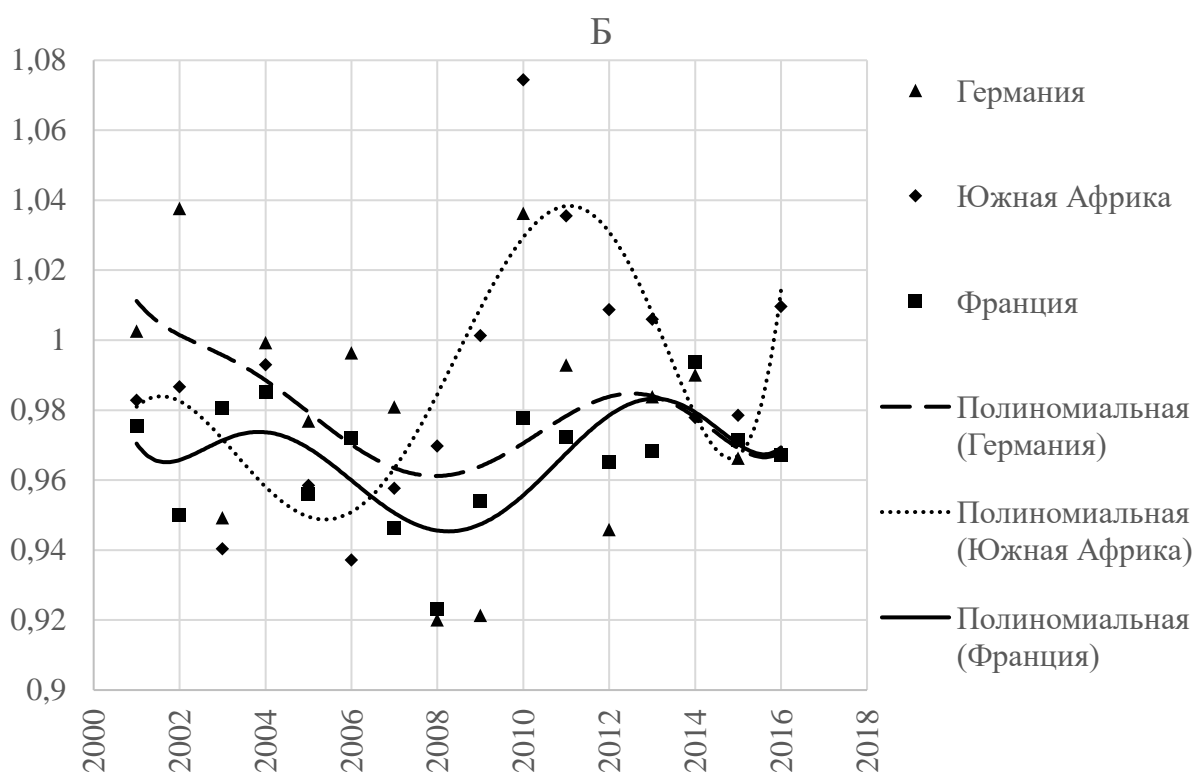
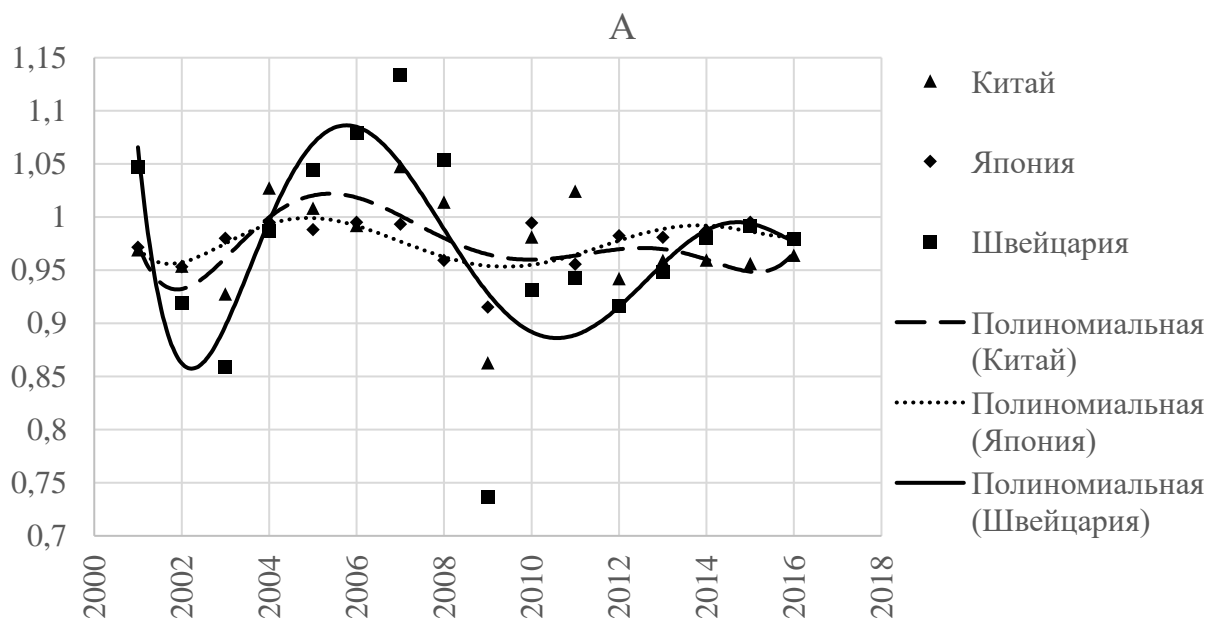
Подключение технологического оборудования	0	0	1	1	0	45
Комплексный контроль качества, сертификация	0	0	1	1	0	95
Общая продолжительность работы, дней	167					
<b>Комплекс работ 17</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	1	1	0	0	1	2
Возведение зданий и сооружений	1	0	0	0	1	10
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	15
Подключение технологического оборудования	1	0	1	0	0	32
Комплексный контроль качества, сертификация	1	0	1	1	0	70
Общая продолжительность работы, дней	129					
<b>Комплекс работ 18</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	1	1	0	0	0	2
Возведение зданий и сооружений	1	1	0	0	0	12
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	18
Подключение технологического оборудования	1	1	1	0	0	110
Комплексный контроль качества, сертификация	1	1	1	1	1	250
Общая продолжительность работы, дней	392					
<b>Комплекс работ 19</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	1	1	0	0	0	2
Возведение зданий и сооружений	1	1	0	0	0	18
Монтаж технологического оборудования	1	1	1	0	0	110
Подключение технологического оборудования	1	1	1	0	0	110
Комплексный контроль качества, сертификация	1	1	1	1	1	250
Общая продолжительность работы, дней	490					
<b>Комплекс работ 20</b>	<i>m</i>	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>v</i>	<i>e</i>	<i>t</i>
Строительство фундамента и коммуникаций	0	1	0	1	1	10
Возведение зданий и сооружений	0	1	0	0	1	10
Монтаж технологического оборудования	0	0	0	0	0	0

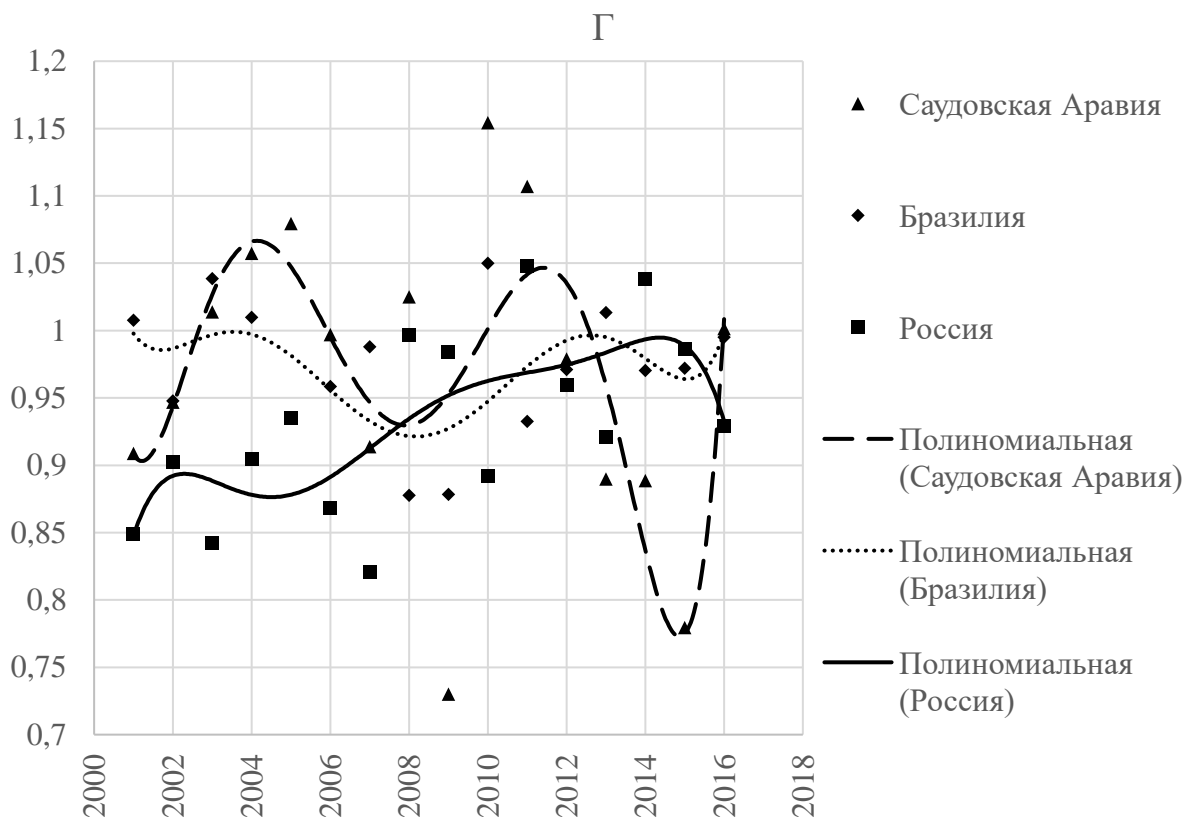
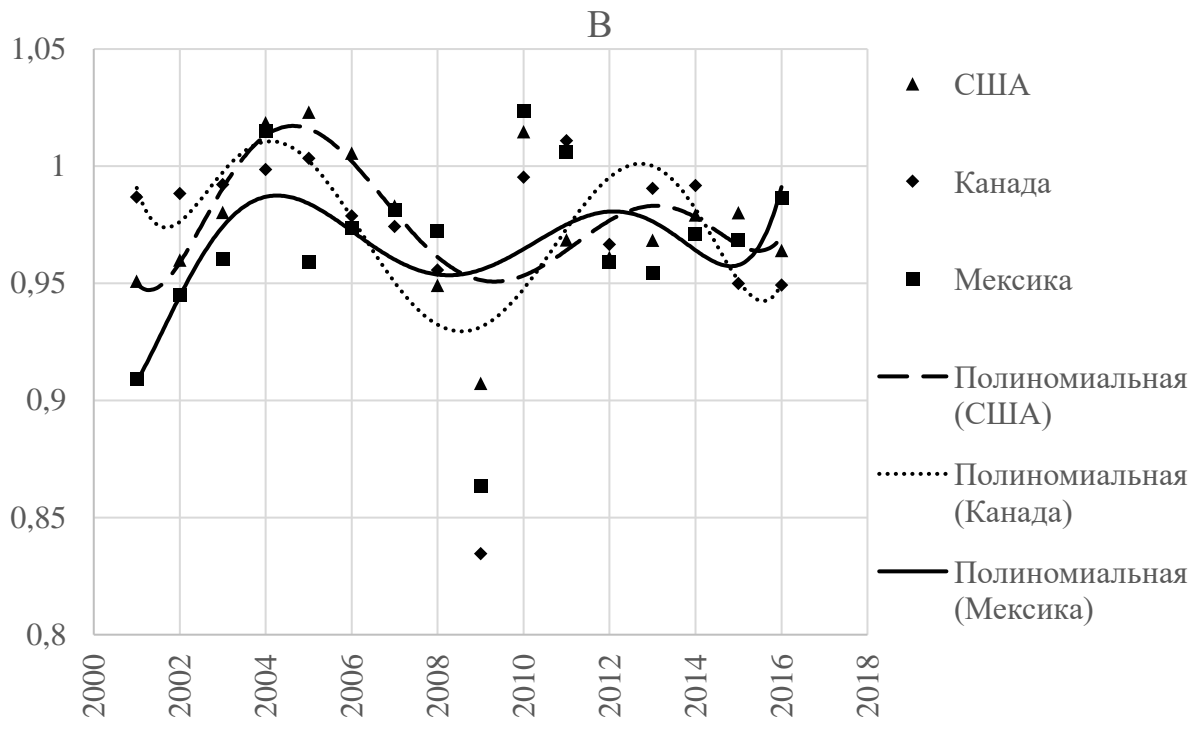
Подключение технологического оборудования	0	1	1	0	0	30
Комплексный контроль качества, сертификация	1	1	1	1	1	50
Общая продолжительность работы, дней	100					

*Составлено автором.*

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

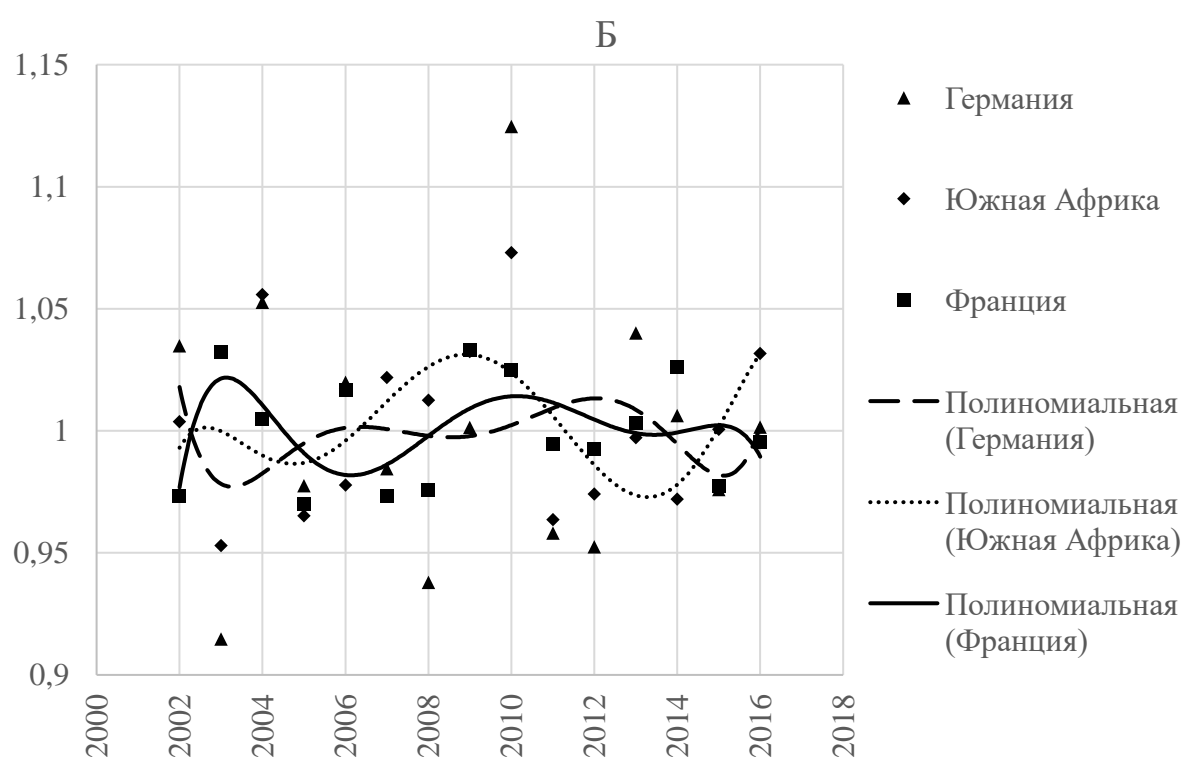
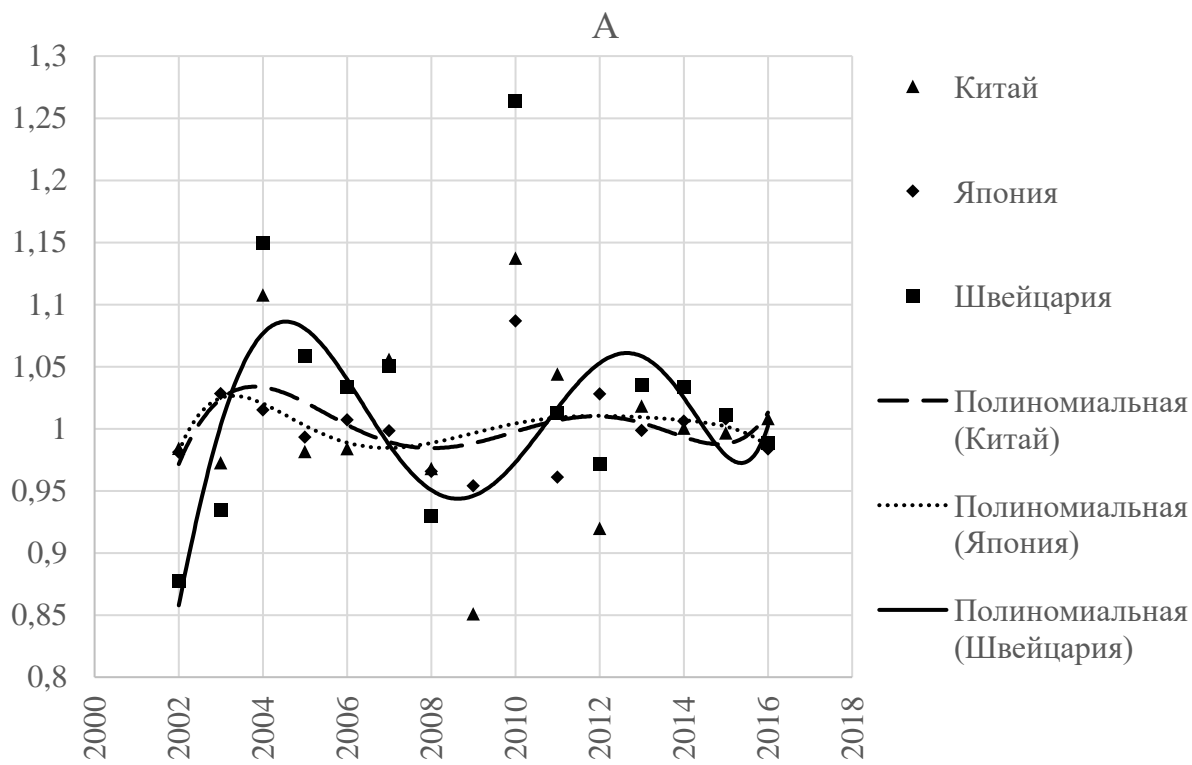
#### Макроэкономические индексы четырех уровней

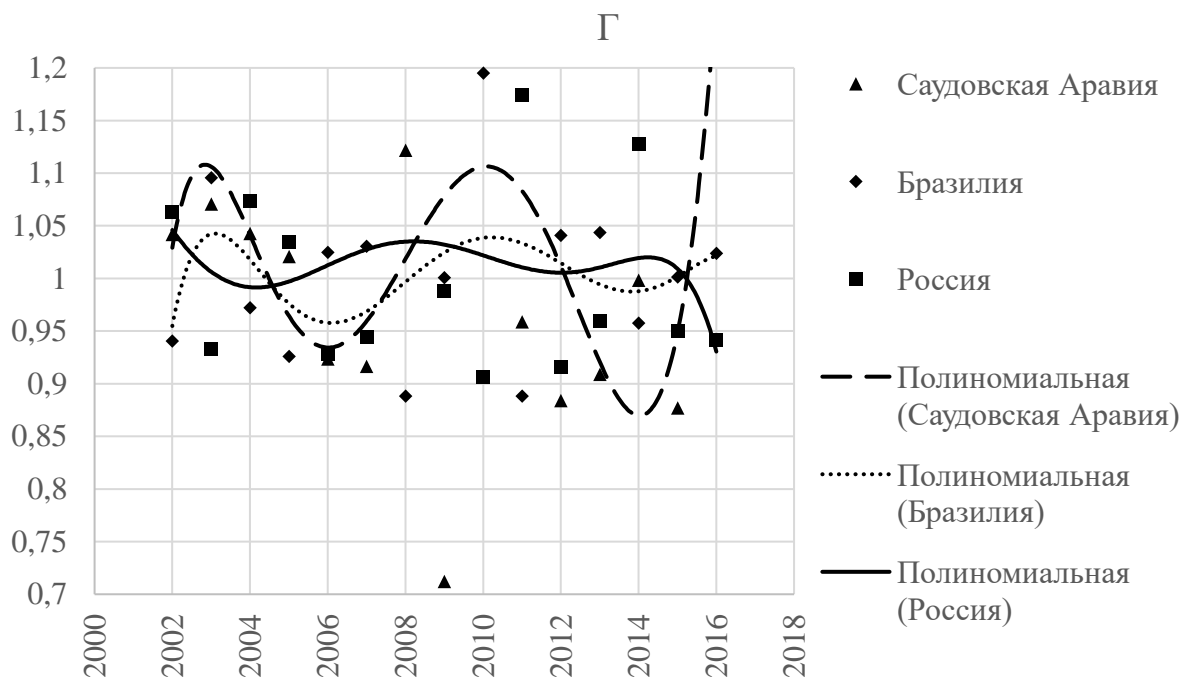
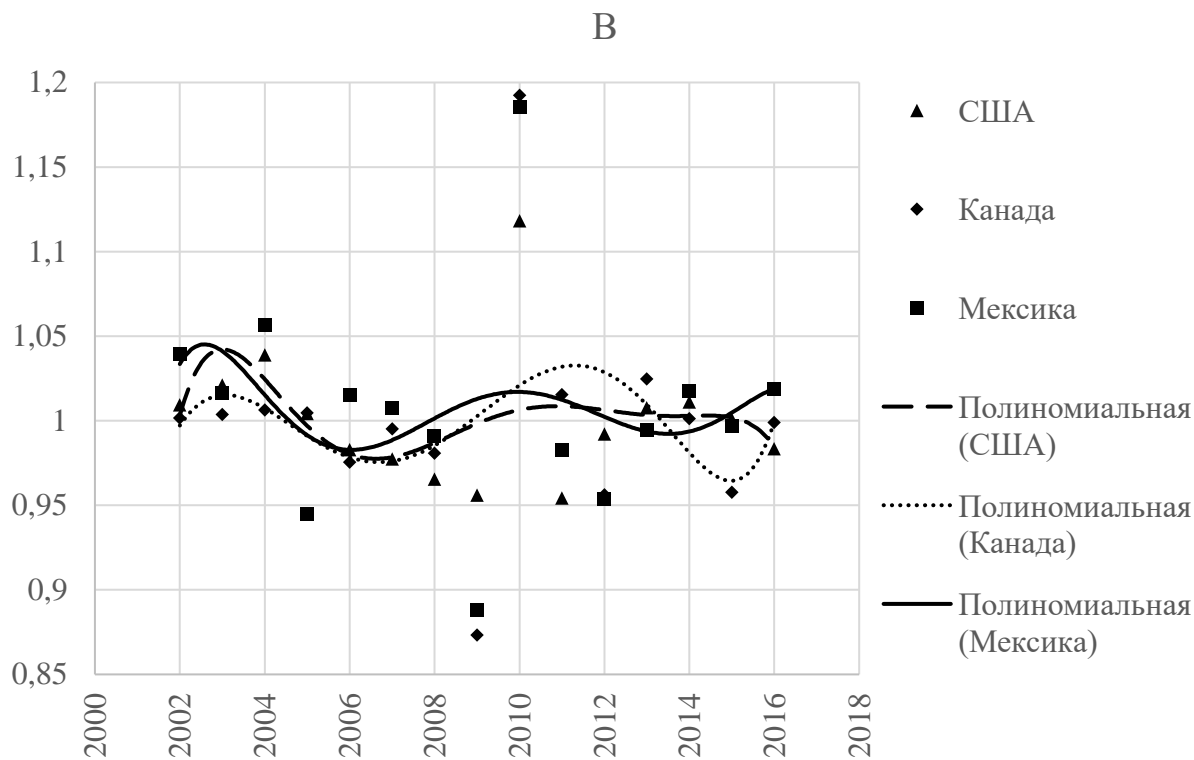




Составлено автором.

Рис. 1. Цепные индексы  $V$  первого уровня показателя «Скорость обращения денежной массы» (А, Б, В, Г).

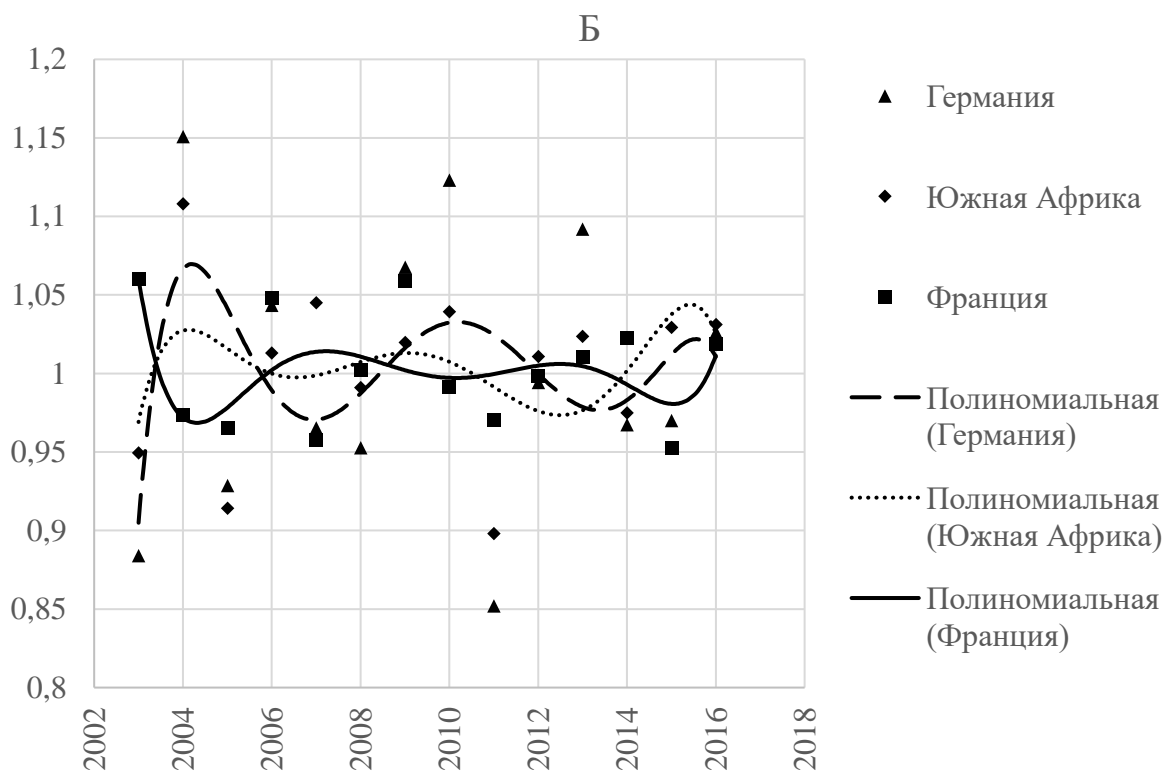
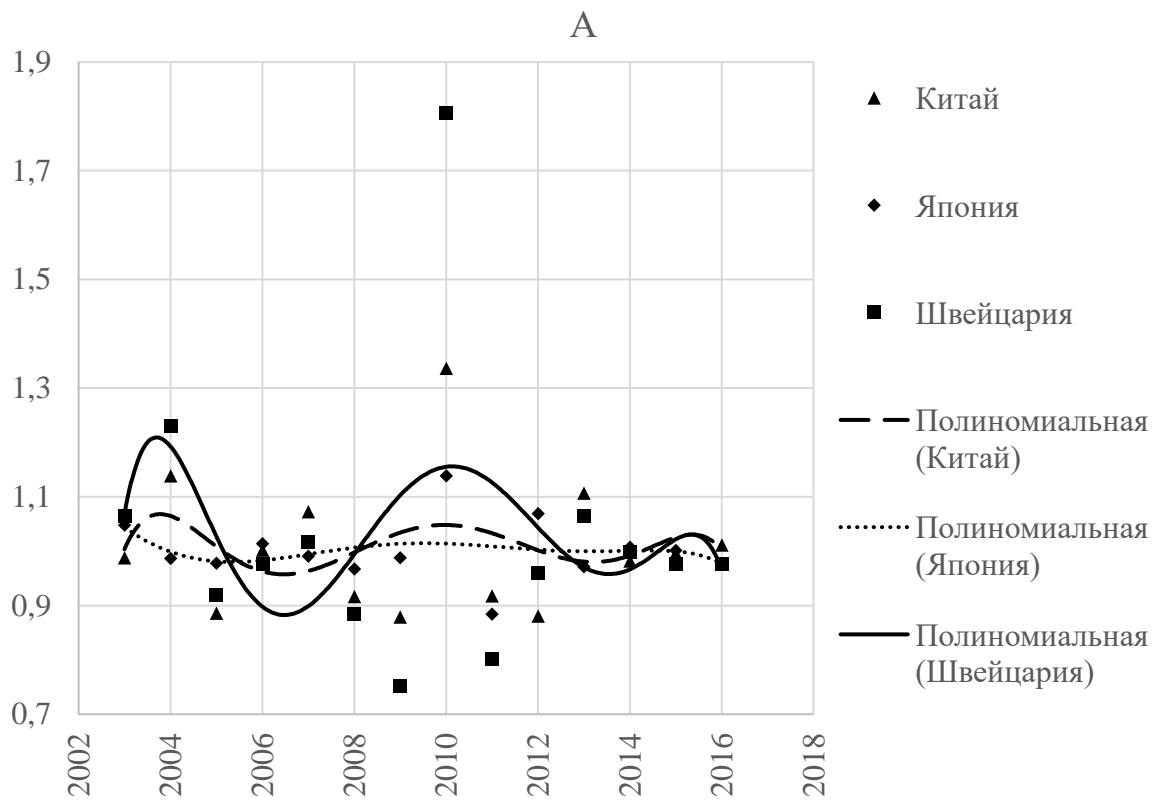


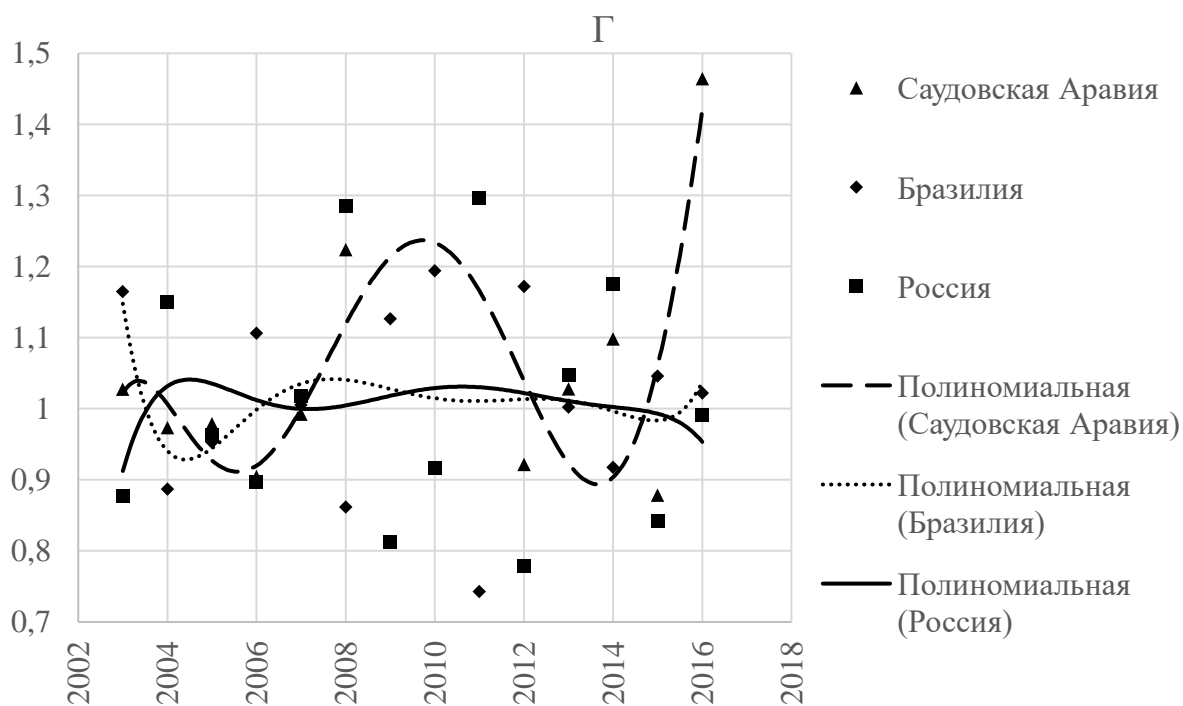
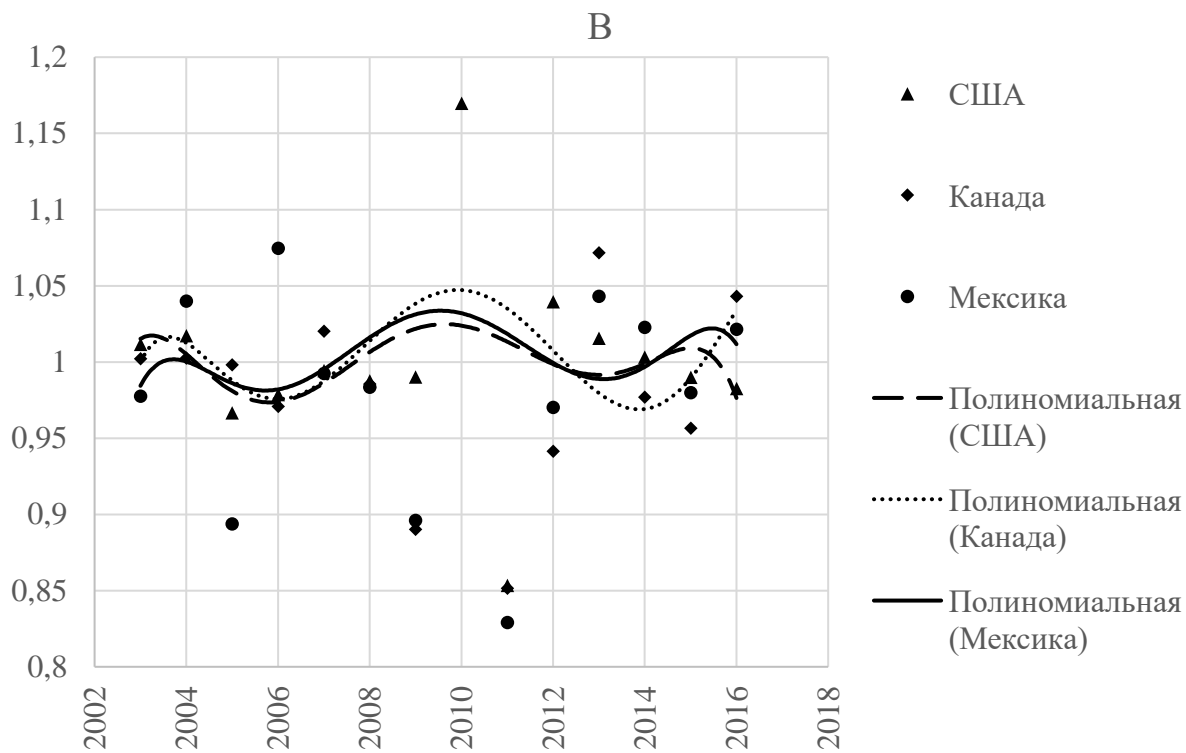


*Составлено автором.*

Рис. 2. Цепные индексы  $V$  второго уровня показателя «Скорость обращения денежной массы» (А, Б, В, Г).

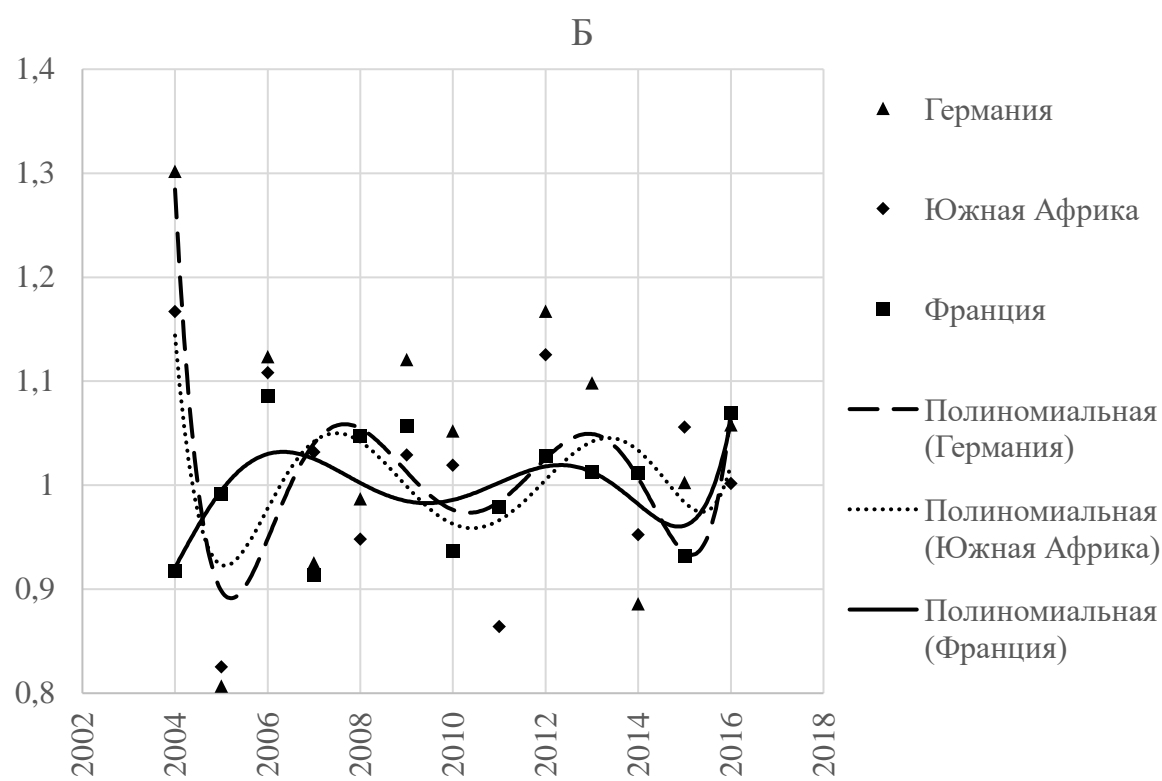
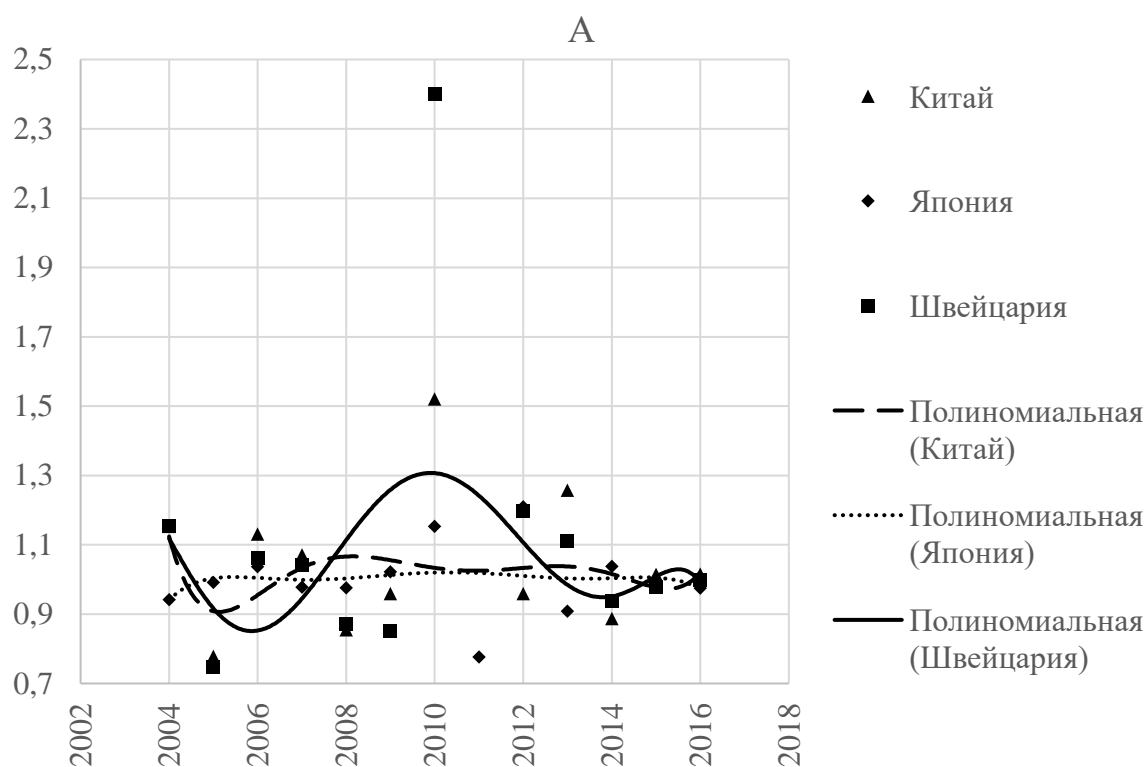


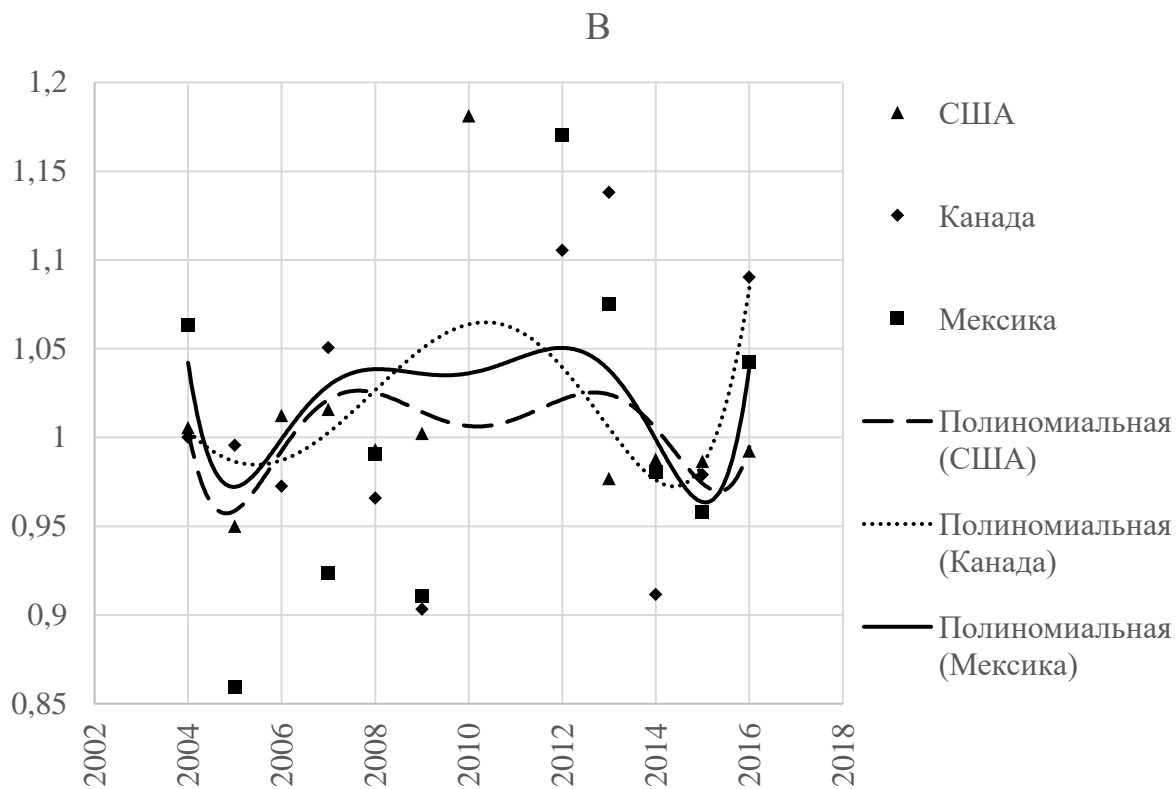




Составлено автором.

Рис. 3. Цепные индексы  $V$  третьего уровня показателя «Скорость обращения денежной массы» (А, Б, В, Г).





Составлено автором.

Рис. 4. Цепные индексы V четвертого уровня показателя «Скорость обращения денежной массы» (А, Б, В, Г).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Тенденции изменения отдельных отчетных показателей крупнейших компаний России и мира

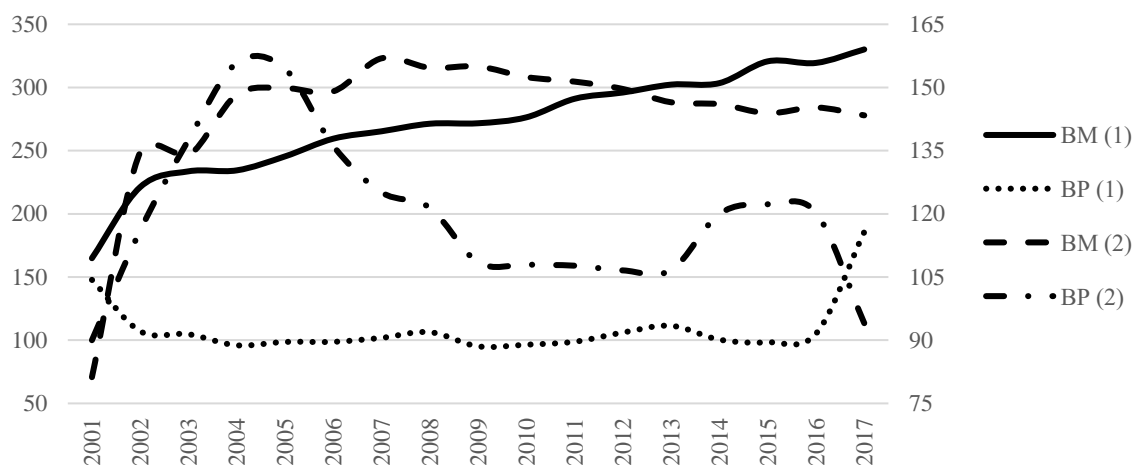
#### Показатели ESG

*«Количество сотрудников».* Данный показатель в числе прочего характеризует количество созданных рабочих мест, также используется для оценивания размеров компаний. В рассматриваемых выборках компании ВМ (см. табл. 1 Приложения 5) в основном предпочитают не превышать значение в 500 тыс. чел., компании ВР (см. табл. 2 Приложения 5) – 200 тыс. чел. Исключением в ВМ является одна компания сектора 8, в ВР – одна сектора 4, существенно превосходящие остальные по этому показателю. Кроме того, во второй половине рассматриваемого периода незначительно превысили эти пороговые уровни в ВМ две компании 3 и 4 секторов, в ВР – две компании 8 сектора. Различие между верхними граничными значениями для ВМ и ВР (2,5 раза) может быть обусловлено тем, что многие из компаний ВМ являются транснациональными, в отличие от российских.

На рис. 1 представлены графики динамики статистических характеристик численности сотрудников компаний двух выборок – среднего значения и коэффициента вариации. Можно отметить, что для компаний ВМ среднее значение, начиная с 2002 г., стабильно росло со среднегодовым приростом 2,71%, для ВР – было практически неизменным на уровне около 100 тыс. чел. за исключением 2001 и 2017 гг. При этом мировой финансовый кризис 2007-2008 гг. практически не оказал влияния на средние значения показателя.

Коэффициент вариации в ВМ неравномерно и быстро рос до начала кризиса 2007 г., затем почти равномерно уменьшался на 0,90% в год; в ВМ – также быстро рос до 2004 г., далее – неравномерно уменьшался. Иными словами, по численности сотрудников компании каждой из выборок отличались очень существенно, на протяжении периода эти различия понемногу уменьшались,

разница между выборками также была существенной.



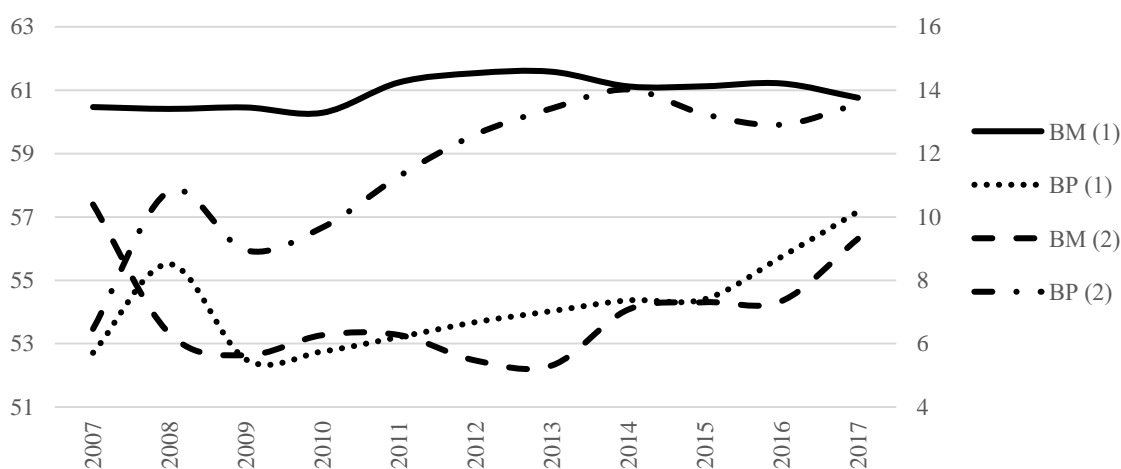
Составлено автором.

Рис. 1. Тенденции динамики характеристик показателя «Количество сотрудников» для компаний двух выборок: «Среднее значение, тыс. чел.» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

**«Средний возраст директоров».** В соответствии с классическими положениями теории управления считается, что высококвалифицированным и успешным ТОП-руководителем компании можно стать за 10-12 лет профессиональной деятельности. Для рассматриваемых выборок выявилось, что в ВМ возраст директоров колебался примерно в пределах от 50 до 70 лет, в ВР – от 42 до 70 лет (данные представлены только с 2007 г.). На рис. 2 приведены графики динамики среднего значения и коэффициента вариации этого показателя.

В ВМ среднее значение по всем компаниям выборки колебалось незначительно на уровне около 60 лет. Причем, если в кризисные и первые послекризисные годы оно было очень стабильным, что свидетельствует о постепенном (друг за другом) «омоложении» директоров в разных компаниях, то небольшой рост с 2010 г. до 2013 г. – о сокращении этого процесса, и, возможно, частичной неизменности в среднем личностного состава директоров. С 2013 г. вновь началось «омоложение» и к 2017 г. значения показателя вернулись на уровень 2007 г. Коэффициент вариации в этой выборке за кризисные годы

снизился с 10 до 6%, затем, колеблясь, вырос до 9% к концу периода, причем минимальное значение было характерно для 2013 г., когда вновь начался процесс «омоложения».



Составлено автором.

Рис. 2. Тенденции динамики характеристик показателя «Средний возраст директоров» для компаний двух выборок: «Среднее значение, лет.» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

В ВР средний возраст директоров на протяжении всего периода был ниже, чем в ВМ, и если в 2007 г. разница составляла 7,76 лет, то к 2017 г. она уменьшилась до 3,59 лет. В кризисные годы он колебался, затем рос в среднем примерно на 0,58 года за календарный год. Учитывая, что директора, оставшиеся на своей должности, «старели» быстрее, то можно констатировать, что в части компаний шел естественный процесс «омоложения». Соответственно за период средний возраст увеличился с 52,71 лет в 2007 г. до 57,17 лет в 2017 г. Коэффициент вариации в ВР изменялся почти синхронно со средним значением и вырос с 6 до 14% за период. Столь высокая «похожесть» компаний обоих выборок оказалась характерна только для этого показателя.

**«Уровень раскрытия информации ESG».** Характеризует склонность компании к раскрытию информации экологической, социальной и управленческой направленности. Рассчитан как среднее значение показателей «Оценка раскрытия экологической информации», «Оценка раскрытия социальной

информации», «Оценка раскрытия информации управления». Для компаний ВМ находился в пределах от 23 до 72 баллов, кроме одной компании 6 сектора, для которой почти весь период значение было чуть ниже 20 баллов; для компаний ВР – от 17 до 59 баллов.

На рис. 3 показаны тенденции динамики среднего значения и коэффициента вариации рассматриваемого показателя для российских и зарубежных компаний. В ВМ среднее значение сначала росло достаточно интенсивно с 43,2 до 52,3 баллов в 2013 г. (среднегодовой темп – 3,23%), затем ежегодно незначительно снижалось. Коэффициент вариации основного показателя в течение всего периода равномерно снижался с 30 до 24%, со среднегодовым темпом 2,36%. Можно сделать вывод, что по «Шкале Bloomberg» зарубежные компании раскрывают немногим более 50% указанной информации, в этом плане относительно похожи и продолжают «сближаться».



Составлено автором.

Рис. 3. Тенденции динамики характеристик «Уровень раскрытия информации ESG» для компаний двух выборок: «Среднее значение, баллов» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

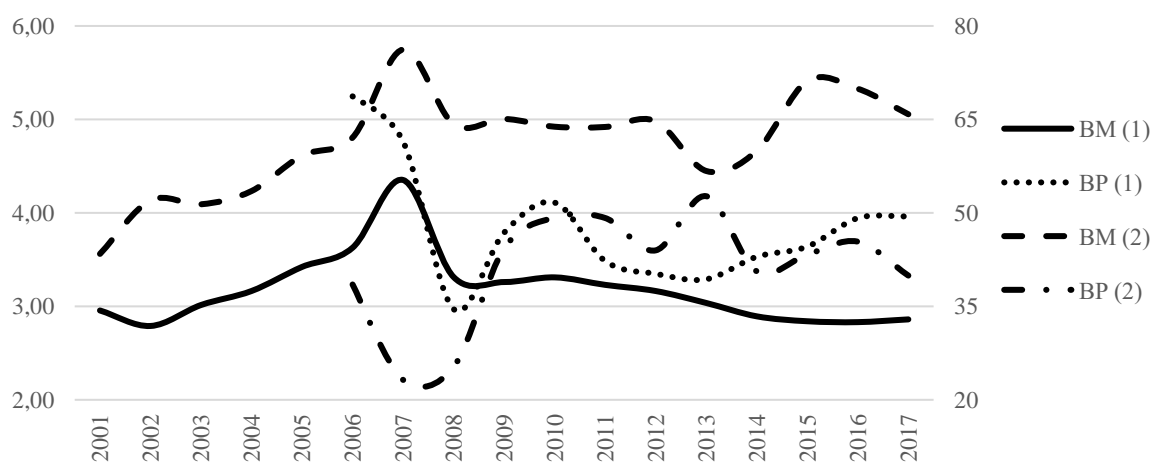
В ВР среднее значение показателя росло с примерно такой же в целом тенденцией, но колебалось существенно, за период изменилось с 27,2 до 37,8%. Коэффициент вариации до 2012 г., колеблясь, снижался, как и для компаний ВМ, но затем стал увеличиваться и к 2017 г. составил 40,1%. Так же, как и для ВМ,



наблюдалась статистическая «похожесть» российских компаний на протяжении почти всего периода.

**«Z-показатель Э. Альтмана».** Условный показатель, характеризующий вероятность банкротства компании в ближайшие 1-2 года. Используемые данные были получены по 5-факторной модели Э. Альтмана. Для компаний ВМ значения показателя менялись в пределах от 0,48 до 7,00 ед., за исключением одной компании 1 сектора (от 7,00 до 9,00 ед. значительную часть периода) и одной 2 сектора (значения в основном были отрицательными). Для компаний ВР – от 1,92 до 7,00 ед., за исключением одной 7 сектора, имевшей значения менее 1,52 ед.

На рис. 4 представлены тенденции среднего значения и коэффициента вариации этого показателя. В компаниях ВМ среднее значение до кризисного 2007 г. интенсивно росло с 2,96 до 4,35 ед., после во время кризиса снизилось примерно до 5,00 и к 2017 г. еще уменьшилось до значений начала периода. Коэффициент вариации менялся почти синхронно со средним значением с 43 до 76% в 2007 г., затем за кризисный период уменьшился до 64% и, колеблясь, остался примерно на этом уровне.



Составлено автором.

Рис. 4. Тенденции динамики характеристик «Z-показателя Э. Альтмана» для компаний двух выборок: «Среднее значение, ед.» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

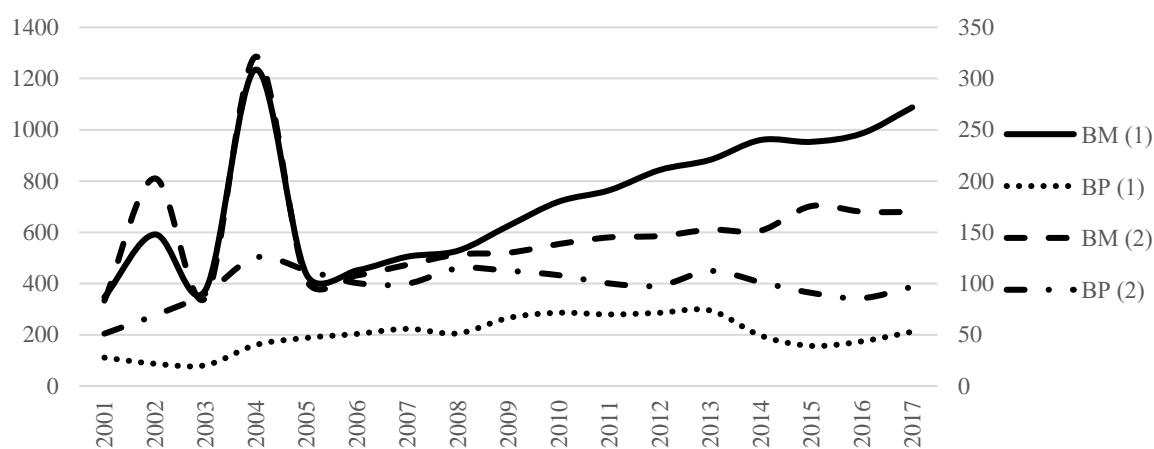
В компаниях ВР (данные представлены только с 2006 г.) среднее значение за период мирового кризиса снизилось с 5,25 до 2,97 ед. в 2008 г., далее незначительно колебалось и к 2017 г. составило 3,96 ед. Следует отметить, что на протяжении почти всего периода в ВР значение этого параметра было больше, чем в ВМ, но и колебались его значения в ВР так же больше. Коэффициент вариации основного показателя для российских компаний был значительно меньше, чем для зарубежных, колебался значительно, особенно уменьшился в кризисные годы, но за период в целом почти не изменился и в 2017 г. составил 40%. Для обоих выборок можно отметить, что в кризисный период компании становились более похожими.

### **Финансовые показатели**

*«Используемый капитал на 1 работника».* Показатель рассчитывается по формуле: основной капитал плюс оборотные активы минус текущие обязательства компании, затем разделить на численность сотрудников. Как и все стоимостные показатели представлен в постоянных ценах 2001 г. Для компаний ВМ в рассматриваемый период времени значения показателя варьировались в пределах от 0 до 2,5 млн USD, изредка выходя за эти рамки в обе стороны, исключением являлась одна компания сектора 4, стабильно наращивавшая эти значения до 8,5 млн USD в 2017 г. Для ВР – аналогично от 0 до 600 тыс. USD, также одна компания 4 сектора почти весь период в большую сторону отличалась от других, но к 2017 г. влилась в общую группу.

На рис. 5 приведены тенденции изменения со временем среднего значения и коэффициента вариации названного показателя. Для компаний ВМ по обоим параметрам была характерна существенная нестабильность до 2005 г., после этого значения показателей почти равномерно увеличивались: среднего значения с 436 тыс. до 1087 тыс. USD со среднегодовым приростом 7,90%, коэффициента вариации со 188 до 212% со средним приростом 1,00% в год. Рост первого из них положительно характеризует развитие ситуации, увеличение же различий между компаниями предположительно может быть обусловлено тем, что компании этой

выборки относятся к разным секторам мировой экономики и в настоящее время, возможно, наблюдается углубление технологической дифференциации между секторами.



Составлено автором.

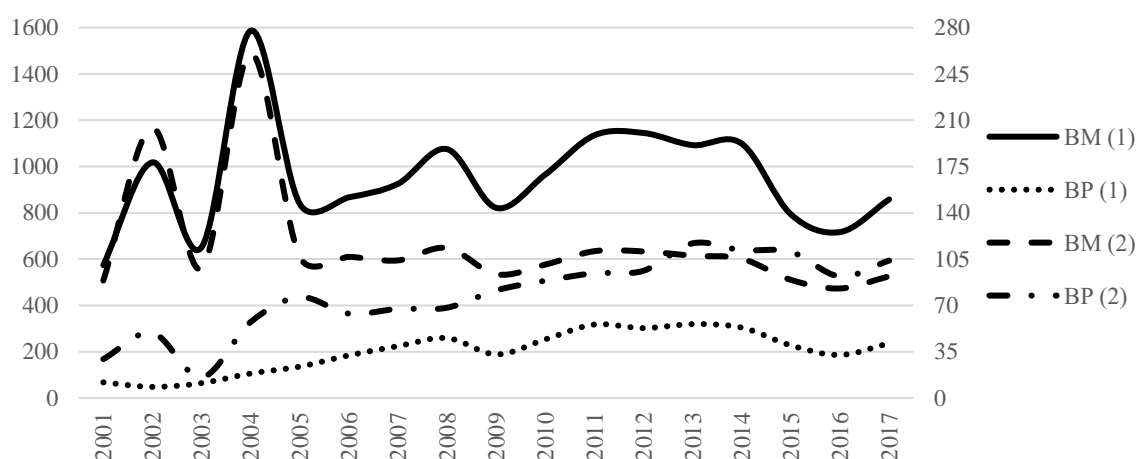
Рис. 5. Тенденции динамики характеристик показателя «Используемый капитал на 1 работника» для компаний двух выборок: «Среднее значение, тыс. USD» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

Для компаний ВР по тем же параметрам ситуация была более стабильной. Среднее значение основного показателя изменялось незначительно и выросло за весь период с 83 тыс. до 170 тыс. USD (среднегодовой прирост – 4,55%), коэффициент вариации также увеличился с 51 до 97% (среднегодовой прирост – 4,07%). Т. е. для российских компаний были характерны примерно те же тенденции, что и для зарубежных, и причины изменений предположительно такие же, но в рамках одной страны они проявились в меньшей мере.

**«Выручка на 1 работника».** Показатель представляет собой объем годовой выручки компании, деленный на численность сотрудников, является стоимостной оценкой производительности труда в компании. Диапазон варьирования значений показателя в ВМ оказался от 68 тыс. до 4503 тыс. USD, причем для многих компаний до 2008 г. был характерен устойчивый его рост, сменившийся падением в 2009 г. и существенной дальнейшей колеблемостью, но к 2017 г. значения примерно сравнялись с послекризисным уровнем. В компаниях ВР тенденция

была немного иной. Значения показателя находились в пределах от 21 тыс. до 356 тыс. USD за исключением двух компаний 4 сектора, у которых выручка на 1 работника с 2005 г. варьировалась примерно от 337 тыс. до 1224 тыс. USD, существенно превышая значения в остальных компаниях.

На рис. 6 представлены динамические графики среднего значения и коэффициента вариации указанной производительности труда для компаний двух выборок. В ВМ также до 2005 г. наблюдалась значительная колеблемость обеих характеристик, в дальнейшем она уменьшилась, значения 2017 г. достаточно близки к аналогичным 2005 г. Для компаний ВР на протяжении всего периода обе характеристики с небольшой колеблемостью равномерно возрастали с 89 тыс. до 92 тыс. USD и с 29 до 104% соответственно, среднегодовой прирост первой составил 0,22%, второй – 8,20%.



Составлено автором.

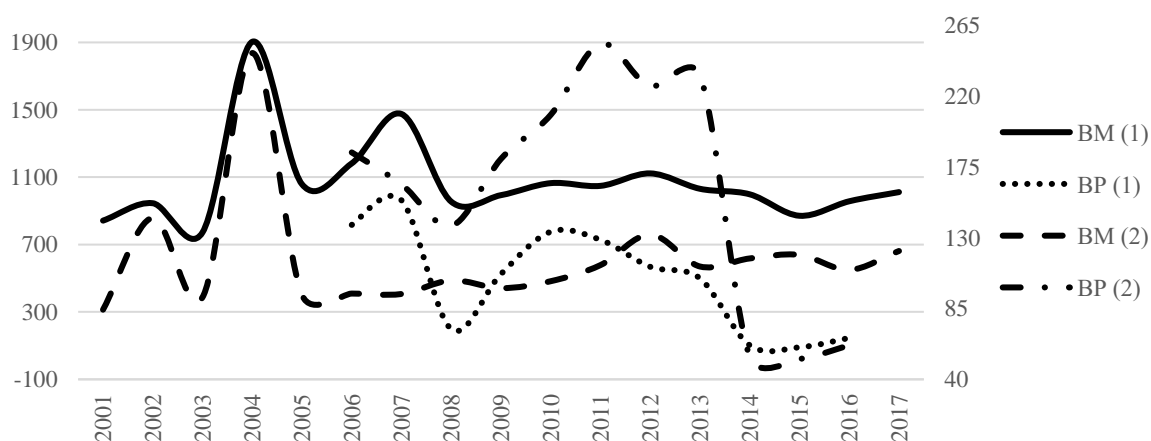
Рис. 6. Тенденции динамики характеристик показателя «Выручка на 1 работника» для компаний двух выборок: «Среднее значение, тыс. USD» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

Можно констатировать, что и по уровню, и по тенденциям изменения этих характеристик зарубежные и российские компании отличались очень существенно в течение периода.

**«Текущая рыночная капитализация на 1 работника».** Представляет собой общую текущую рыночную стоимость всех акций компании в обращении в валюте

оценки, приходящуюся на 1 сотрудника. Рассчитывается следующим образом: количество текущих акций в обращении умножить на последнюю цену и разделить на численность сотрудников. Без пересчета на 1 сотрудника показатель часто используется как оценка «финансового размера» компаний, но в таком виде его затруднительно применять для углубленного сравнительного анализа их. Для компаний ВМ значения показателя в рассматриваемый период колебались в пределах примерно от 39 тыс. до 2,5 млн USD, только в двух из них (1 и 4 сектора) значения достигали 5 млн USD. Для компаний ВР (для этой выборки данные до 2005 г. включительно и за 2017 г. в основном отсутствуют) – от 0,64 тыс. до 643 тыс. USD, кроме одной (4 сектора), значения в которой колебались в пределах от 642 тыс. до 4 млн USD. В обеих выборках колеблемость значений показателя была незначительной, за исключением трех выделенных компаний.

На рис. 7 приведены тенденции динамики среднего значения и коэффициента вариации для рассматриваемого основного показателя. Значения первого из них в ВМ до 2008 г. колебались заметно, после этого – несущественно на уровне около 1,0 млн USD, в ВР – с 2007 г. неуклонно уменьшались с 963 тыс. до 146 тыс. USD с резкими провалами в 2008 и 2014 гг. (мировой кризис и введение санкций против РФ).



Составлено автором.

Рис. 7. Тенденции динамики характеристик показателя «Текущая рыночная капитализация на 1 работника» для компаний двух выборок: «Среднее значение, тыс. USD» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

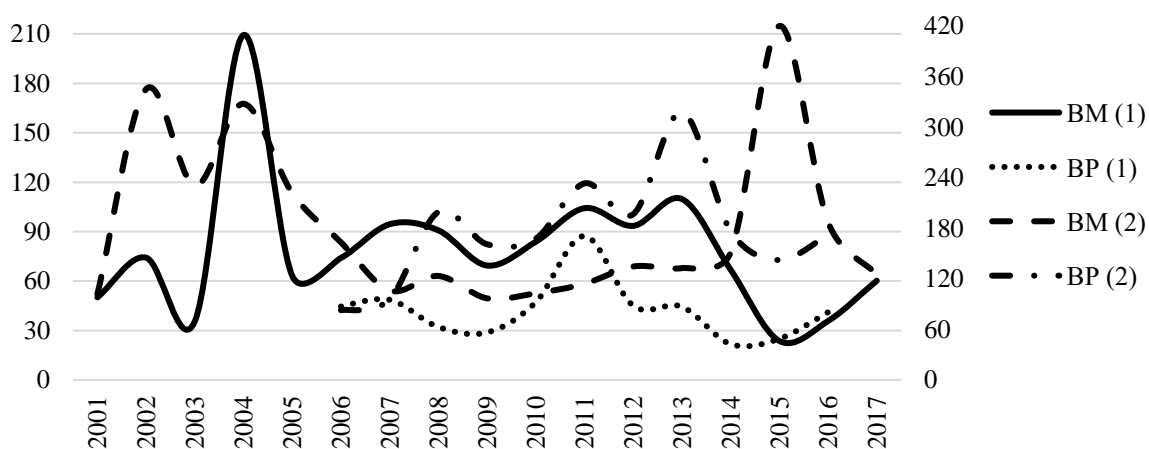
Иными словами, если в 2006 г. значения российских компаний в среднем были примерно в 1,45 раз ниже аналогичных зарубежных, то к 2016 г. уменьшились до значений опять же меньших зарубежных почти в 6,56 раз. Тенденция изменения значений коэффициента вариации в ВМ в целом напоминала аналогичные для предыдущих двух основных показателей: до 2005 г. они существенно колебались, затем достаточно равномерно возрастали с 94 до 122% со среднегодовым приростом 2,20%. В ВР – в кризисные 2007-2008 гг. они снижались, затем после выхода мировой экономики из кризиса достигли «астрономических» значений, но с введением санкций в 2014 г. резко уменьшились до примерно 62%, и российские компании стали более «похожими» друг на друга.

*«Чистый доход / Чистая прибыль (убытки) на 1 работника».* Для компаний ВМ значения показателя менялись на протяжении рассматриваемого периода примерно от -217 тыс. до +280 тыс. USD, за исключением двух компаний 1 и 4 секторов, значения показателя для которых были больше указанного верхнего порога значительную часть периода, и одной компании 2 сектора, значения которой выходили за эти пороги и в положительную, и отрицательную области. Для компаний ВР (для этой выборки данные до 2005 г. включительно и за 2017 г. в основном отсутствуют) – от -92 тыс. до +91 тыс. USD, кроме одной компании 4 сектора, у которой значения большую часть периода были существенно выше, доходя до 700 тыс. USD.

На рис. 8 приведены тенденции среднего значения и коэффициента вариации показателя. Для ВМ среднее по всем компаниям значение также колебалось до 2005 г., затем до 2013 г. в среднем росло с 63 тыс. до 110 тыс. USD (среднегодовой прирост – 7,16%), далее значительно уменьшилось. Это снижение по времени примерно совпало с введением экономических санкций против России, но может быть и не связано с ними. В ВР за период с 2006 по 2016 гг. среднее значение в целом незначительно снизилось с 44,5 тыс. до 42 тыс. USD (среднегодовая убыль – 0,80%), максимальное значение 87,3 тыс. USD пришлось

на экономически благоприятный 2011 г. Средние значения основного показателя в двух выборках отличались примерно в 1,9 раза.

Коэффициент вариации показателя в ВМ за весь период изменился незначительно, но при этом в начале относительно рос до 2004 г., затем снижался до 2007 г. (можно предположить, что по мере нарастания кризисных явлений в мировой экономике компании становились более «похожими»), после кризиса очень незначительно увеличился к концу периода. «Всплеск» тенденции в 2015 г. является единственным и трудно объяснимым.



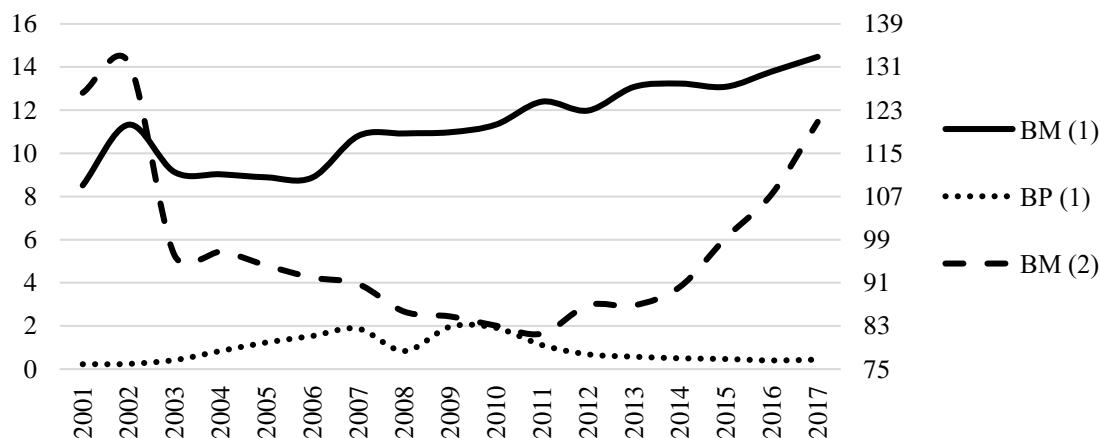
Составлено автором.

Рис. 8. Тенденции динамики характеристик показателя «Чистый доход / Чистая прибыль (убытки) на 1 работника» для компаний двух выборок: «Среднее значение, тыс. USD» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

**«Расходы на НИОКР на 1 работника».** Характеризует расходы компаний на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, фактически – вклад в развитие собственных технологий для обеспечения деятельности в будущие периоды. При пересчете этих расходов на 1 сотрудника становится возможным сопоставление компаний. В ВМ значения показателя варьировались от 0 до 25 тыс. USD, исключение составили две компании 1 сектора, значения у которых на протяжении всего периода были более 30 тыс. USD. По ВР значения в статистически достаточных объемах отсутствуют: за каждый год имеются данные

по 2-3 компаниям, причем фрагментарно, по разным компаниям – за разные годы. В целом по имеющимся данным значения показателя в российских компаниях были значительно меньше, чем в зарубежных.

На рис. 9 для выборок в целом представлены графики среднего значения и коэффициента вариации (только для ВМ) рассматриваемого показателя. Интересно, что в ВМ среднее значение постоянно росло с предкризисного 2006 г. (8,9 тыс. USD) и далее до 14,5 тыс. USD к концу периода, среднегодовой прирост в это время составил 4,54%. Коэффициент вариации в этой выборке в начале периода и затем в околокризисные годы неуклонно снижался до 82% (компании стали более «похожими» друг на друга), начиная же с относительно благоприятного 2011 г., стал расти и к концу периода составил 121%. Естественно предположить, что политики компаний в экономически более благоприятные периоды различаются существенно, чем в околокризисные годы. В ВР среднее значение по представленным данным (ежегодно менее 20% от численности ВР) не превышало 1,91 тыс. USD.



Составлено автором.

Рис. 9. Тенденции динамики характеристик показателя «Расходы на НИОКР на 1 работника» для компаний двух выборок: «Среднее значение, тыс. USD» (1, левая ось) и «Коэффициент вариации, %» (2, правая ось).

Более детально описать динамику указанных характеристик показателя для российских компаний не представилось возможным.



## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Перечни обследованных российских и зарубежных компаний

Таблица 1

#### Зарубежные компании (выборка ВМ)

№ п/п	Компания	Вид деятельности (сектор)
1	Apple Inc	IT-сфера
2	AT&T Inc	Телекоммуникации
3	Berkshire Hathaway Inc	Многопрофильная
4	BP PLC	Нефтегазовая
5	China Mobile Ltd	Телекоммуникации
6	Daimler AG	Автомобилестроение
7	Eni SpA	Нефтегазовая
8	Exxon Mobil Corp	Нефтегазовая
9	General Electric Co	Многопрофильная
10	International Business Machines Corp	IT-сфера
11	Mitsubishi Corp	Многопрофильная
12	Nestle SA	Производство потребительских товаров
13	PetroChina Co Ltd	Нефтегазовая
14	Petroleo Brasileiro SA	Нефтегазовая
15	Procter & Gamble Co/The	Производство потребительских товаров
16	Royal Dutch Shell PLC	Нефтегазовая
17	Samsung Electronics Co Ltd	IT-сфера
18	Sinopec Shanghai Petrochemical Co Ltd	Нефтегазовая
19	Total S.A.	Нефтегазовая
20	Toyota Motor Corp	Автомобилестроение

№ п/п	Компания	Вид деятельности (сектор)
21	Vodafone Group PLC	Телекоммуникации
22	Volkswagen AG	Автомобилестроение
23	Walmart Inc	Оптовая и розничная торговля

Таблица 2

Российские компании (выборка ВР)

№ п/п	Компания	Вид деятельности (сектор)
1	ОАО «Русал»	Металлургия и горнодобыча
2	ПАО «Мобильные телесистемы»	Телекоммуникации
3	ПАО «Газпром»	Нефтегазовая
4	ПАО «ГМК «Норильский Никель»	Металлургия и горнодобыча
5	ПАО «ЛУКОЙЛ»	Нефтегазовая
6	ПАО «Магнит»	Оптовая и розничная торговля
7	ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»	Металлургия и горнодобыча
8	ПАО «НОВАТЭК»	Нефтегазовая
9	ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат»	Металлургия и горнодобыча
10	ПАО «Северсталь»	Металлургия и горнодобыча
11	ПАО «Татнефть»	Нефтегазовая
12	X5 Retail Group NV	Оптовая и розничная торговля