

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

На правах рукописи



Гриднева Ярослава Александровна

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ
НА ПРОТЯЖЕНИИ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

2.1.14 Управление жизненным циклом объектов строительства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

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



Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ	14
1.1. Исходная исследовательская ситуация и постановка проблемы	14
1.2. Ретроспектива основных исторически обусловленных проектно- управленческих подходов к решению проблемы управления крупномасштабными строительными проектами на протяжении их жизненного цикла	21
Выводы по главе 1	42
ГЛАВА 2. СИНТЕЗ ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ В ОБЛАСТИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ	45
2.1. Метод восхождения от абстрактного к конкретному	45
2.2. Системный анализ и системная инженерия	47
2.3. Системотехника строительства	51
2.4. От системного анализа к концептуальному проектированию	54
2.5. Тензорная методология проектирования устойчивого развития	56
2.6. Формирование факторов концептуального моделирования системы управления крупномасштабными строительными проектами	58
2.7. Методология управления	63
2.8. Социокибернетика	64
2.9. Современные информационные технологии	67
2.10. Логика управления проектами	74
Выводы по главе 2	75
ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	77

3.1. Атрибутивное представление системы управления крупномасштабными строительными проектами	77
3.2. Операциональное представление системы управления крупномасштабными строительными проектами	88
3.3. Разработка методики оценки целостности системы управления крупномасштабными строительными проектами.....	111
Выводы по главе 3.....	125
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	127
4.1. Краткое резюме крупномасштабного строительного проекта	127
4.2. Определение проблемного поля управления крупномасштабного строительного проекта.....	132
4.3. Формирование организационно-технической системы управления крупномасштабного строительного проекта.....	134
4.4. Сравнительное определение эффективности созданной системы управления крупномасштабным строительным проектом на основе методики оценки целостности принимаемых решений.....	144
Выводы по главе 4.....	150
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	152
Список литературы	157
Приложение 1	176
Приложение 2	179
Приложение 4	182
Приложение 5	185
Приложение 6	187
Справки о внедрении результатов диссертационного исследования	189

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Управление современными строительными проектами неразрывно связано с жизненными циклами строительных объектов – это обусловлено созданием цифровой модели зданий с применением технологий информационного моделирования: модели создаются на стадии проектирования, редактируются и дополняются на стадии строительного-монтажных работ и затем созданная модель переходит в собственность застройщику или эксплуатирующей организации, и уже он принимает решения о дальнейшей эффективной эксплуатации зданий на её основе. Наполненная таким образом информационная модель позволяет принимать организационно-технические решения о проведении текущих и капитальных ремонтов, составлять сметы и ведомости объёмов работ, планы переустройства или реконструкции объектов, разрабатывать проекты демонтажа при выводе объектов из эксплуатации.

Актуальность и динамику развития данной предметной области отражает интенсивность принятия соответствующих нормативно-правовых актов: с 2004 года в области технологий информационного моделирования (ТИМ) введено в действие 6 Постановлений Правительства, 3 Распоряжения Правительства, 6 приказов Министра РФ, 14 ГОСТов и 12 сводов правил. С начала 2022 года ответственные участники строительства обязаны обеспечить формирование и техническое сопровождение информационной модели объекта капитального строительства (ИМ ОКС), финансируемого с привлечением бюджетных средств РФ. Требования к элементам информационной модели (в частности, ряд XML-схем, Глоссарий технологий информационного моделирования (ТИМ), классификатор строительной информации) утверждены и размещены на официальном сайте Министра России.

В этих условиях важнейшую роль играют управленческие и организационно-технические решения, принимаемые при создании ИМ ОКС на этапах жизненного цикла строительных проектов (инженерные изыскания, проектирование, строительного-монтажных работы), так как от выбора строительной площадки, принятых

объёмно-планировочных решений, архитектурного облика здания, ориентации его по сторонам света, способах установки инженерного оборудования, подключения к источникам энергоресурсов и прочее, будут зависеть определяющие характеристики объектов на протяжении их жизненного цикла (прочность, надёжность, безопасность, комфортность, энергоэффективность, экологичность и другие). Поэтому тема управления строительными проектами с учётом их жизненных циклов становится крайне важной. Особенно это касается крупномасштабных строительных проектов, характеризующихся наличием множества участников, организационных схем взаимодействия, сложностью взаимосвязей между ними, использованием ими различных программных комплексов, большим количеством информации, ресурсов, информационных потоков, наличие объектов капитального строительства (ОКС) большой энергетической мощности, усиление межотраслевых и межрегиональных связей.

В настоящее время разработано достаточное количество проблемно-ориентированных моделей (имитационных, оптимизационных, экспертных), формирующих информационную базу управленческих решений, направленных на реализацию целевых установок строительных организаций. Однако, строительная деятельность человека и её результаты (здания и сооружения) по-прежнему сопровождаются авариями и разрушениями, иногда принимающими катастрофический характер, затраты на ликвидацию последствий которых часто превышают сметную стоимость самого строительства. Проявляется явное несоответствие существующей практики, приёмов и методов организационного управления масштабу, степени сложности и экологическим последствиям техногенного влияния на окружающую природную среду реализуемых строительных проектов. Используемые формы организационного управления не имеют в своём арсенале адекватных организационных, технических, экономических и правовых инструментов. Проблема целостности системы управления крупномасштабным строительством как целостности принимаемых решений в реальности не осознаётся. Следствием является снижение эффективности принимаемых решений и, соответственно, утрата управляемости.

Эмпирически сложившееся на практике разнообразие форм организационного управления строительными проектами в действительности отражает лишь незначительную часть возможных форм организационного управления как функции значений основных системообразующих факторов концептуальной модели такого управления. Следствием является неопределённость функциональных обязанностей и рассогласованность действий участников крупномасштабного строительства, приводящая к существенному превышению сметных затрат и нарушению сроков. Типичным примером является строительство стадиона «Газпром-Арена» в Санкт-Петербурге, конечная сумма затрат на возведение которого превысила первоначальную сумму в 6 раз.

Обозначенные проблемы усугубляются тем, что в настоящее время строительная отрасль переживает качественную трансформацию, обусловленную перестройкой бизнес-процессов, формированием новых требований к формату проектной документации для государственной экспертизы.

Научно-практическое обобщение результатов строительной деятельности достоверно свидетельствует о том, что все ключевые проблемы современного крупномасштабного строительства имеют сугубо системотехнический характер. В контексте настоящего исследования, системотехнический характер проблем означает, что эти проблемы являются отражением системных дефектов управления, обусловленных усложнением строительства. Поэтому корректное научное решение указанных проблем принципиально возможно лишь в рамках системного подхода – в любом другом случае неизбежно возникают безуспешные попытки разрешить системные проблемы частными мерами. По мнению автора, ключ к решению системотехнических проблем строительной индустрии – внедрение в систему управления новых информационных технологий и создания целостной системы управления. Центральную роль в этом играет создание современных организационно-технических систем управления, соответствующих характеру и уровню сложности решаемых задач. Таким образом, переход от традиционных организацион-

ных методов управления к созданию организационно-технических систем управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла обусловлен системотехническим характером и сложностью задач управления. Разработка таких систем является неизбежным трендом технологического развития.

Степень разработанности темы исследования. В рамках диссертационной работы осуществлено изучение и обобщение научно-теоретических идей и технических разработок российских и зарубежных исследователей применительно к проблеме моделирования современных сложных организационно-технических систем управления крупномасштабными проектами. Ретроспективный анализ основных исторически обусловленных проектно-управленческих подходов осуществлён автором с точки зрения системотехнического взаимодействия «человек-компьютер» и базируется на работах Китова А.И., Глушкова В.М., Кузнецова П.Г., Торгашева В.А., Водянова В.Г., Вайно А.Э., Кобякова А.А., Сараева В.Н., Калева Литару. Существенный вклад в системотехнику организации управления строительством внесли Балицкий В.С., Волков А.А., Чельшков П.Д., Гусаков А.А., Гусакова Е.А., Гинзбург А.В., Грабовый П.Г., Каган П.Б., Лapidус А.А., Олейник П.П., Опарина Л.А., Павлов А.С., Серов В.М., Теличенко В.И., Терентьев О.М., Чулков В.О. и другие исследователи. Разработке проблем информационного моделирования на протяжении жизненного цикла ОКС посвящены работы Горбаневой Е.П., Мищенко В.Я., Наумова А.Е., Абакумова Р.Г., Кагана П.Б., Лебедева В.М., Волкова А.А., Федосова С.В., Петрухина А.Б., Федосеева В.Н. и других.

Несмотря на значительный объём проделанной теоретической и экспериментальной научной работы, модель сложной организационно-технической системы управления крупномасштабными проектами, учитывающая его жизненный цикл, в настоящее время не создана – в трудах указанных учёных представлены лишь частичные решения. Таким образом, данная проблема является актуальной и требует дополнительных исследований.

Целью исследования является разработка сложной организационно-технической системы управления крупномасштабными строительными проектами на протяжении их жизненного цикла.

Задачи диссертационного исследования:

1. Анализ основных научно-теоретических идей и технических наработок российских и зарубежных исследователей применительно к управлению крупномасштабными проектами, отражающих современное состояние проблемы и жизненные циклы проектов и строительных объектов.
2. Синтез основных научных идей методического характера, соответствующих характеру и уровню сложности исследуемой предметной области.
3. Разработка концептуальной модели сложной организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла, представленной атрибутивно и операционально.
4. Разработка методики контроля целостности системы управления крупномасштабным строительным проектом на протяжении его жизненного цикла.
5. Практическая апробация полученных теоретических результатов.
6. Определение перспективных направлений дальнейших научных изысканий в исследуемой предметной области.

Объект исследования – организационно-технические системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла.

Предмет исследования – теоретические и методические вопросы применения современных научных подходов к моделированию системы управления крупномасштабным строительством, позволяющие системно оценить проблему и предложить пути достижения целей исследования в рамках современных методов управления жизненным циклом строительных проектов.

Научно-техническая гипотеза состоит в возможности повышения эффективности организации управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла посредством создания организационно-технических систем управления шестого технологического уклада.

Научная новизна исследования.

1. Выделены системообразующие факторы моделирования организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством в междисциплинарном смысловом поле в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического уклада, которые устанавливают связи естественных и социальных процессов в системе управления строительными проектами на протяжении их жизненного цикла.

2. В рамках системного подхода сформирована методика инвариантного описания исследуемой предметной области, удовлетворяющего условиям методологической полноты исследования и содержащая новые теоретические положения. Инвариантное описание отличается от существующих методик оценкой большего количества информации разнообразной природы с помощью небольшого числа универсальных показателей различной размерности.

3. Разработана концептуальная модель организационно-технической системы управления крупномасштабными строительными проектами на протяжении их жизненного цикла, включающая атрибутивное и операциональное описание. Аtribuтивное описание модели состоит в развёрнутом качественном описании выделенных инвариантов. Операциональное описание модели представляет из себя алгоритм тензорного проектирования матрицы управления строительством, применяемое впервые.

4. Разработана методика контроля целостности системы управления крупномасштабными строительными проектами, характеризующая эффективность управления как целостность заложенных в нём решений, выражаемых совокупностью любых оценок, адекватно отражающих необходимость и возможность их реализации в течение жизненного цикла проектов.

Теоретическая значимость результатов исследования. Сформированная в рамках системного подхода методика инвариантного описания системы управления крупномасштабными строительными проектами позволяет интерпретировать системообразующие факторы как инварианты концептуального моделирования и

применить математический аппарат тензорного анализа.

Практическая значимость и реализация результатов исследования.

Представленная автором концептуальная модель может использоваться для широкого класса практических задач многокритериальной оптимизации при создании сложной организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла, что способствует повышению эффективности организации управления в строительстве.

Методология и методы исследования. Основной научной идеей методологического характера является системный подход, связанный с именами Богданова А.А., Винера Н., Берталанфи К.Л. фон, Эшби У.Р., Клира Дж., Бира Э.С., Боулдинга К.Ю., Холла А.Д., Оптнера Ст. Л., Хакена Г., Моисеева Н.Н., Анохина П.К., Курдюмова С.П., Малинецкого Г.Г. и других учёных. Определяется роль и значение системотехники строительства. Используются концептуальные представления Никанорова С.П. об анализе, синтезе и проектировании систем управления. Актуализируется тензорная методология проектирования устойчивого развития Кузнецова П.Г. Природоподобие разрабатываемой модели обеспечивается учётом природных факторов по алгоритмическим описаниям Доброчеева О.В., Гончарова Н.Ф., Макарова В.А., Морозова В.С., Кузнецовой И.Ю. В качестве базовой методологии управления принят СМД-подход Щедровицкого Г.П. Констатируется значимость современных информационных технологий и системотехнического взаимодействия «человек-компьютер» в рамках социокибернетического подхода Глушкова В.М. и Лумана Н. Реализуется возможность использования языка описания и логики управления строительными проектами как средства унификации процедур при принятии решений любого уровня. Методической базой диссертационного исследования являются труды отечественных и зарубежных учёных в области моделирования и адаптации сложных систем, перспективные наработки в области организации управления инвестиционно-строительными проектами. Используются методы и модели теории графов, тензорного анализа, алгебраический аппарат много-

мерных матриц, методы многокритериальной экспертной оценки, методы прикладной статистики.

Личный вклад автора диссертационного исследования.

Анализ современного состояния проблемы осуществлён автором с точки зрения системотехнического взаимодействия «человек-компьютер». В рамках методологии системного подхода сформирована стратегия инвариантного описания исследуемой предметной области. Осуществлено выделение свободно интерпретируемых и контекстно независимых факторов концептуального моделирования организационно-технических систем управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла, на «элементной базе» которых построена адекватная концептуальная модель. Разработана методика контроля целостности системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла. Предложены технические решения по интеграции централизованной и децентрализованной стратегий управления на базе современных информационных технологий и организации системотехнического взаимодействия «человек-компьютер» в рамках единой вычислительной (цифровой) платформы. В ходе апробации теоретических результатов исследования спроектирована многоуровневая концептуальная модель сложной организационно-технической системы управления конкретным строительным проектом на протяжении жизненного цикла с точки зрения функциональных задач. Выявлены перспективные направления дальнейших научных изысканий в исследуемой предметной области.

На защиту выносятся:

1. Системообразующие факторы моделирования организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении жизненного цикла.

2. Методика инвариантного описания организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении жизненного цикла в рамках системного подхода.

3. Концептуальная модель организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении жизненного цикла, представленная атрибутивно и операционально.

4. Методика контроля целостности системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла.

Степень достоверности результатов исследования. Достаточная степень научной достоверности результатов обеспечивается соответствующим характеру и уровню сложности исследуемой предметной области методологическим подходом автора, использованием методических наработок отечественных и зарубежных учёных в области моделирования и адаптации сложных систем, применением современных достижений отечественной строительной науки и практики в области разработки Автоматизированных систем управления строительством (АСУС), успешной апробацией теоретических результатов диссертационного исследования.

Апробация работы. Основные положения диссертации были представлены на научно-практических конференциях: «Строительство – формирование среды жизнедеятельности 2016», «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании 2017», «Строительство – формирование среды жизнедеятельности 2017», г. Москва; XXI ISC on Advanced in Civil Engineering «Construction – The Formation of Living Environment» 25-27.04.2018, Moscow; Всероссийская научная конференция «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019» г. Москва, МГСУ; IX Международная научно-практической конференция «Технологии, организация и управление в строительстве – 2023» (ТОMiC-2023), Moscow, MGSU. Экспериментальное внедрение результатов исследования выполнено в рамках крупномасштабного инвестиционно-строительного проекта «Агропромышленный комплекс в Бутурлиновском районе Воронежской области». Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс бакалавров и магистров направления 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство» Ивановского государственного политехнического университета.

Публикации. Научные результаты достаточно полно изложены в 14 научных публикациях, из которых 2 работы опубликованы в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и 1 работа опубликована в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, приложений, списка литературы из 197 наименований и приложений. Общий объем работы изложен на 190 страницах, насчитывает 17 таблиц, 27 рисунков.

Содержание диссертации соответствует пп. 2, 3, 4 Паспорта специальности 2.1.14. – «Управление жизненным циклом объектов строительства»:

п. 2. Теоретические, методологические и системотехнические подходы к проектированию организационных структур предприятий, организации производственных процессов и систем управления ими, формализация и постановка задач организационного, информационного и математического моделирования строительных систем с целью эффективного управления объектами капитального строительства и их комплексами на всех этапах их жизненного цикла; п. 3. Исследование и формирование методов разработки, видов обеспечения, критериев, моделей описания и оценки эффективности решения задач управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием технологий информационного и математического моделирования, системного анализа, автоматизации и оптимизации принятия решений; п. 4. Исследование, формирование теоретических подходов к проектному управлению и планированию производственных процессов, в том числе в условиях неопределенности и риска. Разработка методов построения и развития проблемно-ориентированных систем управления на основе цифровой интеллектуальной поддержки принятия эффективных решений, нечеткого моделирования, оптимизации функционирования объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ СТРОИТЕЛЬНЫМИ ПРОЕКТАМИ

1.1. Исходная исследовательская ситуация и постановка проблемы

Проблема создания организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла в настоящий момент является качественной (слабоструктурированной), так как её основные компоненты ещё не выявлены до такого уровня, при котором решение задач эффективности функционирования может заключаться в количественном анализе свойств проектируемой системы в слабопредсказуемых условиях применения (условиях неопределённости). Отмеченная особенность предполагает выявление таких системообразующих факторов и принуждающих связей, которые позволяют осуществлять расчёт происходящих в системе информационных процессов в зависимости от изменений структуры системы (и наоборот). Отличительной чертой анализа исходного состояния проблемы является исследовательская работа с неколичественными объектами – количественный анализ приобретает смысл только после качественного сопоставления компонентов проблемы.

Очевидно, в процессе анализа необходимо построение и сохранение целостного представления о системе, которое должно позволять объединение не только различных теоретико-системных конструктов, но и различных средств и методов моделирования. Целостное проектирование системы и трансляция целостности в процессе проектирования должны опираться на такие исходные позиции, которые позволяют выделить инвариантные факторы, соответствующие сущности проектируемой системы. Существенной особенностью анализа должно являться представление о целенаправленной системе, нарастившей своё «тело» от чисто организационных форм до человеко-машинного (организационно-технического) облика с удержанием целостности.

Полный жизненный цикл крупномасштабных строительных проектов – это

неразрывная совокупность взаимосвязанных временных периодов (этапов), в течение которых осуществляются инженерные изыскания, архитектурно-строительное проектирование, прохождение экспертизы, строительство, пуско-наладочные работы и ввод в эксплуатацию (рис. 1.1.1). В подобных проектах имеется целый ряд параллельных и стыковочных процессов, не выделяемых в основные этапы, но существенных для рассмотрения совокупности производственных процессов (бизнес-процессов). К ним относятся, например, изготовление оборудования с длительным циклом, конкурсные и контрактные процедуры, пусковые операции, ремонт, продление эксплуатации и др.

<p>Этапы жизненного цикла крупномасштабного строительного проекта</p>	<p><u>Предварительные этапы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - моделирование системы управления проектом - инженерные изыскания - выбор земельного участка - общественные слушания, экологическая экспертиза 	<p><u>Предстроительные этапы:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - архитектурно-строительное проектирование - организационно-технологическое проектирование 	<p><u>Этапы строительства:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - проведение строительно-монтажных работ - проведение пуско-наладочных работ - ввод объекта в эксплуатацию
<p>Тип модели по СП 333.1325800.2020</p>	<p><u>ИЦММ</u> - Инженерная цифровая модель местности</p>	<p><u>ИЦММ, ЦИМ ОКС</u> - Проектная модель</p>	<p><u>ИЦММ, ЦИМ ОКС</u> - Строительная модель Исполнительная модель</p>

Рис. 1.1.1 Жизненный цикл крупномасштабного строительного проекта

В силу технологического характера современного цивилизационного развития, объективным критерием оценки актуальности любых научно-технических исследований и разработок, включая актуальность настоящего диссертационного исследования, являются прогнозные характеристики грядущего технологического уклада [57]. Благодаря базисным нововведениям в области микроэлектроники, вычислительной техники, информатики, новых материалов, биотехнологии произошли крупные структурные сдвиги в традиционных отраслях промышленности.

Начиная с 30х – 40х годов прошлого века технологии, которыми владеет то или иное общество становятся совершенно особым видом ресурсов, способных создать для их владельцев огромные преимущества [70].

Актуальность инновационных преобразований для России иллюстрируется диаграммой, на которой представлено процентное соотношение технологических укладов в России, США и Японии (рис. 1.1.2).

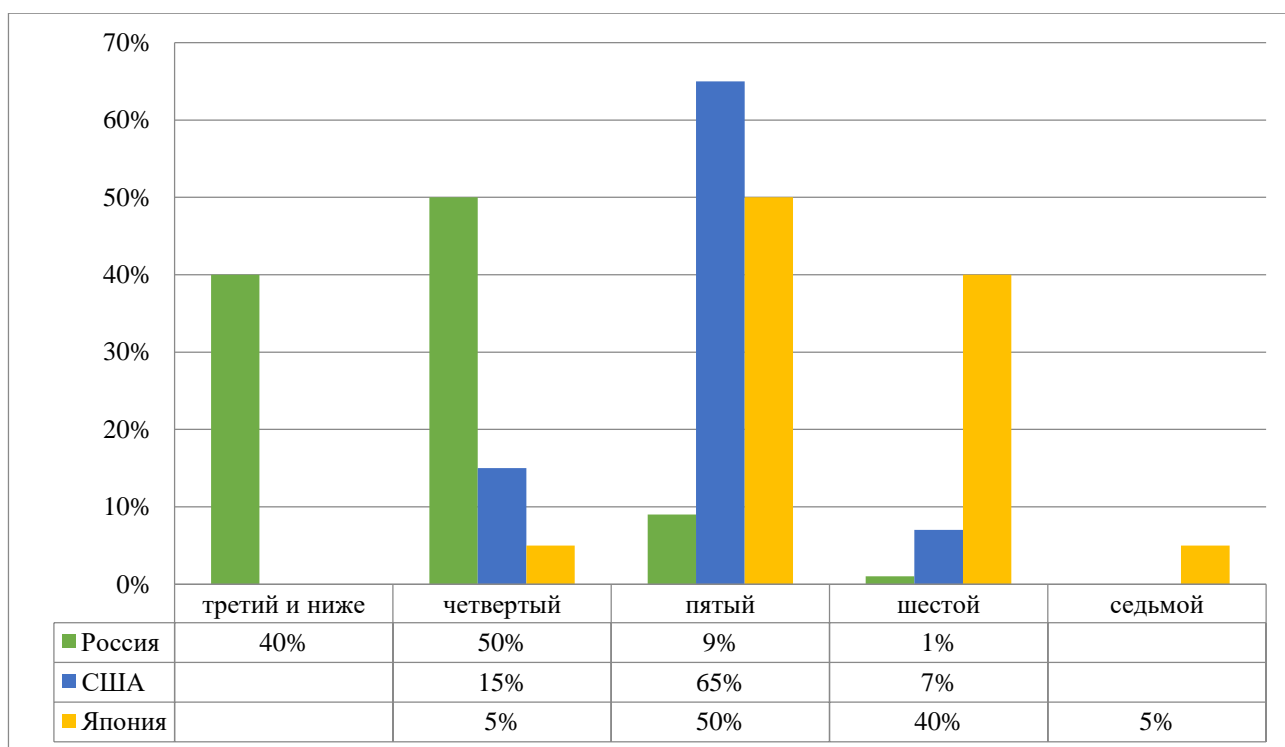


Рис. 1.2.2 Процентное соотношение технологических укладов в России, США и Японии

Как видно из диаграммы, ведущие промышленно развитые страны уже осуществили переход к шестому технологическому укладу и активно его реализуют, формируя условия для следующего седьмого технологического уклада. В США доля пятого технологического уклада составляет 60%, а шестого 5%. В Японии доля шестого технологического уклада составляет 40% и уже начато формирование седьмого технологического уклада, доля которого составляет 5%. В современной России доля пятого технологического уклада составляет 9%, доля шестого уклада

составляет 1%, седьмой технологический уклад не представлен.

Из представленной диаграммы следует, что наиболее актуальным для современного развития России является анализ базисных технологических процессов шестого технологического уклада. Прогнозные характеристики шестого технологического уклада разрабатываются ведущими экспертами. Так, Малинецкий Г.Г., координатор Проекта «Системный анализ и математическое моделирование мировой динамики», считает, что основу наступающего уклада образуют био- и нанотехнологии, проектирование живого, вложения в человека, новое природопользование, новая медицина, робототехника, высокие гуманитарные технологии, проектирование Будущего и управление им, технологии сборки и разрушения социальных субъектов. Инновационной особенностью седьмого технологического уклада является интенсивное развитие природоподобных технологий и их системная интеграция. Данный вывод подтверждается результатами исследований российских футурологов Калашникова М., Переслегина С. [90, 140]. Российский математик Малинецкий Г.Г. охарактеризовал науку XXI века одним словом – «междисциплинарность» [124]. Решение ключевых проблем современного научно-технического и социально-экономического развития, собственно выбор пути в Будущее и управление им, требуют совместных усилий представителей естественных и гуманитарных наук, инженерно-технических специалистов, руководителей всех уровней ответственности. Время «узкопрофильных» специалистов и решений заканчивается. Отдельные технические разработки, смелые масштабные инвестиции в высокотехнологичные инновационные проекты не будут наверняка успешными, если усилия людей не будут объединены, организованы, приведены в систему, способную к саморазвитию. Идея междисциплинарности родилась в ходе развития самого научного знания и входит в область технологий только в настоящее время [173].

Из вышеизложенного со всей очевидностью следует жизненная необходимость интенсивного инновационно-технологического развития современной России в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического

уклада, отличительной характеристикой которого является развитие компьютеризированных природоподобных технологий проектирования и управления Будущим в междисциплинарном смысловом поле.

Крупномасштабное строительство в настоящее время является неотъемлемой составной частью и основной движущей силой цивилизационного развития. Соответственно, трудно переоценить роль, значимость и последствия нерешённых проблем управления крупномасштабными строительными проектами.

Крупномасштабное строительство – это класс больших строительных проектов, характеризующихся большим и разнородным составом элементов, распределённых на значительной территории, требующих существенных материальных ресурсов, активно взаимодействующих с другими крупномасштабными системами и окружающей средой. Крупномасштабное строительство предполагает соответствующее масштабу строительства размещение инвестиционного капитала (материального, финансового, интеллектуального) различных организационно-правовых форм и форм собственности (частной, государственной) [2]. Крупномасштабное строительство характеризуется большим количеством участников, ресурсов, материальных и финансовых потоков, информационных систем процессов проектирования и организации строительства, сложностью управления. Любое крупномасштабное строительство подлежит государственной вневедомственной экспертизе и согласованию с соответствующими органами государственного надзора.

Из представленных характеристик и особенностей крупномасштабного строительства следует невозможность описания свойств и особенностей присущей ему системы управления на одном уровне детализации или в рамках одного этапа. Поэтому процесс управления является сложной системной задачей и представляется в виде взаимодействующего множества разнородных элементов различных уровней детализации и этапов развития. Доказательством данного утверждения является интенсивно формирующаяся практика технологии информационного моделирования (ТИМ) различных стадий и уровней детализации (2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D) полного жизненного цикла строительных объектов.

Формальное описание исходной проблемной ситуации имеет следующий вид. Определена группа экономически и юридически независимых, самостоятельно действующих участников крупномасштабного строительного проекта (Проекта) – игроков (различной организационно-правовой формы и формы собственности). Примером Проекта является крупный инвестиционно-строительный проект. Игроки в своей деятельности используют наборы технологий, потребляют ресурсы и производят строительную продукцию в форме строительных материалов или работ, результатом реализации которых является конкретный строительный объект. Кроме собственных запасов ресурсов имеется набор общих ресурсов, не принадлежащих отдельным игрокам, но пригодных для использования всеми игроками, и делёж общих ресурсов представляет интерес для всех участников Проекта. При этом ни один из игроков не может самостоятельно полностью реализовать Проект. С целью взаимовыгодного объединения сил и средств для реализации Проекта инициативные игроки принимают решение создать координирующий центр, который должен конституировать базисные условия управления Проектом. Введение формализации и алгоритмизации при формировании и реализации деловых отношений между игроками позволяет ввести элементы автоматизации в этот процесс. В данных обстоятельствах проблема управления может и должна быть сформулирована как проблема создания организационно-технической системы управления Проектом, а не как проблема автоматизации отдельных управленческих функций. Организационно-техническая система управления Проектом должна дать возможность всем его участникам решать самые разные информационные проблемы, используя в качестве инструмента многоуровневые компьютерные сети и при этом управлять другими людьми (организациями). Организационно-техническая система управления Проектом должна быть целостной, надёжной, энергоэффективной, ресурсосберегающей, обладать устойчивым функционированием, использовать технологии информационного моделирования, быстро реагировать на возникающие проблемы и не разрушать окружающую среду. В такой системе количественные критерии и методы управления не являются основными, зато число вариантов выбора очень

велико. Проект в силу своего масштаба и инновационного характера оказывает существенное влияние на внешнюю среду, изменяя и формируя её, а потому затрагивает множество разнообразных интересов. Организационное окружение Проекта – это комплекс факторов, постоянно воздействующих на Проект в течение всего жизненного цикла. В организационно-технической системе управления Проектом неизбежно возникает иерархия игроков и соответствующие процессы централизации-децентрализации их отношений, что является внешним проявлением реализации соответствующих системных задач управления.

Уровень автоматизации обработки информационных потоков в системах управления крупномасштабными проектами может быть различным и детерминирован принятыми проектно-управленческими решениями, ретроспективный анализ которых позволит выявить существенно значимые системообразующие факторы искомой концептуальной модели исследуемой предметной области. Само по себе насыщение органов управления компьютерной и иной оргтехникой не приводит к формированию организационно-технической системы управления, а является лишь техническими средствами личной автоматизации труда отдельных исполнителей. Собственно, «организационно-технической» система управления становится только тогда, когда возникает целостное системотехническое взаимодействие правильно организованной социальной группы принимающих решения лиц и правильно организованной технической компьютерной информационной сети. Данное утверждение является логической доминантой, определившей выбор основных исторически обусловленных проектно-управленческих подходов для их ретроспективного анализа с точки зрения организации системотехнического взаимодействия «человек-компьютер» при создании организационно-технической системы управления крупномасштабными строительными проектами.

В контексте поставленной задачи наибольший исследовательский интерес представляют следующие проектно-управленческие решения: организационные методы управления строительством, МПЭ (метод повышения эффективности),

ОГАС («Общегосударственная автоматизированная система учёта и обработки информации»), PERT (Program (Project) Evaluation and Review Technique), СПУТНИК — СКАЛАР, КОМПАС, BIM (Building Information Modeling или Building Information Model), НООСКОП, GDELT («Глобальная база данных событий, языка и настроения» – англ. The Global Data base of Events, Language and Tone).

1.2. Ретроспектива основных исторически обусловленных проектно-управленческих подходов к решению проблемы управления крупномасштабными строительными проектами на протяжении их жизненного цикла

Метод организации строительства. Строительство является одним из видов материального производства, результатом которого является создание, расширение, реконструкция, реставрация, техническое перевооружение и утилизация объектов недвижимости различного назначения. Строительная деятельность осуществляется совместным участием производственных и непроизводственных предприятий и организаций различных организационно-правовых форм и форм собственности. Строительство рассматривается как реализация выполнения некоторого строительного проекта или его части в течение периода его жизненного цикла. За основу планирования принимается техническое описание объекта капитального строительства, его дальнейшая эксплуатация и утилизация, что определяет порядок привлечения необходимых мощностей проектных, строительных и эксплуатирующих предприятий. Такой подход в большей степени соответствует позиции инвестора-застройщика и определяет логику и методологию настоящего исследования.

Организационные методы управления строительством являются предметом научной дисциплины «Организация строительства» – как системы взаимосвязанных организационных, технологических, социальных, экономических и экологических мероприятий по осуществлению строительной деятельности в соответствии с условиями проектов [21, 27, 40, 83, 92, 100, 143, 160, 167]. Выражение «организация строительства» по своей содержательной сути является синонимом выражения

«организация управления строительством», так как любая организация строительства бессмысленна вне процессов целеполагания и, следовательно, процессов управления. Недооценка роли и значимости процессов управления при осуществлении любого строительства повлекла за собой несоответствие практики чисто организационного управления масштабу, степени сложности и характеру техногенного влияния на окружающую природную среду реализуемых строительных проектов. Так как успешная реализация функции управления является сложной системной задачей, то указанное несоответствие, естественным образом, проявило свой явно выраженный системотехнический характер. Научно-техническое исследование возникшей при этом проблематики получило название системотехники строительства [75], что позволяет рассматривать методы организации управления строительством не только как учебную дисциплину, но и как проектно-управленческий подход к решению проблем крупномасштабного строительства.

Проблематика создания организационно-технических систем управления в строительстве (в виде комплексных интегрированных АСУС) на основе общего методологического, информационного, математического, технического обеспечения была сформирована более 40 лет назад [17, 72, 75, 78, 79, 110]. Подчёркнута первоочередная значимость качественных характеристик информации в любой системе управления, что обусловлено целевым характером её функционирования и развития. В настоящее время в строительной индустрии сложилось узкое представление об информационном моделировании как о некоторой подборке представленных в электронном виде документов по объекту строительства, что нашло отражение в действующей нормативно-технической документации [1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. Данное понимание информационного моделирования в недостаточной мере соответствует уровню сложности и системотехническому характеру проблем современного крупномасштабного строительства.

МПЭ (метод повышения эффективности экономики). В 1939 году в СССР был разработан новый метод повышения эффективности экономики (МПЭ). Тех-

нология управления МПЭ использовалась в большинстве отраслей народного хозяйства. МПЭ обеспечил проведение в стране первой индустриализации, высокие темпы экономического развития в предвоенные, военные и послевоенные годы, победу в Великой Отечественной войне и скорейшее послевоенное восстановление народного хозяйства. МПЭ доказал свою дееспособность не только в условиях социалистической экономики, но и в условиях экономики капитализма. При этом результативность МПЭ в условиях социалистического хозяйства была более чем в два раза выше. В 1955 году использование заимствованного от СССР МПЭ в сфере инновационных технологий обеспечило Японии её рекордный экономический рост («японское экономическое чудо»). В то же время использование МПЭ в СССР прекратилось. Суть МПЭ заключалась в классификации производственной деятельности любого трудового коллектива на плановую и сверхплановую. Плановая деятельность определяется объёмом и сроками заданных (запланированных) работ. Оплата плановой деятельности производится в форме зарплаты за фиксированный период (неделя, месяц), размер которой зависит от профессиональной квалификации и стажа работы по специальности. Материальная заинтересованность работников в надлежащем выполнении плановой деятельности стимулируется их премированием по итогам отчётного периода, при срыве плановых заданий весь трудовой коллектив лишается премирования. Необходимо заметить, что дифференцированный подход к премированию отдельных работников, как правило, не способствует повышению производительности труда коллектива в целом. Выход за пределы плановой деятельности на практике чаще наказывается, чем поощряется. Основное позитивное достижение МПЭ заключалось в том, что сверхплановая деятельность трудового коллектива не только допускалась, но и получала объективный регламент материального и морального стимулирования. Такой подход обеспечил реализацию творческих инициатив отдельной личности в интересах трудового коллектива в целом. Хорошо продуманная, лишённая субъективизма, система материальных и моральных стимулов позволяла каждому работнику полностью раскрыть

свой творческий потенциал, не провоцируя зависть и конфликты в трудовом коллективе (что имело место в стахановском движении). Регламент материального и морального стимулирования был разработан для различных отраслей хозяйства и типов предприятий с учётом их специфики, включая их деятельность в мирное и военное время. Практика использования МПЭ достоверно доказала его высокую результативность во всех отраслях экономики при относительно небольших затратах. Даже в условиях войны метод обеспечивал технологическое и научно-техническое развитие оборонной промышленности. Например, танк Т-34 был признан лучшим танком своего времени. Себестоимость большинства видов вооружений за годы войны снизилась в 2-3 раза. Даже себестоимость модернизированной русской трёхлинейной винтовки Мосина, разработанной еще в 1891 году, снизилась в 1,6 раза. В целом МПЭ способствовал повышению качества и снижению себестоимости производимой продукции. Также было отмечено, что по мере становления и развития трудового коллектива собственно материальные стимулы утрачивали свой приоритет. На передний план выходили отношения взаимной доброжелательности, творческого сотрудничества, взаимопомощи.

ОГАС (Общегосударственная автоматизированная система учёта и обработки информации). Советский учёный и инженер, признанный «пионер кибернетики» в нашей стране, Анатолий Иванович Китов (1920 – 2005) разработал и осенью 1959 года представил руководству СССР проект «О мерах по преодолению отставания в создании, производстве и внедрении ЭВМ в Вооруженные силы и народное хозяйство» (впоследствии ставший известным под названием «Красная книга»). В рамках проекта вся советская экономика интерпретировалась как сложная кибернетическая система, которая включает огромное число взаимосвязанных контролируемых циклов. Проект предусматривал объединить все имеющиеся в стране ЭВМ в Единую государственную сеть вычислительных центров (ЕГСВЦ) для решения народно-хозяйственных и оборонных задач в мирное и военное время (в чрезвычайных ситуациях). По мысли разработчика, единая государственная сеть такого двойного назначения позволила бы существенно сократить затраты на ее

создание, а подчинение военным – повысить надежность и безопасность её работы. Фактически в проекте содержался детализированный план компьютеризации страны. Особо стоит отметить, что в проекте «Красная книга» реально предлагалось то же, чем в наше время являются Интернет и глобальная система межгосударственных научных расчетов GRID. По мнению Китова А.И., реализация проекта «Красная книга» позволила бы обогнать США в области разработки и использования ЭВМ, не догоняя их. Это было первое в СССР и в мире предложение о создании общегосударственной автоматизированной системы управления национальной экономикой. В 1960 – 1970-е годы идеи Китова А.И. получили развитие в проекте «Общегосударственной автоматизированной системы учета и обработки информации» (ОГАС), разработанной Глушковым В.М. (1923 – 1982), который являлся главным идеологом и одним из создателей индустрии автоматизированных систем управления (АСУ) в СССР. Конечная цель внедрения ОГАС состояла в коммутации принимающих решения лиц (ЛПР) в единую сетевую структуру автоматизированных рабочих мест (АРМ) посредством электронного документооборота. Принципиальная новизна ОГАС заключалась не только в создании единой технической сети АРМ для коллективного принятия решений различного уровня ответственности, но и в применении системного подхода к моделированию системы управления в целом, в поиске адекватных форм социальной коммуникации коллектива управленцев и эффективных механизмов стимулирования управленческого труда. Глушков В.М. находил аналогию между суммарной энергетической мощностью генерирующих силовых установок, характеризующих энергетическую мощь страны, и суммарной вычислительной мощностью электронно-кибернетических устройств, характеризующих её «информационно-интеллектуальную мощь». С течением времени, фактор «информационно-интеллектуальной мощи» будет становиться всё более определяющим для промышленно-экономического развития страны, поскольку эффективное использование любых природных и промышленных ресурсов будет возможно только при достаточно высоком уровне информационной вооруженности [56]. Идеи Глушкова В.М. о значимости информационных технологий в

решении управленческих задач во многом созвучны идеям и теориям классика современного менеджмента Друкера П. об информационно ёмкой компании и информационном предпринимательском обществе. Глушков В.М. создал теорию информационных барьеров в процессе осуществления человеком функции управления, что органически дополняет теоретические представления известного немецкого социолога Никласа Лумана (1927 – 1998) о понимании социальной системы как системы коммуникации. Глушков В.М. исходил из того, что технологическое развитие современной цивилизации неизбежно приводит к ситуации – когда традиционные личностные, организационные и социально-экономические методы повышения эффективности управления оказываются полностью израсходованными ввиду ограниченности физиологических возможностей человека по преобразованию информации. В зависимости от выбранного критерия классификации, Глушков В.М. выделяет различное число информационных барьеров, возникающих в процессе осуществления человеком функции управления. Цели настоящего исследования наиболее соответствует выделение трёх информационных барьеров. Первый информационный барьер возникает, когда объём и сложность перерабатываемой информации превосходят возможности одного человека. Первый информационный барьер преодолевается увеличением количества участвующих в переработке информации лиц. Второй информационный барьер возникает, когда объём и сложность перерабатываемой информации превосходят возможности совокупности (коллектива) людей, объединённых решением общей задачи. Ведь суммарные возможности коллективного повышения производительности труда по преобразованию информации всех занятых в управлении людей тоже имеют свои физиологические пределы, которые определяются пропускной способностью самого слабого человеческого «звена». Одних человеческих усилий для управления становится мало. Второй информационный барьер преодолевается с помощью компьютерной техники. Третий информационный барьер возникает, когда объём и сложность перерабатываемой информации превосходят возможности отдельного, даже самого

мощного, компьютера. Порог третьего информационного барьера определяется достигнутым уровнем науки, техники и технологий, воплощённым в компьютере. Третий информационный барьер преодолевается посредством создания компьютерных сетей. Исторически, такие возможности стали возникать тогда, когда от использования ЭВМ для решения локальных управленческих задач стали переходить к применению сети ЭВМ для комплексной автоматизации системы управления в целом. Прецедентом такого сетевого использования ЭВМ были так называемые административные системы, опирающиеся на электронные базы данных. В ходе своего технического совершенствования, административные системы трансформировались в автоматизированные системы управления (АСУ). Параллельно произошло объединение удалённых ЭВМ и ВЦ в сетевую структуру. Таким образом, стратегическим вектором развития становится комплексная автоматизация управленческого труда, позволяющая значительную часть информационных потоков обрабатывать с помощью технических средств. Безбумажная технология организационного управления Глушкова В.М. не преуменьшает роль человека в системе управления, а перенаправляет его деятельность от рутинной работы в область принятия творческих решений. В итоге, функционал человека в системе управления будет направлен на постановку исходных задач, утверждению окончательных вариантов управленческих решений (приданию им юридической легитимности) и к неформализуемому общению с людьми. Важнейшей проблемой науки и практики управления будет построение сложных организационно-технических систем управления различными объектами. Проект ОГАС был осуществлён лишь в небольшой своей части, мало что изменившей в системе управления народным хозяйством страны. Фундаментальная (основополагающая) идея Глушкова В.М. о преодолении информационных барьеров, неизбежно возникающих у коллектива принимающих решения людей в процессе их управленческой мыследеятельности, посредством широкого использования ЭВМ – была фактически выхолощена и постепенно трансформировалась в задачу технического обоснования систем сетевого планирования.

Следствием ОГАС были многочисленные автоматизированные системы управления (АСУ), хаотично возникавшие на местах по отраслевому принципу [57]. Современная историческая наука называет ряд причин прекращения проекта ОГАС. В период до 1980 года в качестве причин торможения проекта указывались консерватизм бюрократического аппарата госуправления, разобщённость ведомственных интересов, отсутствие необходимых технических решений, неадекватная оценка значимости человеческого фактора в любой организационно-технической системе управления [15]. В дальнейшем, в качестве причин свёртывания проекта указывались смерть в 1982 году Глушкова В.М., начало «перестройки» под руководством Горбачёва М.С., доступность персональных компьютеров. Однако, все приведённые выше причины не помешали успешной реализации атомного и космического проектов, которые являлись не менее масштабными и значимыми для развития страны. Поэтому основной причиной торможения и свёртывания проекта ОГАС, по мнению автора настоящего исследования, следует признать нерешённость проблемы контроля со стороны государственных иерархических структур над той «информационно-интеллектуальной мощью», которая попадает в руки разработчиков глобальной АСУ и которую невозможно эффективно законодательно регулировать посредством стандартного нормативно-правового документооборота или сверхсекретной «кнопки» (центральной точки отказа). Механизм международного общественного контроля за «информационно-интеллектуальной мощью» цифрового мира фактически только начинает формироваться на базе «Окинавской хартии глобального информационного общества», принятой на острове Окинава 22.07.2000 г. и подписанной Великобританией, Германией (ФРГ), Италией, Канадой, Россией, США, Францией, Японией. Проект ОГАС был первой в мире попыткой масштабной автоматизации управления национальной экономикой. Тем самым, заложены принципиальные научные и организационно-технические основы современного информационного общества. Теория информационных барьеров академика Глушкова В.М. обосновала необходимость применения ЭВМ в современных системах

управления. Со всей очевидностью обозначена проблема концептуального моделирования сложных организационно-технических систем управления крупномасштабными проектами. Осознана важность соответствующей знаковой системы коммуникации, создаваемой на основании теоретических и практических инструментов и технологий системологии (системного подхода), кибернетики, теории информации и философской феноменологии. Уже на стадии эскизного проектирования АСУ выявлена определяющая роль человеческого фактора – выразившегося в форме коллективной мыследеятельности принимающих решение лиц.

PERT (Program (Project) Evaluation and Review Technique). Program (Project) Evaluation and Review Technique (сокращённо PERT) – наиболее известная и эффективная технология сетевого планирования и оперативного управления технически сложными инженерными разработками крупных проектов. Технология была разработана в 1958 году консалтинговой фирмой «Booz Allen Hamilton Holding Corporation» совместно с авиастроительной компанией «Lockheed Corporation» по заказу Подразделения специальных проектов ВМС США в составе Министерства Обороны США для проекта создания ракетной системы «Поларис» (Polaris). Проект «Поларис» был военно-техническим ответом на запуск СССР первого искусственного спутника Земли в 1957 году. Кооперация исполнителей проекта «Поларис» включала 8 головных фирм, среди которых были такие, как «Дженерал-Электрик» и «Локхид», 250 подрядчиков и около 9000 субподрядчиков. Несомненно, что и техническое и организационное руководство такой кооперацией представляло собой настоящую проблему. Создание технологии PERT позволило решить проблему организационного руководства этой кооперацией. Для математического моделирования действий людей и коллективов применялись методы исследования операций. Технология PERT необычайно быстро, всего в течение полутора-двух лет, получила широкое распространение и признание. В 1962 году технология PERT и её улучшенные варианты начали применяться в Англии и ФРГ.

PERT предназначена для очень масштабных, одновременных, технически и

организационно сложных, нерутинных проектов. PERT применяется также в строительстве, при реконструкции заводов, для программирования ЭВМ, для составления годовых и перспективных планов и в других областях, где происходят процессы создания каких-либо технически и организационно сложных объектов.

Суть технологии PERT заключается в анализе и планировании программ успешной реализации проектов. При реализации военно-технических проектов сроки выполнения часто имеют более значительную роль, чем все остальные составляющие, в том числе и финансовая составляющая. Технология PERT позволяет проанализировать и оценить время выполнения, трудозатраты и потребности в других ресурсах проекта в соответствии с исходными характеристиками входящих в него задач. PERT предусматривает возможность принятия решений в условиях дефицита времени, формируя рабочий график проекта без точного знания деталей. Технология PERT предполагает применение трёх средневзвешенных оценок расчета времени длительности для каждой операции: оптимистическую (наилучшую); ожидаемую (вероятностную); пессимистическую (наихудшую). Все три оценки расчёта времени операции в технологии PERT изображены на рисунке 1.2.1.



Рис.1.2.1. Оценки расчёта времени операции в технологии PERT [132]

Управление разработкой в технологии PERT понимается как совокупность

действий руководства, направленных на достижение конечных технических целей разработки в заданные сроки и в рамках выделенных лимитов несмотря на непредвиденные затруднения, возникающие в ходе разработки или достижение минимальных отклонений от этих показателей. Наиболее существенным достоинством технологии PERT является то, что управление в ней ведётся на основе предвидения возможных будущих срывов и отклонений, а не на основе данных об уже происшедших срывах. Управление в технологии PERT имеет целью предотвратить их возникновение, а не обеспечить более или менее быстрое «тушение пожаров». Результатом аналитического предвидения возможных будущих событий является выделение критической последовательности работ, оценка резерва времени работ ненапряженных путей и оценка сдвигов относительно графика. В этой связи, центральной частью PERT является метод критического пути, формализованный в виде сетевого графика взаимосвязей работ и событий (сетевой диаграммы PERT). Используются диаграммы-графы с работами на узлах, с работами на стрелках (сетевые графики), а также диаграммы Ганта. Пример сетевой диаграммы PERT с работами на стрелках для проекта продолжительностью в семь месяцев с пятью промежуточными точками (от 10 до 50) и шестью деятельностью (от А до F) изображён на рисунке 1.2.2.

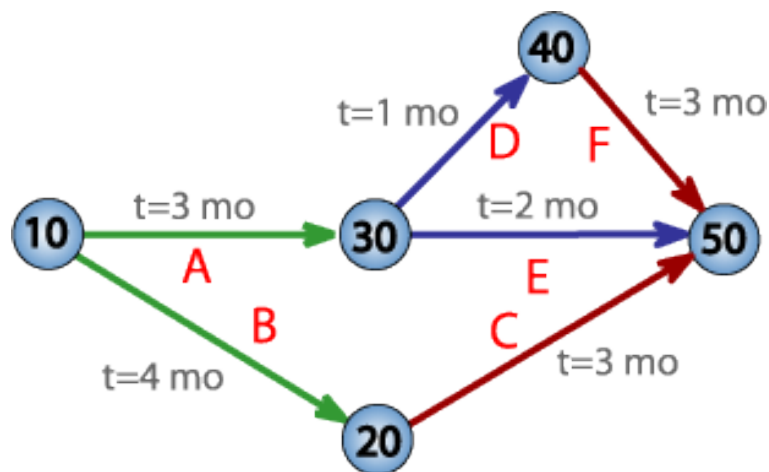


Рис. 1.2.2. Пример сетевой диаграммы PERT с работами на стрелках для проекта [132]

В современных условиях технология PERT продолжает развиваться, объединяя в себе простоту процедуры и эффективность результатов. PERT демонстрирует большие потенциальные возможности эффективного управления проектами не только в области стройиндустрии, но и практически во всех сферах современной экономики. Например, в финансовом секторе метод PERT может быть востребован для системной интеграции используемых инструментов (проектирования финансовых инструментов, ценообразования, размещения активов, управления активами). Доступ к базам данных в режиме реального времени в сочетании с увеличением вычислительных возможностей современных кибернетических устройств позволяет ставить и успешно решать более сложные задачи с новыми комплексными видами инструментов. Метод PERT может быть полезен при организации стратегического планирования крупномасштабных бизнес-проектов для уменьшения рисков. Применение PERT является целесообразным в ситуациях, когда требуется выполнение значительного количества разнообразных операций по обработке статистических выборок большого массива эмпирических данных. Процедура PERT предполагает строго обязательное участие в ней квалифицированных экспертов, а не просто специалистов. Языком формального описания моделей оптимизации стратегии достижения плановых целей является математический аппарат теории графов. Отдельной разновидностью таких моделей являются графики сетевого планирования. PERT хорошо зарекомендовал себя в качестве технологии планирования и управления сложными крупномасштабными проектами в условиях значительной неопределённости (непредсказуемости) всех видов. Дальнейшее развитие подобного типа технологий заключается в усилении охвата, проникновения, сращивания и поглощения систем другой природы, но того же уровня иерархии.

СПУТНИК – СКАЛАР. Системы целевого управления «Спутник» и «Скалар» являются бесспорным достижением советской школы управления в реализации системного подхода применительно к сфере проектного управления. Эти технологические решения предназначены для управления крупномасштабными территориально-отраслевыми проектами, сложными комплексами научных программ, а

также предназначены для стратегического и тактического планирования и управления с выдачей конкретных заданий ответственным исполнителям. Генеральным конструктором (разработчиком) систем целевого управления «Спутник» и «Скалар» являлся Побиск Георгиевич Кузнецов. С использованием технологии управления СПУТНИК – СКАЛАР в СССР осуществлялся крупномасштабный высокотехнологичный территориально-распределённый проект космического корабля «Буран». В течение 18 лет в проекте «Буран» принимали непосредственное участие более миллиона человек из 1286 предприятий, 86 министерств и ведомств, крупнейших научных и производственных центров страны. Совокупные расходы составили 16,4 млрд. советских рублей. В 2007 – 2008 гг. отдельные локальные элементы «Спутник» и «Скалар» в качестве программных продуктов были реализованы в цехе 640 ОАО «НПК «Уралвагонзавод» применительно к серийному производству и вновь доказали свою эффективность: обеспечив ритмичность производства и повышение производительности труда цеха на 30% без привлечения дополнительных ресурсов. До появления технологии управления СПУТНИК – СКАЛАР наиболее успешным инструментом управления процессом создания сложной технической системы силами территориально-распределённой и многоотраслевой кооперации являлась технология PERT. Оказалось, что сроки реализации такого проекта можно почти в два раза сократить, если в основу принятия управленческих решений положен сетевой график работ, исключая забытые (невыполненные) работы и чётко фиксирующий время окончания работ критического пути. С процедурной точки зрения, собственно построение сетевого графика не являлось центральным бизнес-процессом в системе управления проектом, а имело вспомогательное значение. Такой процедурный подход вполне корректен для замкнутых систем с набором известных основных технических решений. Но для управления устойчивым развитием открытых систем, которыми занимался Кузнецов П.Г., необходима иная управленческая процедура, позволяющая в режиме реального времени адекватно реагировать не только на явные технические сбои, но и на возникновение проблем, которые существенным образом влияют на цели и задачи проекта. Иначе говоря,

значение бизнес-процесса построения и корректировки плановых показателей в постоянно меняющихся условиях является не менее важным, чем значение бизнес-процесса контроля исполнения ранее утверждённых плановых ориентиров. Это хорошо иллюстрируется известной трёхмерной моделью системы управления формированием и реализацией проекта по технологии СПУТНИК – СКАЛАР (рис. 1.2.3), объединившей дерево целей процесса разработки проекта с сетевым графиком их достижения. В результате получается трёхмерная структура, в которой сверху находится дерево целей, а в основании лежит сетевой график. Он формируется из фрагментов, представляемых целевыми руководителями (ЦР) самого нижнего уровня, которые сшиваются согласно горизонтальным связям, согласование которых контролируется ЦР верхних уровней. При этом вершины, в которых имеются пропущенные реквизиты подцелей (например, КТО, ЧТО, КОГДА, КАК), выделены цветом, что позволяет максимально быстро обращать на них внимание. Такая трёхмерная модель системы управления позволяет отслеживать бизнес-процесс построения плановых показателей, согласования взаимодействия между участниками проекта, а если такое согласование невозможно, то возврата к предыдущему шагу бизнес-процесса.

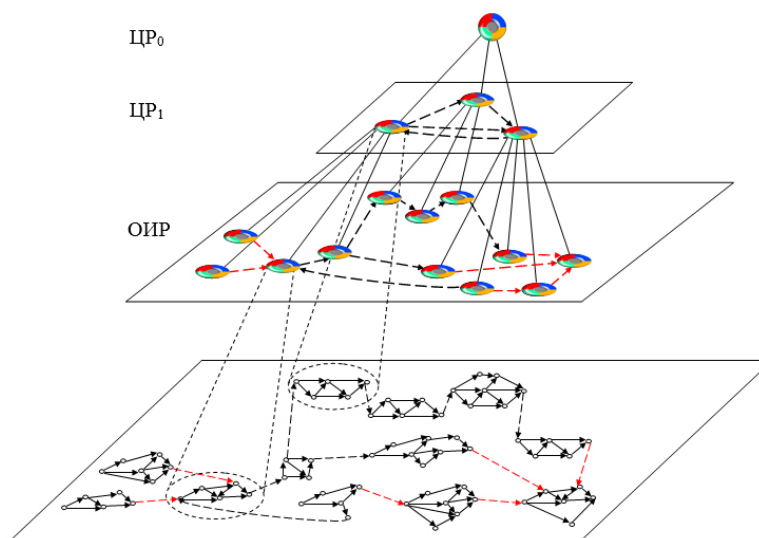


Рис. 1.2.3. Трёхмерная модель системы управления формированием и реализацией проекта по технологии СПУТНИК – СКАЛАР [105]

Можно уверенно утверждать, что система целевого управления СПУТНИК –

СКАЛАР инициировала развитие организационных систем управления с гибкой структурой. Возникавшие при этом организационные, технические и процедурные осложнения не стали препятствием для разработки и внедрения таких систем, так как возможности и многообразие современного программного обеспечения и мощности современных ЭВМ несопоставимы с теми, на базе которых происходило создание системы СПУТНИК – СКАЛАР в 1960-е годы. Бизнес-процессы, автоматизация которых обеспечивается современным программным обеспечением, включают в себя не только информационное моделирование графических образов, но и проектирование под это графическое описание структуры базы данных для проектируемой информационной системы. Примером такого программного обеспечения может служить, в частности, библиотека ФОРПОСТ, разработанная в среде продуктов Microsoft Visio и Microsoft Access.

Заметная часть методологических вопросов, поставленных создателями системы СПУТНИК – СКАЛАР, получила своё дальнейшее развитие в рамках формирующегося в настоящее время направления социальной инженерии под названием «Конструирование организаций». Качественным своеобразием данного направления является разработка и использование математических методов моделирования организационных структур в рамках системного подхода.

КОМПАС. Технология управления КОМПАС применялась в стройиндустрии (Калининская АЭС, Костромская ГРЭС и АЭС, Рязанская МГДЭС, ОАО «СПК МОСЭНЕРГОСТРОЙ» и АО «Трест «Севэнергострой»), в машиностроительной отрасли промышленности (ПАО «КАЛУЖСКИЙ ТУРБИННЫЙ ЗАВОД», ОАО «Рязанский комбайновый завод»), в иных отраслях народного хозяйства (Кораблинский КШТ, ФГУП «Государственный завод медицинских препаратов» и пр.). Идея впервые была предложена в 1982 году советским специалистом по организационным технологиям Водяновым В.Г. и использовалась при строительстве Калининской АЭС. Без применения компьютеров и Интернета были получены выдающиеся организационно-управленческие результаты, и коллектив строителей превратился в некое интегральное «мы», показав рекордную производительность.

Практическая реализация идеи заключалась в следующем. На каждого участвующего в строительстве работника (от высшего руководителя до простого рабочего низшего разряда) заводится так называемая «бизнес-гармонь», в которую работник записывает все свои трудовые операции и всех своих контрагентов. По итогам работы за определённый период каждый работник ставит всем своим контрагентам оценку их трудовой деятельности. Все оценки сводятся на общий «рейтинг-экран», отражающий целостное состояние строительства и трудового вклада каждого работника. Также, для каждого работника был сформирован персональный денежный фонд, который этот работник не мог потратить на себя, но мог использовать для премирования любых своих контрагентов. В результате произошло децентрализованное перераспределение оплаты труда соответственно реальному трудовому участию каждого работника, что привело к существенному росту производительности труда и повышению эффективности организации управления строительством. Таким образом, ключевое отличие системы «КОМПАС» от обычного подхода в её прозрачности, что становится сильным стимулирующим фактором в труде. Сочетание методов централизованного и децентрализованного управления оказалось мощным резервом повышения эффективности организационно-управленческой деятельности.

BIM (Building Information Modeling) или ТИМ – технологии информационного моделирования). В настоящее время аббревиатура BIM (русский аналог – ТИМ) получила самое широкое распространение и обозначает доминирующее направление в области информационного моделирования строительных объектов. В 2010 году был принят стандарт ISO 29481, который определил BIM как совместно используемое цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта строительства (зданий, мостов, дорог). В 2012 году был принят стандарт ISO 12911, который к уже перечисленным объектам строительства добавил ещё и технологические производства [113]. Исходное концептуальное положение BIM – это наличие единого информационного пространства, содержащего всю необходимую информацию об объекте строительства. BIM максимально

структурирует информацию для того, чтобы она подлежала компьютерной обработке, для того, чтобы вмешательство человека было минимальным и для того, чтобы эта информация перемещалась из одной стадии жизненного цикла на другую в том формате, в котором она там будет использоваться. Единое информационное пространство позволяет создавать эффективные средства автоматизированного проектирования объектов строительства и управления их созданием и эксплуатацией – то есть охватывает полный жизненный цикл объекта. Разработка информационной модели – исходное основание автоматизации любого бизнес-процесса в любой сфере, без которого невозможно проектировать что-либо и управлять чем-либо. Чем полнее информационная модель объекта, тем успешнее можно проектировать и/или управлять этим объектом – в том числе и с помощью средств автоматизации. Таким образом, эффективность применения автоматизированных систем и средств проектирования и управления в значительной степени определяется качественными характеристиками исходной информационной модели объекта. Единое информационное пространство предоставляет возможности для комплексного моделирования информационной модели объекта строительства, обладающего принципиальными преимуществами перед «локальным» проектированием (архитектурно-строительное – отдельно, ландшафтное – отдельно и т.д.). BIM-технология поддерживает следующий состав распределённого множества элементов строительства: подмножество участников реализации проекта (заказчики-инвесторы, компании-проектировщики, компании-производители, компании-подрядчики, операторы, ремонтники, эксплуатационщики), подмножество дисциплин проекта (архитекторы, конструкторы, специалисты инженерных сетей, сметчики, технологи), подмножество форматов программных средств (Revit, ADT, Bentley, Nemetschek, 3DS, ArchiCAD, Tekla, Sketchup, Rhino, Maya), подмножество стандартов (ГОСТ, ISO, IFC, PDF), подмножество процессов реализации проекта (проектирование и строительство, продажа и аренда, эксплуатация и управление), подмножество средств реализации проекта (CAD, CAM, CAE, PDM, PLM, ERP, MS Office, Estimating, Scheduling) [177].

С логико-методологической точки зрения, дальнейшее концептуальное развитие идеи единого информационного пространства в рамках технологии BIM (ТИМ) естественным образом трансформирует практику информационного моделирования отдельных бизнес-процессов строительства на протяжении его полного жизненного цикла в практику управления собственно жизненным циклом строительства. Практическая реализация данной идеи предполагает создание современной организационно-технической системы управления строительством в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического уклада, способной преодолеть противоречия между естественными и социальными процессами в системе управления и решить нерешённую до сих пор проблему их системной интеграции. В таком случае под «строительством» следует понимать не отдельный этап создания строительного объекта (или проекта), а именно полный жизненный цикл создаваемого строительного сооружения, включающий его проектирование, собственно строительство, эксплуатацию и утилизацию [113].

В настоящее время информатизация управления инвестиционно-строительными проектами развивается очень активно. Актуальность и динамику развития данной предметной области отражает интенсивность принятия соответствующих нормативно-правовых актов. С 1 января 2022 года вступило в силу Постановление Правительства РФ от 5 марта 2021 г. № 331, обязывающее участников строительства обеспечить формирование и ведение ИМ ОКС, финансируемого с привлечением бюджетных средств РФ.

НООСКОП. В 2011-2012 годах Руководитель АП РФ Антон Эдуардович Вайно, выражая результат концептуального поиска российским руководством новых управленческих подходов при выработке ключевых решений, сформулировал парадигму упреждающего управления, заключающуюся в предупреждении кризисов за счет капитализации будущего. Тенденции создания упреждающего управления рынком исследовались Вайно А.Э. совместно с Антоном Анатольевичем Кобяковым и Виктором Никифоровичем Сараевым. Данные исследователи полагают, что в современном кризогенном (наполненном энергией кризисных процессов)

мире возникает новая генерация стремительно меняющихся ситуаций со сверхсложной структурой, представляющих из себя сеть взаимосвязанных сложных событий (рис. 1.2.4.). Указанные ситуации по уровню сложности превышают возможности существующей системы управления для адекватной реакции на них и потому являются своего рода вызовами для системы управления, препятствующими «выиграть будущее» [34, 36].

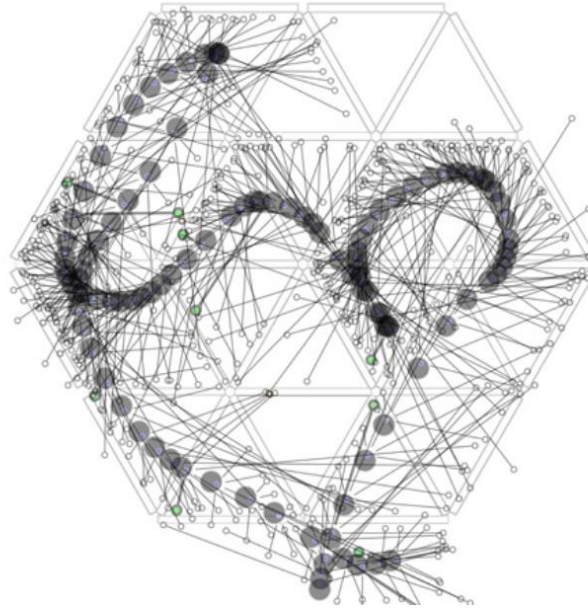


Рис. 1.2.4. Возможная сеть сложных событий [32]

Упреждающее управление – это организационно-техническая система, включающая в себя соответствующие организационные структуры и компьютерные информационные сети с обратной связью, опережающе реагирующая на сложные динамичные вызовы на стадии их возникновения и обеспечивающая проектирование и управление Будущим. Функционал опережающего реагирования состоит в регистрации сложного вызова в самом начале его возникновения, прогнозировании дальнейшего поведения, системном анализе взаимосвязей с другими вызовами. Методологией прогнозирования является имитационное проигрывание ситуаций, допускающее масштабирование. Техническая часть представлена системой визуализации результатов регулярно проводящегося прогнозирования на базе компьютерной информационной сети с обратной связью. Принципиальная возможность

создания организационно-технической системы упреждающего управления имеет своё теоретическое обоснование в трудах Левина Р., Бергаланфи К.Л., Шеннона К.Э., Лоренца Э.Н., Мандельброта Б., Смита А. Сущностное понимание механизма упреждающего управления основано на таких проявлениях психической деятельности человека как интуиция и воображение, опирающихся на так называемую опережающую эпигеномную память. Атрибутивное описание варианта создания информационной платформы в свете перечисленных теоретических наработок представлено на рис. 1.2.5.

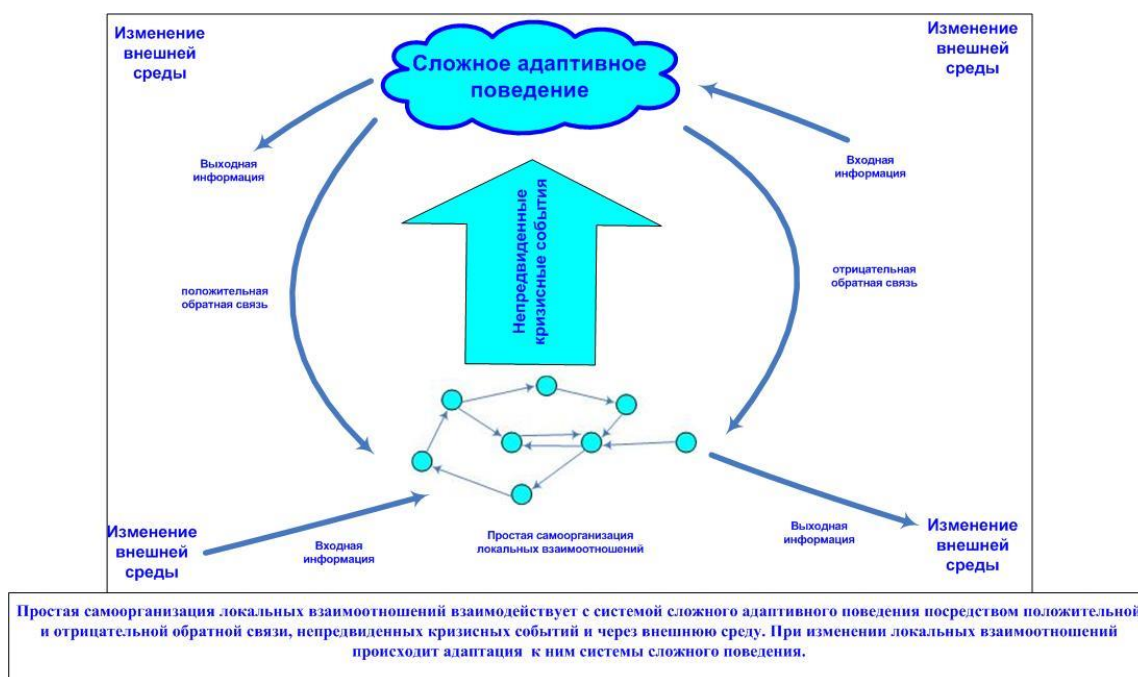


Рис.1.2.5. Самоорганизация локальных взаимоотношений и система адаптивного поведения [31]

Базовым техническим элементом распределённой компьютерной сети упреждающего управления является конвергентный преобразователь информационных потоков, состоящий из пространственного сканера, интерактивного мультифункционального телевизора, сенсорных датчиков эмоций и их трансляторов в социальную сеть. Сама сеть получила название НООСКОПа – технического устройства для выявления и фиксации изменений в природной и социально-экономической средах. НООСКОП состоит из семи оболочек, соответствующих основным сферам, в кото-

рых происходит выявление и фиксация изменений. Сенсорные датчики НО-ОСКОПа, начиная с банковских карт нового поколения и заканчивая «умной пылью», позволяют безошибочно идентифицировать любое сложное динамичное событие в пространстве и во времени. Разработка НООСКОПА ведется на основе технологии NBIC – конвергенции (N – нано, B – био, I – инфо, C – когно). На воплощенные в Нооскопе технические решения получено более 50 патентов. Новая система создания материальных ценностей целиком и полностью зависит от мгновенной связи и распространения данных, идей и символов. Современную экономику можно назвать экономикой супер символов. Экономике супер символов требуются новые способы управления, новые организационные структуры, которые все более и более начинают базироваться на «игре ума». Процесс жизни протекает в матричном (биологическом) пространстве. Матрица – это пространство и время в разных пропорциях. Там, где пропорции благоприятны для жизни, происходит сгущение жизни, а там, где эти пропорции подходят для капитализации – происходит концентрация капитала (рис. 1.2.4.). Проявление проекций этих пропорций происходит в игре. Таким образом, игровой принцип стал центральным понятием современной технологии упреждающего управления сложными крупномасштабными проектами.

GDELT (Global Database of Events, Language, and Tone). Констатируя закономерность и обоснованность возникновения парадигмы упреждающего управления, важно отметить практическое совпадение по времени разрабатываемых технологических решений в России (Нооскоп) и в США (Дестрометр).

В США под руководством Калева Литару и под патронажем «Национального агентства геопропространственной разведки» (NGA) американского разведывательного сообщества, а также при поддержке «Управления перспективных исследовательских проектов» Министерства обороны США (DARPA) и Джорджтаунского университета начал реализовываться проект GDELT. GDELT – это «Глобальная база данных событий, языка и настроения» (The Global Data base of Events, Lan-

guage and Tone). Целью Проекта являлось информационное моделирование мировых исторических событий посредством оцифровки исходных эмпирических данных. Исходным информационным элементом считалось достоверно установленное историческое событие, которому ставилось в соответствие более 15 характеризующих это событие оцифрованных показателей (фото, видео или аудиофайлов). GDELT – это самая большая, самая полная и самая открытая база данных человеческого общества, когда-либо созданная. Создание платформы, которая отслеживает мировые средства массовой информации практически из всех уголков каждой страны в печатных, широковещательных и веб-форматах, на более чем 100 языках, каждый момент каждого дня и продолжается с 1 января 1979 года по сегодняшний день, ежедневно обновления, потребовал беспрецедентного множества технических и методологических инноваций, партнерств и целых новых идей, чтобы объединить все это и сделать его реальностью. Создание базы данных за четверть миллиарда записей с привязкой по всему миру в течение 30 лет в сочетании с массивными сетями, которые соединяют всех людей, организации, места, темы и эмоции, лежащие в основе этих событий, потребовали не только решения непревзойдённых проблем для создания базы данных, но и «переосмысление» того, как мы взаимодействуем и думаем о данных об общественном масштабе.

Выводы по главе 1

1. Качественное разнообразие и высокая сложность исследуемой предметной области требуют усвоения, понимания и осмысления многоаспектных особенностей проблемы, что возможно лишь в междисциплинарном смысловом поле. Построение систем управления крупномасштабными строительными проектами невозможно без применения технологий информационного моделирования и учёта протяжённости жизненного цикла проектов.

2. Анализ современного состояния исследуемой проблемы позволяет уверенно утверждать, что правильно организованный симбиоз «человек-компьютер»

представляет собой наилучшее средство для решения задач управления крупномасштабным строительством в целом. В данном симбиозе под «человеком» понимается коллектив принимающих решения лиц, а термин «компьютер» означает соединённую в единую сеть совокупность электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

3. Все рассмотренные основные исторически обусловленные проектно-управленческие подходы отражают лишь отдельные фрагменты или аспекты информационного моделирования сложной организационно-технической системы управления крупномасштабными строительными проектами.

4. Ретроспективный анализ представленных проектно-управленческих решений позволил выделить следующие сущностно значимые системообразующие факторы концептуального моделирования организационно-технической системы управления крупномасштабными проектами в междисциплинарном смысловом поле в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического уклада, а именно:

– Коллективная мыследеятельность принимающих решения лиц (человеческий фактор). Выделенная в чистом виде в организации управления строительством, МПЭ, КОМПАС коллективная мыследеятельность принимающих решения лиц наглядно доказала значимость и эффективность правильно организованного коллектива управленцев.

– Целеполагание (фактор цели). Суть упреждающего управления заключается в формировании будущего, что невозможно без интерактивного целеполагания в режиме реального времени на протяжении всего жизненного цикла любого проекта.

– Информационная платформа (информационный фактор). Фундаментальный характер единой информационной платформы знаковой коммуникации проиллюстрирован в проектах ОГАС, GDELT. Использование современных компьютерных сетей является необходимым условием преодоления любых информационных барьеров при принятии решений.

– Метаязык описания (фактор знаковой коммуникации). Реальная практика

применения технологии PERT, СПУТНИК-СКАЛАР убедительно доказала, что эффективное управление комплексными научными программами, сложными территориально-отраслевыми проектами, большими комплексами работ невозможно без унифицированной системы базовых понятий.

– Пространство, время, энергия (физические факторы). Всеобщее признание и широкое распространение ВМ (ТИМ) наглядно продемонстрировало необходимость и эффективность использования пространственно-энергетических изменений на шкале времени при реализации строительных проектов.

5. Анализ современного состояния проблемы позволил установить, что адекватный научный метод её исследования должен предоставить правила согласования частных точек зрения различных научных дисциплин с системой фундаментальных законов, подтверждаемых практикой и не зависящих от частных точек зрения. Метод должен предоставить возможность проводить целенаправленные изменения, сохраняя работоспособность системы в целом, даже если структура системы изменяется. Качественное разнообразие и высокая сложность проблемы предполагают использование такого метода её исследования, который должен быть общим, комплексным, соответствующим по своим внутренним возможностям растущему многообразию, а по степени обобщения – масштабности моделируемого объекта.

ГЛАВА 2. СИНТЕЗ ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ В ОБЛАСТИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

2.1. Метод восхождения от абстрактного к конкретному

Постановка проблемы разработки организационно-технических систем управления крупномасштабным строительством в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического уклада в междисциплинарном смысловом поле предполагает непротиворечивый синтез основных научных идей методического характера в области исследования сложных систем: рассматривается логический механизм получения конкретного знания из суммы выделенных абстракций (методология восхождения от абстрактного к конкретному) Зиновьева А.А., описывается системный подход и системная инженерия (системотехника) как методология создания сложных систем, анализируется системотехника строительства, излагаются сущностные сведения о концептуальных методах исследования и проектирования систем управления Никанорова С.П., даётся представление о тензорной методологии проектирования устойчивого развития Кузнецова П.Г., исследуется влияние природных физических факторов, обосновывается применение методологии управления в рамках СМД-подхода Щедровицкого Г.П., констатируется значимость современных информационных технологий и организации системотехнического взаимодействия «человек-компьютер» в рамках социокибернетического подхода Виктора Глушкова и Никласа Лумана, рассматривается возможность использования языка описания и логики управления проектами как средства унификации процедур при принятии решений любого уровня.

Русский учёный Зиновьев А.А. подробно исследовал логический механизм получения конкретного знания из суммы выделенных абстракций, каждая из которых вычленяет какую-то одну сторону или одно свойство исследуемого объекта. Исследованный Зиновьевым А.А. логический механизм получил название метода

восхождения от абстрактного к конкретному. Целью метода является диалектическое раскрытие сущности исследуемых объектов – возникновение, противоречия, законы, развитие и т.д..

Исходное конструктивное содержание метода таково. Объектом исследования является сложное разностороннее органическое целое, имеющее разветвлённую внутреннюю структуру и естественно-исторически сложившуюся систему связей между её взаимодействующими элементами. «Восхождение» предполагает выделение (абстрагирование) в объекте в определённой последовательности его различных сторон и связей, стремясь ко всё более полному и точному описанию объекта и его проявлений. Выделенное таким образом в результате анализа какой-либо одной из сторон объекта понятие называется абстрактным понятием («абстрактным»), а выделенное при анализе ряда сторон объекта – конкретным понятием («конкретным»). Далее, логика «восхождения» требует выявления и раскрытия реальных связей объекта – особенных связей между выделенными абстрактными понятиями, формирующими логический механизм перехода от «абстрактного» к «конкретному». Все стороны объекта должны быть выделены во взаимосвязи всех своих отношений и, одновременно с этим, исследованы по отдельности с учётом своих особенностей. Фиксируемые в процессе такого анализа противоречивые абстракции и образуют уникальные специфические связи «восхождения». Результатом такого противоречивого синтеза абстрактных понятий является продукт их взаимодействия, то есть «конкретное». Выявление реальной уникальной специфической связи между абстрактными понятиями и означает «восхождение» от «абстрактного» к «конкретному» – что составляет суть диалектики. Говоря иначе – метод восхождения от абстрактного к конкретному позволяет получить целостное представление об объекте, различные стороны которого человек исследует по отдельности. Переход от «абстрактного» к «конкретному» – не самоцель, а необходимое условие методологической полноты исследования объекта и его проявлений.

Основными направлениями метода и результатом их взаимодействия являются следующие. Это – выявление в чистом виде причинно-следственных связей

между различными явлениями в ходе их диалектического развития, понимание сущности происходящих событий во всём многообразии их проявлений, обнаружение противоречий в поведении наблюдаемого объекта и нахождение способов их разрешений, переход от частного (простого) к целому (сложному) и обратно, выявление структуры объекта и характера протекающих в нём процессов, диалектика анализа и синтеза в процессе отражения реальности изучаемого объекта. Все эти направления должны быть рассмотрены с учётом особенностей конкретной предметной области исследования, в которой эти направления реализуются, с учётом её эмпирической истории [85].

Метод восхождения от абстрактного к конкретному применим во всех случаях изучения больших сложных иерархических систем управления, состоящих из множества разнородных элементов и имеющих многообразную динамику полного жизненного цикла.

2.2. Системный анализ и системная инженерия

Системный подход связан с именами Богданова А.А., Винера Н., Бергаланфи К.Л. фон, Эшби У.Р., Клира Дж., Бира Э.С., Боулдинга К.Ю., Холла А.Д., Оптнера Ст.Л., Хакена Г., Месаровича М.Д., Летова А.М., Малинецкого Г.Г. и других учёных.

Суть системного понимания мира состоит в том, что Вселенная состоит из систем различных уровней иерархии. Система представляет собой множество элементов, объединённых в единое целое посредством отношений взаимодействия этих элементов друг с другом. Возникающий в процессе такого взаимодействия системный эффект обеспечивает преимущества в достижении системных целей и решении системных задач. Системный эффект заключается в том, что свойства системы не сводятся к простой арифметической сумме свойств её элементов, то есть система, как единое целое, обладает рядом новых («эмерджентных») свойств, которых не было у её элементов, взятых по отдельности. Чем интенсивнее отдельные элементы системы взаимодействуют друг с другом, тем больше системный эффект.

Понятие сложности является столь же фундаментальным понятием науки о системах, сколь фундаментально понятие энергии в естественных науках. Сложность связывают с числом и видами составляющих систему элементов и связей, отношений между ними. Историческая динамика понятия сложности в науке, технике и других областях человеческой деятельности позволяет выделить три класса задач, принципиально различающихся по степени своей сложности. Задачи с малым числом переменных и высокой степенью детерминизма (вследствие сильных экспериментально оправданных упрощений), решение которых ищется в аналитической форме, обычно называют задачами «организованной простоты». Задачи с большим числом случайных переменных, использующие мощные статистические методы решения, получили название задач «неорганизованной сложности». Эти два класса задач соответствуют двум противоположным полюсам всего континуума сложности и покрывают лишь его небольшую часть. Задачи, покрывающие основную среднюю часть континуума сложности, называются задачами «организованной сложности» и для них не подходят ни аналитические, ни статистические методы решения. Одним из способов работы с задачами организованной сложности является сознательное допущение неточности при описании данных. Математический аппарат для работы с такими «неточно описанными» объектами разрабатывается с середины 1960-х годов американским математиком и логиком азербайджанского происхождения Заде Л.А. и известен как «теория нечётких множеств».

Возникновение системного анализа обусловлено практической необходимостью изучать и проектировать сложные системы, управлять ими в условиях неполноты информации, ограниченности ресурсов, дефицита времени. Исследование сложных систем вынуждает формулировать и решать проблемы не только на языке математики, но и на естественном языке. Основное конструктивное достижение системного анализа заключается в разработке методов перехода от естественного описания проблемы к формализованной в математических терминах модели. Большая часть этих методов не имеет своего математического аппарата, но они кон-

кретно алгоритмичны и достаточно апробированы на практике. В силу приведённых соображений, системный анализ есть методология научного поиска – прикладная диалектика, применение которой сродни искусству. Дальнейшая практика улучшающего системного вмешательства в проблемные ситуации получила своё развитие в форме системной инженерии.

Системная инженерия – междисциплинарное научно-техническое направление, консолидирующее все ключевые инженерно-математические решения в области системных исследований для создания сложных систем любого масштаба и назначения. В свете современных представлений, системная и программная инженерии неразрывно взаимосвязаны. Системная инженерия формирует методологию моделирования сложных систем, а программная инженерия разрабатывает алгоритмы комплексной реализации полученных системных решений. Такое понимание сложившейся ситуации нашло отражение в практике международной стандартизации описания жизненного цикла систем и программ – в частности, в проекте VKCASE, основными разработчиками которого являются Министерство обороны США, Стивенсовский технологический институт, Исследовательский центр по системной инженерии, Ассоциация вычислительной техники, Институт инженеров электротехники и электроники, Международный совет по системной инженерии, Национальная ассоциация оборонной промышленности США [54].

Представление системного анализа и системной инженерии в качестве методологии исследования и создания сложных систем требует принципиального уточнения роли математики в системных исследованиях. Аксиоматическая формализация любой системы рациональных утверждений в математике по самой своей природе имеет некоторые фундаментальные ограничения. В 1931 году австрийский логик и математик Курт Гёдель убедительно обосновал утверждение о том, что собственные правила вывода аксиоматической теории не могут служить средством доказывания её непротиворечивости. Курт Гёдель также показал, что если аксиоматическая теория является непротиворечивой, то она неполна. Следовательно, все существующие аксиоматические теории или противоречивы, или неполны, и в

«правовом поле правил выводов» самой аксиоматической теории невозможно в принципе определить, к какой из двух категорий каждая из них принадлежит. Таким образом, методический инструментарий прикладной математики, базирующийся на определённом наборе аксиоматических предположений, способен описывать лишь отдельные фрагменты сложных систем. Возникновение системного анализа и системной инженерии является в некотором смысле научным ответом на такое неудовлетворительное положение. Системный подход предназначен для исследования сложных систем как единого целого. По мнению известного американского учёного Джорджа Клира, наиболее существенным достижением системологии является возможность описание методов решения системных задач на их естественном языке, что позволяет в процессе системной работы избегать упрощающих утверждений, которые искажают суть поставленной задачи и приводят к неверному решению. А если избежать упрощений невозможно, то методы системологии сводят искажения к минимуму. При этом сами методы решения системных задач определяются характером и уровнем сложности решаемых задач и имеют подчинённое значение. Принципиально важно то, что методы решения системных задач не могут быть чисто математическими, а должны представлять собой симбиоз эвристических, аксиоматических (математических), экспериментальных и других методов. Средств одной математики для реализации системного подхода недостаточно.

В 1980-х годах, интенсивное развитие нелинейных методов исследования сложных систем привело к необходимости междисциплинарного обобщения сделанных в процессе этого развития открытий и неизбежности дальнейшего синтеза новых знаний. Таким образом взаимодействие множества элементов в далёких от термодинамического равновесия открытых системах, процессы структурной самоорганизации систем различной природы оказались в центре внимания возникшего междисциплинарного направления науки, получившего красивое название «Синергетика» (Герман Хакен). Синергетическое поведения любой системы обнаруживает устойчивые закономерности (параметры порядка), определяющие все процессы

структурной самоорганизации любой системы и её дальнейшую макроскопическую динамику. Для описания параметров порядка используется математический аппарат теории особенностей гладких отображений, теории бифуркаций дифференциальных уравнений и геометрии фракталов – получивших своё дальнейшее обобщение в форме теории катастроф французского математика Рене Тома. В настоящее время в синергетике не удалось сформулировать универсальное количественное описание поведения системы, но удалось ввести понятие аттрактора и разработать качественные методы построения фазовых портретов эволюции системы в многомерном пространстве состояний (фазовом пространстве) [18, 120, 124].

2.3. Системотехника строительства

Системотехника – советское междисциплинарное направление науки и техники, появившееся в конце 1950-х годов как параллельный отечественный аналог системной инженерии. Системотехника включает в себя все технические разработки по проектированию и созданию больших, сложных, многоуровневых, иерархических, высокотехнологичных, автоматизированных систем технической и социально-технической природы на протяжении полного жизненного цикла. Доказано, что успешное создание автоматизированных систем управления сложными крупномасштабными проектами должно непременно включать в себя решение проблем не только технического, но и организационно-управленческого характера.

Системотехника строительства – отечественная научно-техническая дисциплина, изучающая организационные, технические, экономические и др. аспекты строительства в их неразрывной взаимосвязи с целью успешного достижения конечного результата в строительной деятельности. Системотехнический подход обеспечивает объединение различных вопросов и процессов в строительстве, разъединённых специализацией и ведомственной разобщённостью, служит залогом успешного решения строительных задач. Общая теория функциональных систем (ТФС) академика Анохина П.К. [13, 165] является методологическим обоснова-

нием системотехники строительства. Интерпретация теоретико-системных конструктов ТФС для решения конкретных инженерно-технических задач стройиндустрии началась в 70-е годы прошлого века. За прошедшие десятилетия ТФС помогла решить многие инженерно-технические проблемы строительной отрасли: сформировать методологию компьютеризации и интеграции строительных систем, теорию организационно-технологической надёжности строительства, предложить вероятностные основы его проектирования и осуществления, создать методы решения строительных задач в терминах результата, дать подходы к гомеостату (самосохранению в заданных параметрах) строительных объектов, вплотную подойти к нейроподобным (самообучающимся) проектировочным и строительным процессам и, наконец, к смене парадигм проектной и строительной деятельности [17, 21, 39, 43, 52, 75, 88, 105, 110, 133, 136, 143, 160, 169, 171].

Разработанная инициаторами системотехники строительства Яковлевым Д.А. (НИИ ГИПРОТЭС), Поспеловым Г.С. (ВЦ АН СССР), Гусаковым А.А. (НИИ МГСУ) функционально-системная стратегия реализации системного подхода позволяет проектировать иерархические информационные системы поддержки принятия решений, системообразующим фактором которых является результат строительства. Надёжность функционирования такой информационной системы обеспечивается модульным принципом её проектирования и замены вышедших из строя функциональных элементов.

В контексте настоящего исследования особый интерес представляют работы Чулкова В.О., Кузиной О.Н. и др. по инфографическому моделированию сложных функциональных систем с нелинейной (синергетической) динамикой поведения. Изучение, фиксация и моделирование отчуждаемых мыслительных конструктов является основой формирования виртуальной реальности как средства (пространства) реализации современных информационных технологий. Основные принципы инфографического моделирования формулируются следующим образом: 1. Принцип «раздвоения личности» (видеть отовсюду), 2. Принцип метанаблюдателя («по-

нять замысел Создателя»), 3. Принцип предыстории (восприятие «сейчас» в контексте «раньше»), 4. Принцип единообразия восприятия (части как элемента), 5. Принцип интерактивности («диалоговости») образа [168]. По мнению автора настоящего исследования, соблюдение указанных принципов инфографии позволяет получить адекватное описание тройственного характера любой смысловой ситуации (треугольник Фреге) на любом носителе.

Вызывает не меньший интерес работа Чулкова В.О., Казаряна Р.Р., Лёвина Б.А. по строительной антропотехнике – области научных изысканий, которая рассматривается как компонент системотехники строительства и представляет из себя результат философских и методологических исследований системы «человек-техника-среда» [181]. Акцентируя внимание на актуальности и значимости гармонизации системы «человек-техника-среда», в данной работе фактически постулируется актуальность и значимость природоподобных технологических решений при осуществлении любой строительной деятельности.

В трудах данных исследователей выявлены актуальные проблемы современного строительства, в частности: проблема концептуализации предметной области строительства, проблема создания интегральной базовой информационной модели системы поддержки принятия решений (в форме АСУС), проблема интеграции централизованной и децентрализованной стратегий управления (обозначенных как проблема перехода от центростремительных к центробежным топологиям производственных структур), проблема инфографического (информационного) моделирования жизненного цикла строительного проекта и других значимых аспектов строительной деятельности. Помимо перечисленных, перспективность системотехнического подхода в строительстве характеризуется постановкой следующих проблем: проблемы способного к качественному и количественному слепообразованию метанаблюдателя, находящегося вне сети информационных потоков; проблемы универсального описания разнокачественных системных представлений на языке физически измеримых величин (сформулированной в терминах проблемы метрологической несостоятельности). При этом отмечается фундаментальность

строительной деятельности как результата всех созидательных усилий человека.

К сожалению, до настоящего времени, несмотря на очевидные успехи, аксиоматическое ядро системотехники строительства в полной мере не разработано.

2.4. От системного анализа к концептуальному проектированию

Концептуальное научно-техническое направление Никанорова С.П. явилось ответом на проблемы проектирования, создания, освоения и использования компьютерных информационных систем в организационном управлении. Оно возникло как следствие междисциплинарности, сложности и новизны областей, где недисциплинированное и узкодисциплинированное мышление оказывались не эффективными, как следствие осознания развития системотехники, системного анализа, теории систем и системного подхода, наследует некоторые положения диалектической методологии и опыт создания метадисциплин (металогика, метаматематика). Идея концептуальных методов была (и остаётся) оригинальной и заключается в том, что крупномасштабные, сложные, динамично меняющиеся объекты полностью определяются операционально интерпретированными понятийными системами, описывающими предметные области организационного управления такими объектами [139].

Практическая необходимость в концептуальном (качественном) осмыслении той или иной предметной области рано или поздно неизбежно возникает в процессе её естественно-исторического развития, когда эта область выходит на границу своего качественного роста. Неизбежность качественного анализа обусловлена тем фактическим обстоятельством, что предмет количественных методов анализа всегда являются уже сформировавшиеся, множественные, качественно определённые грани исследуемого объекта. В такой ситуации традиционные научно-технические исследования уже не приводят к получению неизвестного ранее нового знания, но проводят классификацию и отбор из множества уже имеющихся количественных результатов.

Теоретико-системные конструкты концептуального анализа, синтеза и проектирования сложных систем являются одновременно и направляющей научный поиск методологией, и инструментарием для оперирования качествами любых объектов в любой предметной области. Концептуальные методы применяются для исследования качественных слабоструктурированных (слабосвязанных) проблем. Результат применения концептуальных методов представляется, как правило, в атрибутивной и операциональной формах.

Практическая значимость концептуальных методов определяется тем, что они являются мощной системной технологией работы с понятиями и свободны от субъективизма исследователя (предубеждения наблюдателя). Идеально определённые понятия называются системными «конструктами» и являются носителями нормативов мышления [55]. Выделение в каком-либо объекте предметной области, которая может быть описана каким-либо системным конструктом, называется её идентификацией. Реализация какого-либо класса систем в предметной области объекта, интересующего субъекта, называется «предметной интерпретацией класса систем» или «моделью».

По мнению Никанорова С.П., должен быть создан и весьма широко использован математический аппарат, ориентированный на исследования нечисловых аспектов предметных областей – кратко: «нечисловая математика». Такая математика оперирует только тремя понятиями: «элемент», «множество», «отношение». Как приближение к числовой математике к этим понятиям могут быть добавлены «число элементов множества», «число отношений между данным числом множеств» и другие. Такой математический аппарат позволит без существенных ограничений определять, анализировать и модифицировать предметные области, содержащие тысячи понятий, находящихся в сложных и динамичных отношениях. Для формального представления концептуальных схем, описывающих аспекты исследуемых предметных областей в рамках методологии концептуального анализа и проектирования систем организационного управления (СОУ) в настоящее время

используются специально разработанные формально-логические средства – математический аппарат Родов структур, в основе которого лежит теория множеств и теория структур Бурбаки Н. Идея использования аппарата Родов структур при проектировании СОУ принадлежит Никанорову С.П. и восходит к концу 60-х – началу 70-х годов [139].

Необходимо отметить, что разработка учебных курсов и учебных пособий по концептуальному мышлению Никанорова С.П. осуществлялась по заданию Центрального научно-исследовательского и проектного института автоматизированных систем в строительстве (ЦНИПИАСС) Госстроя СССР, Центрального научно-исследовательского и проектно-экспериментального института по методологии, организации, экономике и автоматизации проектирования и инженерных изысканий (ЦНИИ проект) Госстроя СССР.

2.5. Тензорная методология проектирования устойчивого развития

Система универсальных $[L^R T^S]$ -величин Бартини, открытая им ещё в 30-х годах и опубликованная в 1965 году в виде таблицы (рис. 2.5.1.), отражает связь пространственных L^R -мер с T^S -мерами времени и выражает все физические величины в $[L^R T^S]$ -мерах (R и S – целые (положительные и отрицательные) числа. $-\infty < R < +\infty$; $-\infty < S < +\infty$).

Кузнецов П.Г. совместно с Бартини Р.О. в 1974 г., продемонстрировали множественность физических и геометрических описаний мира, тем самым доказав связь между физикой и геометрией посредством универсальных величин пространства (L) и времени (T). Эта связь подтвердилась на примерах практически всех известных законов естественных наук, что дало возможность заявить о существовании общих законов природы и построить целостную научную картину мира на основе точного знания. Открытие универсальных свойств системы $L^R T^S$ -величин позволило ввести понятие «инвариант» для описания известных природных закономерностей, а в дальнейшем и тензорное представление всей системы общих законов природы. Любой общий закон природы является инвариантом $[L^R T^S] = \text{const}$ и

действует в пределах качественной области, определяемой RS-размерностью LT-величин. Показатель размерности, таким образом, определяет границы той или иной качественной области и математически описывает качественное разнообразие мира. В границах качественной области все изменения носят исключительно количественный характер. Известные в науке законы сохранения есть законы сохранения качества.

		-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
T^{-6}								$L^3 T^{-6}$	$L^4 T^{-6}$	Изменение мощности	Скорость передачи мощности	0
T^{-5}	-9						Изменение давления	Поверхностная мощность	Скорость изменения силы	Мощность	Скорость передачи энергии	1
T^{-4}	-8					Изменение плотности тока	Давление	Угловое ускорение массы	Сила	Момент силы Энергия	Скорость передачи действия	2
T^{-3}	-7				Изменение углового ускорения	Плотность тока	Напряженность эл-маг. поля Градиент	Ток Массовый расход	Скорость изменения заряда Импульс	Момент количества движения Действие	Момент действия	3
T^{-2}	-6			Изменение объемной плотности	Массовая плотность Угловое ускорение	Ускорение	Разность потенциалов	Масса Количество магнетизма Количество электричества	Магнитный момент	Момент инерции		4
T^{-1}	-5		$L^{-2} T^{-1}$	$L^{-1} T^{-1}$	Частота	Скорость	Объемность 2-х мерная	Расход объемный	Скорость смещения объема			5
T^0	-4	$L^{-3} T^0$	$L^{-2} T^0$	Изменение проводимости	Безразмерные константы	Длина Емкость Самоиנדукция	Поверхность	Объем пространственный				6
T^1	-3	$L^{-3} T^1$	Изменение магнитной проницаемости	Проводимость	Период	Длительность расстояния	$L^2 T^1$					7
T^2	-2	$L^{-3} T^2$	Магнитная проницаемость	$L^{-1} T^2$	Поверхность времени	$L T^2$						8
T^3	-1	$L^{-3} T^3$	$L^{-2} T^3$	$L^{-1} T^3$	Объем времени							9
T^4		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Рис. 2.5.1. Система пространственно-временных величин [106]

Таблица LT-размерностей объединяет математику, физику и философию в единую конструкцию. Было установлено, что объекты идеального мира научных абстракций неразрывно связаны с объектами материального мира. Тем самым устранялось противоречие между естественнонаучными и гуманитарными дисциплинами, между математическим и естественным языком описания объекта. Входящие в таблицу, физически измеримые $[L^R T^S]$ -величины составляют терминологический словарь всей прикладной математики [105].

2.6. Формирование факторов концептуального моделирования системы управления крупномасштабными строительными проектами

При создании любого строительного объекта изначально определяющими являются природные физические факторы – пространство, время, энергия. Правильное строительство – это строительство, которое осуществляется в правильном месте, в правильное время и не разрушает окружающую среду. Правильный подход предполагает использование природоподобных технологических решений в процессе всего жизненного цикла (проектирования, строительства, эксплуатации и утилизации) объекта строительства. Несоблюдение этого принципа приводит к серьёзным экологическим, социальным и демографическим проблемам. Поэтому необходимо современное понимание концептуальной сути природных физических факторов (пространство, время, энергия), изначально и существенно влияющих на любое строительство [189].

Пространство. В начале 1970-х годов российские исследователи Гончаров Н.Ф., Макаров В.А., Морозов В.С. весьма убедительно обосновали гипотезу кристаллического ядра Земли (ИДСЗ), структурные особенности которого определяют ход планетарных процессов. Силовое поле кристаллического ядра формирует икосаэдро-додекаэдрическую структуру земной коры, представляющую собой проекции вписанных в земной шар правильных многогранников: икосаэдра (20-гранника) и додекаэдра (12-гранника). Специфические свойства 62 узловых точек геокристалла (вершин и середин рёбер его структуры) позволяют объяснить многие аномальные явления на земной поверхности. В узловых точках располагаются очаги древнейших культур и цивилизаций: Перу, Северная Монголия, Гаити, Обская культура и другие. В этих точках наблюдаются максимумы и минимумы атмосферного давления, гигантские завихрения Мирового океана. Многие залежи полезных ископаемых тянутся вдоль икосаэдро-додекаэдровой сетки. Исследования показали, что с обнаруженной икосаэдро-додекаэдрической моделью коррелируют многие глобальные географические, геологические, геофизические и биологические структуры и процессы нашей планеты. Симметрии растущего геокристалла

наряду с внутренними оболочками планеты подчинены также гидросфера, атмосфера и магнитосфера. То есть растущий геокристалл создает энергетический каркас Земли. Получившуюся картину глобальной сети учёные других стран называют сегодня «Русской сеткой» [59, 60].

Существенной частью гипотезы ИДСЗ является механизм перемещения вещества Планеты. Замечено, что вещество Планеты перемещается от элементов каркаса растяжения (рёбра и узлы додекаэдра) в направлении элементов каркаса сжатия (рёбра и узлы икосаэдра), то есть от центров треугольных граней икосаэдра к их вершинам. Исследование динамики функционирования элементов силового каркаса Земли позволяет более точно разобраться в процессах взаимодействия различных сфер Земли и, в конечном счёте, в их временной организации. Наблюдается определённая корреляция «гибельных» (так называемых «геопатогенных зон») планеты с координатной сеткой Земли.

К описанию физических свойств кристаллов в настоящее время применимы математические методы тензорного анализа и теории групп.

Время. Проявление регулярности любых событий сказывается не только в пространстве, но и во времени. Цикличность присуща живым и неживым природным объектам, что является всеобщей природной закономерностью. Основные положения теории циклической динамики социальных и природных процессов получили своё начало в основополагающих трудах Чижевского А.Л., Кондратьева Н.Д., Сорокина П.А., Шпенглера О., Шумпетера И., Тойнби А., Вернадского В.И., Пригожина И.Р. и его школы и др.

Своё современное развитие теория циклической динамики получила в гипотезе природоподобного социального развития российского физика Олега Викторовича Доброчеева – гипотезе социальной турбулентности, которая прошла период эмпирических изысканий и может служить для практического применения. Доброчеев О.В. на большом фактическом материале показал, что развитие во времени природных и общественных систем характеризуется поразительно одинаковыми ритмами политических, социальных, экономических и физических процессов. В частности,

многие социально-экономические явления подчиняются тем же статистическим закономерностям, что и процессы турбулентности, солнечной активности и др. Выявленные закономерности позволяют достаточно точно прогнозировать варианты будущего развития любых социально-экономических и технических проектов. Даже если человек не может повлиять на ход уже начавшегося процесса, то выбрать точку начала отсчёта проектируемого процесса в его силах. Определение такой пространственно-временной точки отсчёта (точки начала проекта) очень важно при создании сложных систем большого масштаба. В этом обстоятельстве и заключается важный прикладной аспект прогностических исследований Доброчеева О.В. [81].

Самая краткая суть гипотезы Доброчеева О.В. заключается в существовании статистического подобия пространственно-временных изменений, происходящих в природной и социальной средах. Формальное содержание имеет следующий вид.

На длительных временных интервалах и больших пространствах, изменение энергетического состояния социума имеет явно выраженный колебательный характер и достаточно строго описываются уточнённым Доброчеевым О.В. уравнением Колмогорова А.Н., описывающим связь колебаний энергии социума (E), его пространственные размеры (l или $S = l^2$), а также мощность процессов его жизнедеятельности (W) вместе с некой мерой динамической неустойчивости социального процесса (De):

$$E \sim C (1 + De)^2 W^{2/3} S^{1/3}, \quad (2.6.1)$$

где: C – эмпирический коэффициент.

Фактически, гипотеза социальной турбулентности уточняет уравнение Колмогорова А.Н. в случае приближения размеров энергетических флуктуаций в социуме к границам занимаемой социумом территории:

$$De \rightarrow -1, \quad (2.6.2)$$

В указанном интервале в сплошных средах образуются самоподобные (сотовые) структуры, обладающие динамической устойчивостью.

Таким образом, если подходить к социально-экономическим данным как к результатам своего рода природного эксперимента над единой, в сущности, общественно-природной средой, то есть как к данным, содержащим сведения о реакции социальной системы на изменение внешних и внутренних условий, то современными средствами статистической физики можно извлечь из них объективные сведения о периодах наиболее мощных повторяющихся процессов и другие подробности о динамических закономерностях развития общества. Следовательно, естественно-научная гипотеза природоподобного социального развития – гипотеза социальной турбулентности Доброчеева О.В. – может служить для физико-математического описания Времени как одного из параметрических инвариантов при построении искомой концептуальной модели исследуемой предметной области [81].

Энергия. Проблема потребления энергии всегда занимала и продолжает занимать исключительно важное место среди всех научно-технических проблем строительства, ибо энергия – это источник жизни в прямом и переносном смысле. Складывающаяся экологическая ситуация требует объективной оценки ресурсных возможностей возобновляемых источников природной энергии. Исследователи Твайделл Дж. и Уэйр А. провели научно обоснованный анализ реального потенциала солнечной энергии, тепловой энергии недр, энергии приливов. Предположительно, для достаточно комфортных условий жизни каждому человеку необходимо в среднем 2 кВт энергии. Различные современные источники возобновляемой природной энергии способны обеспечить получение в среднем 500 Вт энергии с одного квадратного метра поверхности планеты. Так как средний показатель эффективности преобразования полученной таким образом энергии в удобную для использования форму составляет 4%, то для обеспечения необходимого уровня энергопотребления в 2 кВт требуется площадь поверхности планеты 100 кв. метров. При средней плотности городского населения (с учётом пригородов) в 500 человек на 1 кв. километр, для обеспечения необходимого уровня энергопотребления достаточно 5% городской территории [170].

Основными источниками возобновляемой природной энергии в настоящее

время являются: аккумуляция энергии солнечного излучения, гидроэнергетика, ветроэнергетика, фотосинтез, биотопливо, энергия волн (приливов и отливов), преобразование тепловой энергии океана, геотермальная энергия. Таким образом, возобновляемые природные источники энергии потенциально вполне могут обеспечить достаточные условия комфортной жизни, если будут созданы удовлетворительные по стоимости технические решения по преобразованию этой энергии. Данный тезис соответствует пророческим представлениям русских учёных Подолинского С.А, Циолковского К.Э., Вернадского В.И., Ощепкова П.К., Гвая И.И. о круговороте энергии в природе. Однако, до получения корректных технических решений данной проблемы можно говорить лишь о прогнозировании энергопотребления строительных объектов. Опариной Л.А. предложен интегральный показатель энергоэффективности, который позволяет рассчитывать потребление энергетических ресурсов в течение всего жизненного цикла строительного объекта:

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_{\text{баз}}}{I_{\text{жц}}}, \quad (2.6.3)$$

где $I_{\text{жц}}$ – расходы энергетических ресурсов в течение жизненного цикла здания;

$I_{\text{баз}}$ – расходы энергетических ресурсов в течение жизненного цикла по базовому (или наилучшему из альтернативных) варианту.

Расходы энергоресурсов в течение жизненного цикла здания представляют собой энергоёмкость жизненного цикла здания и могут быть выражены как в натуральных (т.у.т.), так и в стоимостных единицах измерения:

$$I_{\text{жц}} = \sum_{j=1}^s a_j \quad (2.6.4)$$

где a_j – расходы энергетических ресурсов в течение жизненного цикла здания;

$j = 1, \dots, s$ – стадии жизненного цикла здания.

После расчёта энергопотребление соотносится с базовым или нормативным или наилучшим вариантом и таким образом, формируется интегральный показатель энергоэффективности, направленный на снижение затрат энергоресурсов на всех стадиях жизненного цикла здания [144].

2.7. Методология управления

В качестве методологии управления в рамках диссертационного исследования автора принят системно-мыследеятельностный подход (СМД-подход) Щедровицкого Г.П., который отстаивал идею приоритета деятельностного подхода над натуралистическим как в гносеологическом так и в онтологическом планах и разрабатывал идею первичности методологии в человеческой жизнедеятельности. В развитие и социально-практическое воплощение своих философско-методологических идей Щедровицкий Г.П. предложил новую форму организации коллективных мышления и деятельности – организационно-деятельностные игры (ОДИ), соединяющие в себе свойства учебно-деловых игр и интеллектуального методологического дискурса [185, 186]. Модель ОДИ является результатом работы по теме «Техника решения сложных проблем и задач в условиях неполной информации и коллективного мышледействия», которая была начата в мае 1979 года в рамках методологической концепции. В соответствии с указанной темой с июля 1979 года стали проводиться первые практические ОДИ. По сути, модель ОДИ является прикладным социально-психологическим результатом применения системно-мыследеятельностной (СМД) методологии в проблемных областях организации, руководства, управления – это новая модель организации коллективной мышледеятельности. Если исходить из представления об игре как дискретном образовании, то всего было проведено около тысячи таких игр. Для целей настоящего исследования принципиально значимой является позиция Щедровицкого Г.П. о возможности рассмотрения даже такого большого множества дискретных игр как одной большой игры. Каждая игра является уникальным и неповторимым социально-психологическим событием и в силу этой своей специфики может быть частью более общего сценария организации, руководства и управления крупномасштабными строительными проектами. ОДИ не являются деловыми играми, поскольку они не учебные и не обучающие. ОДИ – это игровая организация коллективной мышледеятельности и метод решения сложных комплексных проблем. Под проблемой, в противоположность задаче, понимается то, что не имеет в настоящий момент способа решения. В

практике осуществления крупных строительных проектов часто возникают такие сложные проблемные ситуации, которые не могут быть отчетливо сформулированы, превращены в рациональные задачи, каждая из которых решалась бы одним человеком. Такие сложные проблемы требуют принятия коллективных решений. Щедровицкий Г.П. определил управленческую деятельность как деятельность над деятельностью – тем самым указав на неизбежную инвариантность человеческого фактора (в форме коллективной мыследеятельности принимающих решения лиц) и системный характер любого управления [185, 186]. Присуждение в 2017 году Нобелевской премии по экономике американскому профессору Ричарду Талеру за исследование влияния психологии человека на принятие экономических решений подтверждает значимость человеческого фактора в любой системе принятия решений.

2.8. Социокибернетика

Важной отличительной чертой Автоматизированной системы управления (АСУ) является непосредственное участие человека в процессе управления, в отличие от Системы автоматического управления (САУ), в которой управление полностью осуществляется техническими средствами, без непосредственного включения человека в контур системы. Качество управления в любой АСУ определяется целеполаганием и функциональными возможностями человека. Только человек формирует и корректирует критерии и цели управления, а также осуществляет отбор допустимых вариантов решений и оценку их эффективности. В настоящее время совершенно очевидно, что проблему проектирования и внедрения АСУ невозможно рассматривать лишь как узконаправленную задачу применения вычислительной техники. Сведение проектирования АСУ только к оснащению управленческого аппарата вычислительной техникой и созданию системы информационного обслуживания является недостаточным. Накопленный опыт разработки АСУ хорошо иллюстрирует неэффективность узкотехнического подхода к созданию

сложных человеко-машинных систем. В силу указанных причин, создание современной организационно-технической системы управления предполагает такой вариант системотехнического взаимодействия «человек-компьютер», в котором основное внимание уделено не машинным компонентам, а человеческой деятельности, её социальным и психологическим аспектам.

Опираясь на общую теорию систем и методологию системного анализа, немецкий социолог Никлас Луман (1927 – 1998) представил человеческое общество как систему коммуникации, основанную на согласовании взаимных ожиданий участников этого процесса. Любое социальное действие – лишь моментальный конденсат коммуникации. Это означает, что акт коммуникации является единственным достоверно существующим социальным фактом и должен быть положен в основу описания любых социальных феноменов. С учётом первичности процессов коммуникации, любое общество представляет из себя закрытую операционную систему коммуникации. Именно процессы коммуникации определяют границы и характер функционирования той или иной социальной системы. Теория социальной коммуникации Никласа Лумана обладает широкими объяснительными возможностями, подтверждёнными эволюционно-коммуникативной теорией и эмпирическими материалами [115, 116, 117].

Теория информационных барьеров Глушкова В.М. органически дополняет теоретические представления Никласа Лумана о понимании любой социальной системы как системы коммуникации. Результат синтеза этих теорий в последнее время стали называть «социокибернетикой», понимая под этим определением собственно науку социологию как системологию социальных систем, базирующуюся на методологическом основании кибернетики, последних общенаучных и математических достижениях современной безбумажной информатики. Социокибернетика рассматривается как социологическая теория информационного общества, вобравшая в себя все научно-технические достижения грядущего технологического уклада [58]. С точки зрения социокибернетики, процесс взаимодействия в социуме осуществляется не между его обособленными индивидами, а между отдельными

системами коммуникации социальных групп. Только коммуникативные системы способны взаимодействовать друг с другом. Процедура реализации личного интереса посредством традиционной схемы «отправитель-сообщение-получатель» становится неэффективной, так как основана на индивидуалистическом понимании рациональности и объектно-ориентированного поведения в социуме. Всё сказанное в равной степени относится и к коллективу управленцев, единственным достоверным фактом существования которых является их коммуникация в процессе коллективной мыследеятельности. Сочетание социальных и технических элементов в рамках организационно-технической системы управления предопределяет необходимость и возможность оптимального взаимодействия коммуникации принимающих решения лиц с коммуникацией соответствующей технической системы поддержки принятия решений. Из сказанного следует, что камнем преткновения и основным источником возникающих при внедрении современных АСУС проблем является недооценка значимости достижения порога второго информационного барьера до начала процесса преодоления третьего информационного барьера – такая непоследовательность аналогична попытке поступить в высшее учебное заведение сразу из дошкольного учреждения (минуя среднюю школу). Достижение порога второго информационного барьера формирует осознанное и ясное понимание необходимости комплексной автоматизации управленческого труда. Без такого понимания все попытки внедрения АСУС воспринимаются как вынужденная обременительная процедура, лишь отнимающая дефицитные ресурсы предприятия.

Порог первого информационного барьера определяется психофизиологическими особенностями конкретной личности в процессе обучения. Порог второго информационного барьера достигается в процессе правильно организованной коллективной мыследеятельности принимающих решения лиц. Порог третьего информационного барьера детерминирован соответствующим уровнем развития науки, техники и технологий. В настоящее время уже используются искусственные нейронные сети и человечество стоит на пороге создания квантового компьютера с поистине неограниченными возможностями.

Из вышеизложенного со всей очевидностью следует вывод о том, что наиболее перспективные возможности в решении сложных системных задач управления достигаются после преодоления порога третьего информационного барьера – постольку оптимально организованное системотехническое взаимодействие «человек – компьютер» представляет собой наилучшее средство для решения задач управления крупномасштабным строительством в целом. В силу достигнутого системного уровня эпистемологического понимания процессов управления в строительстве можно уверенно утверждать, что потенциальные возможности организационно-технической системы управления максимальны в задачах, которые рассматриваются как социкибернетические.

2.9. Современные информационные технологии

Цифровые технологии, основанные на аппаратном и программном обеспечении и сетях, не являются новшеством, но становятся всё более усовершенствованными и интегрированными, вызывая трансформацию всех сфер жизнедеятельности общества. Перспективы их применения при автоматизации управления строительством детерминированы всё увеличивающимися масштабами и сложностью строительных проектов и предполагает адекватное понимание сути и возможностей этих технологий, краткий обзор уже имеющихся прецедентов их использования, оценку технических возможностей применения цифровых технологий в строительной индустрии сквозь призму имеющихся в отрасли проблем [26, 71].

Технология «Интернет вещей». Термин «Интернет вещей» впервые был предложен в 1999 году Кевином Эштоном, который использовал радиочастотные метки в системе управления логистикой потребительских товаров компании Procter & Gamble. В настоящее время, Интернет вещей (англ. Internet of Things, IoT) – это множество вещественных объектов, оснащённых встроенными датчиками и специальным программным обеспечением для информационного взаимодействия друг с другом или с внешней средой, объединённых в единую сеть. Под «вещами» в дан-

ном случае буквально понимаются любые физические существующие вещи, каждая из которых обладает уникальным идентификационным номером и IP-адресом. Связь между объектами может быть проводной или беспроводной. Важно различать физические объекты (например, бумажная книга) и цифровые объекты (например, электронная книга и видеофайл MP4). Электронная книга и видеофайл MP4 изначально состоят из цифрового кода, а не из какого-то физического вещества. Физическим объектам можно лишь приписывать индивидуальные электронные метки. Таким образом, действующая модель IoT представляет из себе единую групповую или многоточечную конфигурацию физически существующих вещественных объектов, которые обмениваются данными в реальном времени посредством современного программного обеспечения. При этом широкое распространение получили облачные IT-технологии. Дальнейшее развитие IoT имеет поистине безграничные перспективы [16, 140]. В обыденном сознании понятия «Всемирная паутина» (World Wide Web, или «WWW») и «Интернет» (IoT, или «Сеть») тождественны. Однако, это не так. Интернет – это всемирная сеть объединённых в единую систему цифровых устройств, предназначенная для хранения и обмена данными, не более того. Информационное взаимодействие между включёнными в Сеть цифровыми устройствами осуществляется на базе стека протоколов TCP/IP. Всемирная паутина – это распределённая информационная система, ресурсы которой хранятся на подключённых к Интернету специализированных серверах, доступ к которым в удобном графическом или текстовом виде обеспечивается с помощью стандартной разметки HTML-языка (Hyper Text Mark up Language – «язык разметки гипертекста»). HTML-файлы (веб-страницы) являются типовым информационным ресурсом Всемирной паутины. Разработанные консорциумом W3C стандарты текстовых документов получились ясными и понятными, а три технических решения – система уникальной адресации URL/URI, язык HTML и протокол HTTP – обеспечили успешную работу Всемирной паутины. В силу указанных смысловых различий, термин «Интернет вещей» следовало бы заменить более точным термином

«Паутина вещей» (Web of Things, WoT), который точнее выражает суть IoT. Однако, дело не только в терминологической путанице. На практике оказалось, что в техническом отношении задача стандартизации информационного взаимодействия между вещами намного сложнее задачи стандартизации обмена текстовыми сообщениями между цифровыми устройствами. В настоящее время интенсивные разработки WoT осуществляются во всём мире. В консорциуме W3C создано самостоятельное структурное подразделение Web of Things Interest Group [159].

В области строительства наиболее известными практическими приложениями IoT являются «умные» дома, в специально отведённых местах которых устанавливаются электронные датчики для сбора данных о движении, количестве тепла, света, влажности и использовании пространства. Измерения могут включать в себя определение присутствия человека. Зондирование и приведение в действие датчиков в умных домах всё чаще совершаются посредством беспроводных сетей. Популяция датчиков формирует «Интрасеть вещей», которая может быть подключена к Интернету. Кроме того, выходы подсистемы, такие как насосы, клапаны, нагреватели и освещение, можно регулировать дистанционно через местное управление интрасети. Типичное коммерческое здание может подключить несколько тысяч устройств мониторинга и приведения в действие, чтобы обеспечить большой поток интерпретируемых данных.

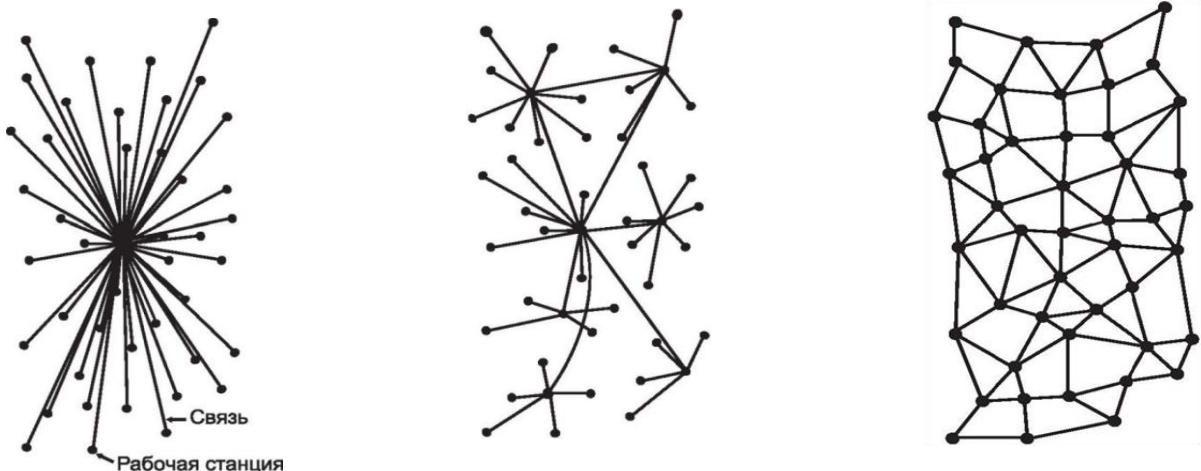
На основе полученных данных Автоматизированная система управления и диспетчеризации BMS (Building Management System) позволяет объединить все инженерные системы объекта в единый комплекс с осуществлением полноценного контроля за зданием в целом. Установка множества чувствительных датчиков и зон контроля, в сочетании с высокой производительностью BMS, предоставляет широкие возможности для улучшения комфорта жильцов и минимизации эксплуатационных расходов.

Информация, полученная от датчиков здания, в режиме реального времени может быть включена в информационную модель здания посредством технологии BIM (Building Information Modelling) – иногда это описывается как BIM 3-го

уровня. Подключенные датчики покажут, как жильцы на самом деле используют пространство и энергию на протяжении всего периода эксплуатации здания и соответствует ли это первоначальным намерениям архитектора. Этот уровень подробной информации позволит архитекторам оптимизировать процесс проектирования конкретного объекта в соответствии с реальными условиями использования пространства и энергии на шкале времени.

Технология «Распределённый реестр». Впервые в истории достижимость децентрализованного консенсуса (задача византийских генералов) между участниками различных игр стала возможной благодаря новой информационной технологии с названием blockchain (цепочка блоков). Это база данных с многократным обязательным дублированием всех транзакций в компьютерной информационной сети (Сети). При формировании такой базы данных используется алгоритм согласования (proof-of-work), предотвращающий проблему двойных расходов (double-spending) в Сети. Под двойными расходами понимается угроза любого мошенничества в Сети [152].

Технология blockchain впервые позволила создавать надёжные децентрализованные приложения. Отличительные особенности структуры децентрализованного приложения иллюстрируются следующим рисунком, на котором изображены три разных модели программных приложений:



Централизованное (А) Децентрализованное (В) Распределённое (С)

Рис. 2.9.1. Отличительные особенности структуры децентрализованного приложения [159]

В централизованной модели все информационные потоки протекают через единый центр, работоспособность которого определяет эффективность функционирования системы в целом. Централизованная модель реализована в интернет-проектах Facebook, Amazon, Google и многих других. В децентрализованной модели отсутствуют узлы, управляющие работой других узлов. В распределённой модели информационные потоки распределяются между несколькими узлами. Программное приложение может быть одновременно централизованным и распределённым, а также может быть одновременно распределённым и децентрализованным. В случае повреждения и выхода из строя части Сети, вся Сеть в целом продолжает функционировать в нормальном режиме.

Программные приложения, способные достигать децентрализованного консенсуса без использования центрального сервера, являются настоящим «золотом цифрового мира» в связи с открывающимися перспективами их использования в системах управления. Эти перспективы базируются на трёх основных свойствах любого децентрализованного приложения: открытости исходного кода, децентрализованном консенсусе, отсутствии центральной точки отказа.

При реализации крупномасштабных строительных проектов возможность алгоритмического достижения децентрализованного консенсуса между участниками проекта посредством заключения смарт-контрактов имеет поистине революционное значение. В децентрализованной распределённой модели без желания участников сделок никакая третья сторона не может ни помешать им, ни навязать свои услуги, ни заблокировать или конфисковать чужие средства. Это система без единой точки отказа, через которую можно было бы управлять ею в обход желания ее пользователей. Правильная работа такой системы гарантируется математикой и криптографией, а не субъективными предубеждениями её участников. Распределённый реестр позволяет заключать смарт-контракты, которые не могут не выполняться, и использовать при осуществлении транзакций мульти-подписи.

Апробированной договорной базой при оформлении смарт-контрактов в области строительства могут являться типовые разработки (проформы) контрактной

документации на строительные работы, разрабатываемые Международной федерацией инженеров-консультантов (ФИДИК – FIDIC). Наиболее популярные документальные разработки ФИДИК представлены в таблице 2.9.1.

Табл. 2.9.1. Типовые разработки (проформы) контрактов FIDIC на строительство.

Виды контрактов	Применение
«Красная книга» («Red Book»)	Условия контракта на сооружение объектов гражданского строительства («Conditions of Contract for Works in Civil Engineering Construction»). Рекомендуются при проведении строительных или инженерных работ, спроектированных заказчиком или его представителем, инженером. В рамках обычного контракта такого типа подрядчик осуществляет все работы в соответствии с проектом, разработанным заказчиком. Однако объем работ может предусматривать и элементы инженерно-инфраструктурных, механических, электрических и/или строительных работ, спроектированных подрядчиком.
«Зелёная книга» («Green Book»)	Условия субдоговора на сооружение объектов гражданского строительства («Short Form of Contract 1st Ed»). Рекомендуется для привлечения субподрядчиков генеральными подрядчиками, у которых основной объём работ закреплён по проформе FIDIC.
«Белая книга» («White Book»)	Типовой договор между заказчиком и консультантом на оказание услуг («Client/ Consultant Model Services Agreement»). Договор исключительно на консалтинг. Важно не использовать эту проформу, например, для проектирования, т.к. для проектирования предусмотрена Жёлтая книга.
«Оранжевая книга» («Orange Book»)	Условия контракта на проектирование, строительство и сдачу объектов «под ключ» («Conditions of Contract for Design-Build and Turnkey»). Могут применяться при сооружении «под ключ» полностью оборудованного и готового к эксплуатации завода, электростанции, объекта инфраструктуры или другого аналогичного объекта, где, во-первых, важна точность оценки конечной стоимости объекта и сроков его выполнения; и, во-вторых, подрядчик несет всю полноту ответственности за разработку проекта и осуществление работ с минимальным участием заказчика.
«Жёлтая книга» («Yellow Book»)	Условия контракта на электромонтажные работы и работы по монтажу механического оборудования («Conditions of contract for Electrical and Mechanical Works»). Рекомендуются

	<p>ется при поставке и монтаже электрического и/или механического оборудования, а также при разработке проекта и выполнении строительных или инженерных работ. В рамках обычного контракта такого типа подрядчик разрабатывает проект и, в соответствии с требованиями заказчика, осуществляет монтаж оборудования и/или другие виды работ, которые могут включать любую комбинацию инженерно-инфраструктурных, механических, электрических и/или строительных работ.</p>
<p>«Серебряная книга» («Silver book»)</p>	<p>Условия контракта для проектов типа ИПС и проектов, выполняемых «под ключ» («Condition for Contract for EPC Turnkey, First Edition 1999»). Предназначена не только для проектов ИПС, выполняемых в рамках более крупных проектов типа «построй-эксплуатируй-передай» (BOT «Build-Operate-Transfer») или аналогичных, но и для иных проектов (например, проектов по выполнению электромонтажных работ и работ по монтажу механического оборудования, а также прочих проектов, предусматривающих поставки и монтаж технологического оборудования, реализующихся в различных странах различными заказчиками, включая проекты, выполняющиеся государственными министерствами или частными девелоперами, в которых заказчики заинтересованы в выполнении работ «под ключ» по фиксированной цене одним подрядчиком). В рамках обычного контракта такого типа подрядчик осуществляет проектирование, поставки и все виды строительных и инженерных работ, сдавая полностью оборудованный объект, готовый к эксплуатации («под ключ»).</p>
<p>Структура контрактов</p>	
<p>Оферта Акцепт Договор подряда Общие условия Особые условия Приложения и графики</p>	

2.10. Логика управления проектами

Современное представление об Управлении проектами сформировалась во второй половине XX столетия. В контексте настоящего исследования, Управление проектами понимается как методология междисциплинарной коммуникации принимающих решения лиц в процессе реализации крупномасштабных проектов строительства. Исходная проблемная ситуация заключалась в том, что при отсутствии специальных понятийных средств и процедур идентификации участники крупномасштабного строительства начинали изъясняться на разных «языках», что препятствовало общеобязательной производственной кооперации и в конечном счёте приводило к потере управляемости в рамках проекта в целом.

Инструментарий Управления проектами позволяет преодолеть профессиональную разобщённость участников строительства. Разработанный до настоящего времени понятийный аппарат представляет собой концептуально обоснованную и конструктивно выверенную унифицированную процедуру принятия и реализации управленческих решений любого уровня ответственности, что позволяет конкретизировать задачи разработчикам программного обеспечения любой самой сложной организационно-технической системы управления любого крупномасштабного строительного проекта [54].

В Российской Федерации проектная деятельность регулируется на федеральном уровне. Значительный объём работы по стандартизации принципов и правил управления проектами был выполнен в Соединенных Штатах. Королевский институт строительства Великобритании опубликовал свою первую работу по данному предмету в 1979 году. В международной практике Управление проектами определяется как «общее планирование, координацию и контроль реализации проекта от его начала и до завершения с целью удовлетворения требований Заказчика и обеспечения осуществимости проекта с функциональной и экономической точек зрения, а также завершения строительства в заданный срок, в рамках утверждённой сметы и в соответствии с установленными стандартами качества» [187, 194, 195].

Полнота, логическая корректность и точность понятийного аппарата «Свода правил управления проектами строительства и развития» (PMI PMBoK® 7th Edition, 2021) позволяет использовать его в качестве унифицированной системы базовых понятий в области управления любыми строительными проектами [156]. По мнению автора, в российской строиндустрии назрела необходимость аналогичной разработки отечественного программного продукта для использования в РФ в рамках процессов импортзамещения.

Большая работа по изучению и обобщению отечественного и зарубежного опыта управления проектами в современных условиях выполнена коллективом российских исследователей Павловым А.С., Гинзбургом А.В., Гусаковой Е.А., Каганом П.Б. [172], которые пришли к выводу о том, что методология управления проектами является мощным средством достижения запланированных технико-экономических показателей крупномасштабного строительства. В рамках системотехники строительства, основы которой заложены академиком Гусаковым А.А., предложено рассматривать управление полным жизненным циклом строительства как единый многогранный процесс с автоматизированной поддержкой, начиная с инвестиционного замысла и заканчивая выводом из эксплуатации.

Выводы по главе 2

1. Разработка организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством возможна лишь в междисциплинарном смысловом поле, предполагающем использование многих методических идей и научных дисциплин, только в совокупности удовлетворяющих условиям методической полноты настоящего исследования, соответствующих характеру и уровню сложности исследуемой предметной области.

2. Непротиворечивый синтез основных научных и теоретических подходов в области междисциплинарного исследования сложных систем даёт основания утверждать, что рассмотренные методические идеи и процесс моделирования сложных систем представляют собой различные формы инвариантного описания

будущих изменений реальности в соответствии с законами её устойчивого развития. Инвариант моделирования – это то, что соответствует сущности исследуемой предметной области и сохраняется независимо от происходящих изменений и точки зрения наблюдателя. Противоречие между естественным и математическим языками устраняется посредством использования общесистемного понятия «тензор», обозначающего неизменную сущность моделируемой системы в виде измеряемых физических величин. С синергетической точки зрения, выделенные инварианты являются параметрами порядка, подчиняющими себе образование структуры и протекание процессов системы.

3. Метод инвариантного описания исследуемой предметной области формирует междисциплинарное смысловое поле общесистемных понятий, позволяющее интерпретировать выделенные в предыдущей главе сущностно значимые системообразующие факторы создания организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством как некие инвариантные (неизменно действующие, неизменно проявляющие своё влияние) объекты и, соответственно, описать исследуемую предметную область с помощью небольшого числа универсальных показателей различной размерности.

ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

3.1. Атрибутивное представление системы управления крупномасштабными строительными проектами

Суждение об адекватности системы управления крупномасштабными строительными проектами может быть сформировано исходя из кибернетического «закона единства информации и управления» [130] и с учётом реального состояния исследуемой предметной области. Закон устанавливает связь между категориями управления и информации – соответственно, адекватной концептуальной моделью системы управления может считаться такая модель, которая эту связь отражает.

Предметная область настоящего исследования задана как «концептуальное моделирование организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла». Границы предметной области определены границами информационного поля полного множества действующей нормативно-технической документации касательно вопросов регулирования организации и управления в строительстве. В основе концептуальной модели предметной области лежит система сущностных понятий, определяющая качественные аспекты этой области. Выделенные в предыдущей части исследования инварианты концептуального моделирования позволяют определить теоретико-системное полагание предметной области управления строительством (замысел моделирования) и атрибутивное представление аксиоматического ядра концептуальной модели в виде соответствующих конструктов. Замысел моделирования заключается в оптимизации всех информационных потоков системы управления строительством на основе природоподобной модели в соответствии с критерием целостности. Атрибутивное представление концептуальной модели есть её представление в терминах эмпирически определяемых признаков, которым присваиваются имена. Атрибутивное представление модели должно быть максимально

простым, но при этом описывать качественные свойства явления и допускать визуализацию основных поведенческих решений. Операциональное представление концептуальной модели строится на основе её атрибутивного описания. Операциональное представление концептуальной модели есть представление алгоритма её инженерно-математического расчёта и проектирования. Концептуальная модель содержит математическое описание механизма оптимизации системотехнического взаимодействия коммуникации людей и коммуникации компьютеров, математическое описание механизма совместного использования стратегий централизованного (интернет вещей) и децентрализованного (распределённый реестр) управления в рамках интегрирующей цифровой (вычислительной) платформы, а также методику контроля трансляции целостности проектируемой системы.

Построить концептуальную модель организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла – это значит: определить набор системных инвариантов, обозначить последовательность их практической реализации и теоретического рассмотрения, указать структуру их взаимоотношений (в форме графоаналитического описания) и задать совокупность соответствующих каждому инварианту информационных операторов, позволяющих рассчитывать состояние системы на основе исходных данных. Поведение системы есть последовательность её состояний.

Ретроспективный анализ основных исторически обусловленных проектно-управленческих подходов к решению проблемы позволил выделить сущностно значимые факторы концептуального моделирования организационно-технических систем управления объектами крупномасштабного строительства на протяжении полного жизненного цикла в междисциплинарном смысловом поле в соответствии с прогнозными характеристиками грядущего технологического уклада. Синтез основных методологических идей предопределил качественное переосмысление существующих подходов. Результатом такого переосмысления является наличие системного изоморфизма процесса синтеза основных методологических идей и про-

цесса концептуального проектирования сложных систем. Обнаруженный изоморфизм носит инвариантный характер и позволяет факторы информационного моделирования организационно-технических систем управления объектами крупномасштабного строительства интерпретировать как «инварианты концептуального моделирования» таких систем. Следовательно, указанные инварианты соответствуют неизменной сущности исследуемой предметной области и определяют её аксиоматическое ядро. Атрибутивное представление информационной модели осуществляется посредством формализации семантики и логики выделенных факторов и позволяет дать полное системотехническое описание исследуемой предметной области. Представим и обозначим соответствующими уникальными именами (символами) следующие инварианты концептуального моделирования.

Ψ (Человек).

Коллективная мыследеятельность – это специально организованное коллективное мышление принимающих решения лиц, обеспечивающее максимальное и всестороннее раскрытие потенциальных возможностей каждого участника в решении поставленной проблемы. Проведенные к настоящему времени ОДИ и вся система обеспечивающих их теоретических и экспериментально-практических исследований показали, что в качестве организационной формы коллективной мыследеятельности в условиях реального строительного производства ОДИ получает производственно-практическое назначение и может выступить в качестве средства и метода разрешения производственных проблем и задач. С физико-математической точки зрения коммуникация участников коллективной мыследеятельности представляет собой волновой процесс.

С (Цель).

Целеполагание – процесс формирования цели или выбора из возможных вариантов целей в ситуациях различной степени определённости и полноты наличия информации о реальных параметрических значениях исходных условий и допустимых отклонений ожидаемых результатов управления конкретным проектом. Предполагает наличие процедуры оптимизации на основании принятых критериев

оценки эффективности. Целеполагание определяет основное содержание всего процесса управления, всех основных и конкретных функций управления.

В центре любой системы управления всегда стоит человек. «Умных» гаджетов с каждым годом становится всё больше, но команду на запуск их работы отдаёт человек. Только человек определяет цель и задаёт программу по достижению этой цели.

Целеполагание является основным параметрическим инвариантом концептуального проектирования, формирующим поведение системы определённого эпистемологического уровня. основополагающий характер фактора цели обоснован в парадигме упреждающего управления.

Z (Знак).

Знак (код) – это материальный объект, выступающий в качестве конкретного заместителя другого материального объекта и выполняющий функции передачи, хранения и переработки информационных сигналов. Это овеществленный носитель объективно существующей реальности и субъективных смысловых представлений коммуникатора об этой реальности, что делает возможным математическую обработку и передачу, хранение и переработку информации с помощью технических устройств и каналов связи. В силу системного изоморфизма, тексты коммуникации всех участников крупномасштабного строительства и компьютерной сети достаточно полно описывается (идентифицируется) операционально-интерпретированной понятийной системой конструкторов и логикой Управления проектами (Проектного управления).

I (Информация).

Информация – это любые данные о реальности, отражающие смысловое содержание реальности и определяющие поведение (состояние) коммуникатора. В качестве коммуникаторов информационных сигналов могут выступать живые организмы и электронные устройства. Информационный инвариант представлен в форме единой цифровой (вычислительной) платформы для фиксации текстов коммуникации всех участников Проекта и компьютерной сети.

Е (Энергия).

Энергия – скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие.

L (Пространство).

Пространство – это фундаментальное свойство материального мира, которое фиксирует форму и протяжённость его существования.

T (Время).

Время – это фундаментальное свойство материального мира, которое упорядочивает происходящие в нём изменения. Время и пространство неразделимы.

Несмотря на огромное многообразие социально-экономических и природных явлений, эволюция всех известных сфер существования природы и общества происходит по принципу «подобия». На «подобный» характер эволюции человека, общества и природы обращали внимание с разной степенью детальности многие великие умы человечества, что нашло, отражение, например, в мировых религиях. Практические же алгоритмы «подобного поведения» различных составных частей природы в разные эпохи формулировались с использованием разных понятий и категорий, часто трудно переводимых на современный язык. Знание этих универсальных принципов эволюции в пространстве и во времени различных по своему качеству процессов и явлений позволяет практически любую техническую задачу формулировать в рамках физических задач ограниченной размерности для расчёта «точки сборки» (α) и «точки ликвидации» (ω) жизненного цикла конкретного строительного проекта. Под «точкой сборки» проекта понимаются его исходные условия места, времени и энергообеспечения. Под «точкой ликвидации» проекта понимаются его конечные условия места, времени и энергообеспечения. Под «строительством» понимается средоточие всей материальной производственной деятельности человека. Системотехническое описание исследуемой предметной области представлено на Рис. 3.1.1.

Коллективная мыследеятельность участников Субъекта управления реализуется в форме ОДИ, которой присваивается наименование одноимённого строительного Проекта. На рисунке 3.1.1. изображены участники Субъекта управления, имеющие свои дефиниции [Приложение 1].

В силу тройственного характера любого процесса смыслообразования (объект [предмет] – знак [имя] – смысл [понятие]), параметрические инварианты S , Z , I можно геометрически представить в качестве вершин одного треугольника (семантический треугольник Фреге). Данный треугольник позволяет построить простую и эффективную модель коммуникации, описывающую все процессы знакового взаимодействия в системе управления строительством между всеми его участниками. На рисунке 3.1.1. процесс знакового взаимодействия коммуникации коллективной мыследеятельности принимающих решения лиц и коммуникации компьютерной сети отображён в виде интерферирующих волновых фронтов, фиксируемых и управляемых посредством цифровой (вычислительной) платформы.

Элементы Объекта управления также изображены на рисунке 3.1.1. и имеют свои дефиниции [Приложение 1].

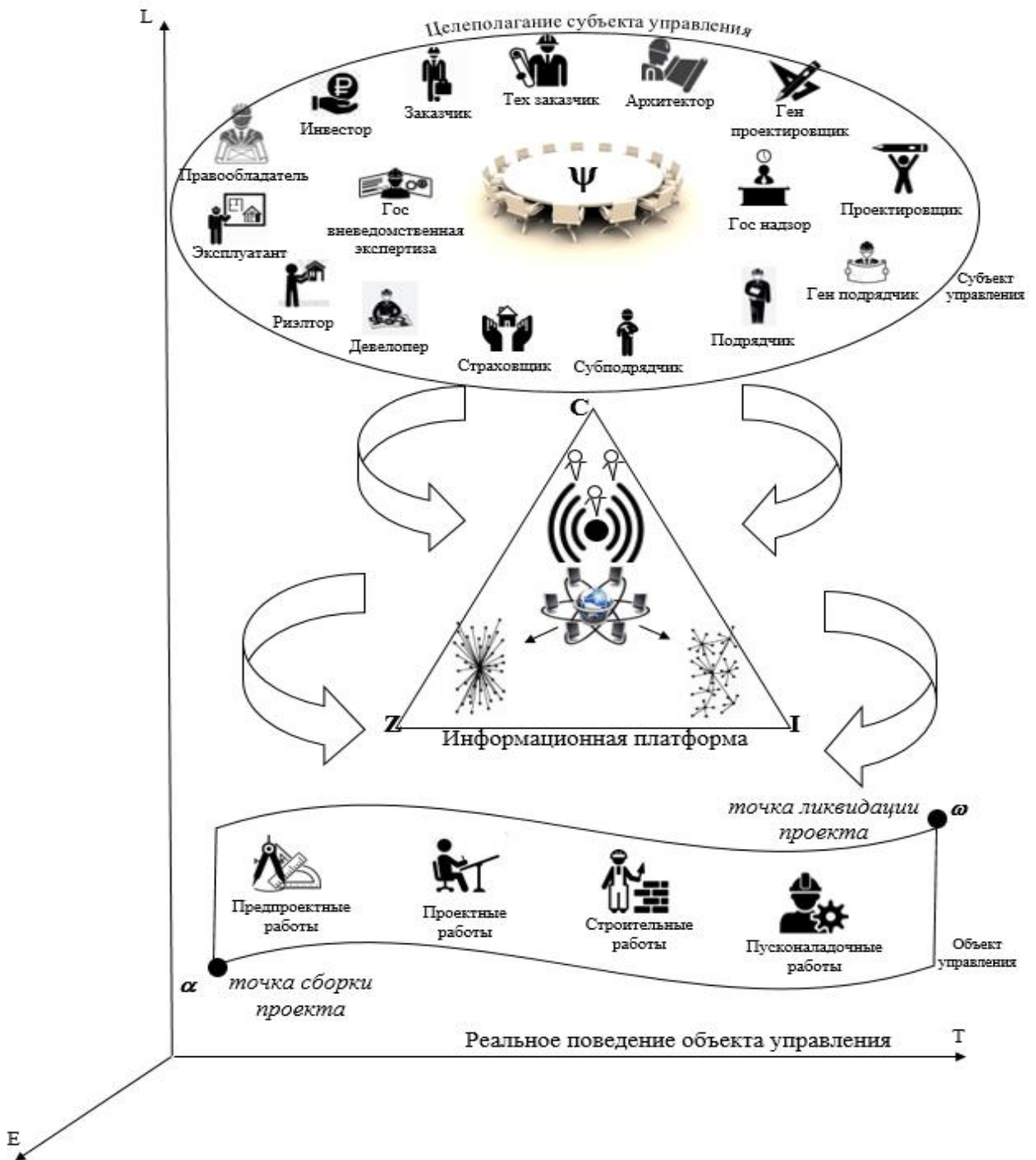


Рис. 3.1.1. Системотехническое описание организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла

Атрибутивное представление концептуальной модели управления строительством является исходным пунктом моделирования и позволяет более детально описать замысел моделирования исследуемой предметной области, который заключается в оптимизации всех информационных потоков проектируемой системы на основе природободобия в соответствии с критерием целостности. Экспликация (уточнение) понятия «Матрица управления» для обозначения сути новой концептуальности является необходимой и вполне обоснованной. В силу того, что строительство является отраслью производства, а не науки, то понятие «Матрица» имеет своим смысловым содержанием новую технологию управления крупномасштабными строительными проектами на протяжении полного жизненного цикла, в основе которой лежат процессы коммуникативного взаимодействия людей и компьютеров. Само слово «Матрица» означает «матка» (от латинского «matrix»). В большинстве случаев это слово употребляется в качестве математического выражения, определяемого как двумерная таблица, в ячейках которой (на пересечении каждой строки и каждого столбца таблицы) могут быть какие-либо математические символы. В качестве математического объекта, Матрица понятийно связана с многомерностью пространства, а также является средством функциональной организации и структурной упорядоченности различных множеств и используется в программировании (управление базами данных). В области организации строительства понятие «Матрица» до сих пор использовалось в своём математическом значении при построении сетевых графиков планирования в качестве формы представления данных [132]. Но общее смысловое значение этого понятия гораздо глубже. В самом общем смысле Матрица означает некую исходную первичную субстанцию, воспроизводящую все последующие порождения чего-либо. Иными словами, понятие «Матрица» включает в себя универсальные системные представления о порождении и дальнейшем развитии соответствующего исходному целеполаганию образа на материальной основе какого-либо носителя информации [68]. Матрица управления – это эквивалентная исследуемой предметной области природободобная геометрическая модель, отражающая взаимообусловленность протекающих

информационных процессов и топологической структуры системы управления.

В технологическом смысле, Матрицу управления можно рассматривать как открытый проточный канал переноса информации во времени и пространстве, который должен обеспечивать требуемую пропускную способность для свободной циркуляции информационного потока.

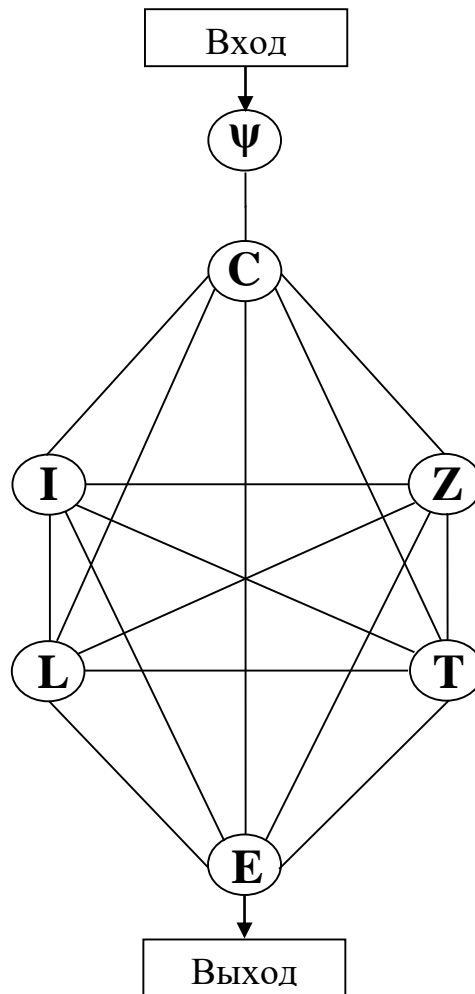


Рис. 3.1.2. Диаграмма переноса энергоинформационных потоков

Пропускная способность канала обеспечивается наличием «входа» и «выхода» у каждого его элемента и у канала в целом. Точки «входа» и «выхода» могут находиться в открытом или закрытом состоянии. Наиболее оптимальной формой организации такого канала является топологическая структура, все элементы которой связаны между собой потоками свободной энергии. Мерой потоков свободной

энергии канала является скорость энергообмена между элементами его структуры. В идеальном случае эти скорости полностью согласованы между собой так, что наблюдается удивительная организованность и гармония всех элементов структуры – когда часть и целое суть единое целое. В этом случае уровень целостности системы управления максимален. Если эти скорости рассогласованы, то взаимодействие элементов нарушается и возникают сбои, снижающие или полностью блокирующие движение энергетических потоков, связывающих части канала в целостный организм. Образуется рассогласованность, разбалансированность элементов и система управления начинает давать сбои – уровень целостности системы минимален. Следовательно, пропускная способность любой системы управления определяется согласованностью скоростей переноса потоков свободной энергии между всеми её элементами.

В реальности канал состоит не из одного потока энергии, а представляет собой сложную иерархическую сеть множества взаимосвязанных и взаимодействующих потоков энергии. Каждый поток можно рассматривать как относительно обособленный канал, обладающий собственной структурой и пропускной способностью, являющийся одновременно источником и приёмником свободной энергии. Подобную сложную сетевую структуру энергетических потоков имеют все природные объекты. Поэтому канал является активно реагирующей на внешнее воздействие «живой» сетью. Сущность «живого» заключается в том, что в сети каналов протекают волновые потоки, имеющие определённый спектр амплитудно-частотных характеристик. Любая «живая» сеть каналов – это возбуждённая энергоинформационная сеть, обладающая антидиссипативными свойствами. Если в сети нет энергоинформационных потоков – она «мёртвая». Любой реальный объект погружен в физические поля. В силу приведённых соображений, создание сложной системы управления должно соответствовать требованию природоподобия и учитывать законы «живого».

В организационно-технических системах управления элементами сети пото-

ков канала являются люди и технические устройства, посредством которых осуществляется передача энергии, вещества и информации. С физической точки зрения, работа всех используемых технических устройств (компьютеров, электронных гаджетов) характеризуется величинами полезной мощности и мощности потерь – то есть объёмом произведённой внешней работы в единицу времени. На «входе» и «выходе» системы управления стоят своеобразные «фильтры», пропускающие строго заданный по частоте, амплитуде (длине) и фазе электромагнитный поток. Если частотно-амплитудные и фазовые характеристики потока на «входе» превышают соответствующие показатели характеристик на «выходе» и находятся с ними в резонансном (то есть кратном) отношении, то «фильтр» открыт для беспрепятственного прохождения потока, обеспечивающего нормальное протекание физико-химических процессов. В таком случае происходит концентрация свободной энергии в системе управления и она функционирует нормально. Если частотно-амплитудные и фазовые характеристики потока на «входе» меньше соответствующих показателей характеристик на «выходе» и находится с ними в диссонансе, то «фильтр» закрыт для прохождения потока, что влечёт за собой возникновение процессов диссипации с последующим разрушением всей структуры. На «выходе» системы управления также стоит «фильтр», частотно-амплитудные и фазовые характеристики которого соответствуют характеристикам человека – так как только человек формирует целеполагание системы в целом. Из сказанного следует, что в основе организационно-технической системы управления лежит частотно-амплитудная и фазовая совместимость коммуникации людей и коммуникации компьютеров. Отсутствие такой совместимости приводит к утрате человеком своей работоспособности как управленца.

Атрибутивное представление информационной модели исследуемой предметной области является конечным продуктом описания её сущности. Следующим шагом является операциональное представление информационной модели, которое кладётся в основу инженерно-математического расчёта и проектирования искомой

организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством.

3.2. Операциональное представление системы управления крупномасштабными строительными проектами

Операциональное представление концептуальной модели исследуемой предметной области осуществляется на базе её инвариантного описания посредством составления тензорного алгоритма проектирования матрицы организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла (матрицы управления). В основе алгоритма лежат фундаментальные понятия современной физики, используется математический аппарат тензорного анализа. Алгоритм является средством расчёта изменений процессов в зависимости от изменений структуры сложной системы. Так как эффективность функционирования любой системы управления определяется особенностями её структуры, то тензорное исчисление является единственным на сегодняшний день валидным методом исследования и проектирования таких объектов как единого целого [68]. В строительстве тензорное проектирование организационно-технических систем управления крупномасштабными объектами до сих пор не применялось.

Ключевые понятия «инвариант» («инвариантность»), «тензор», «мультитензор», «группа», «преобразование» образуют понятийную основу для тензорного анализа сложных систем, который ранее применялся в классической физике для решения задач в теории полей различной природы и динамических задач. В отличие от специальных разделов математики, таких, как дифференциальные и интегральные уравнения, математическая физика, механика и т.д., тензорное исчисление представляет собой общий метод описания, одинаково применимый в любом разделе физики и математики.

Инвариантность в физике – фундаментальное понятие, означающее независимость физических закономерностей от конкретных ситуаций, в которых они устанавливаются, и от способа описания этих ситуаций. Инвариант в математике –

это свойство некоторого класса (множества) математических объектов, остающееся неизменным при преобразованиях определённого типа.

Описание конкретного инварианта в терминах какой-либо частной науки называется его проекцией в рассматриваемой научной области. Полное множество всех проекций такого инварианта обозначается термином «группа». Правила перехода от одной проекции такого инварианта к другой его проекции называются «преобразованием».

Тензор – это общесистемное понятие, обозначающее неизменную сущность любого объекта реального мира, которая сохраняется несмотря на происходящие с этим объектом изменения. Тензор есть объективный реальный объект, существующий независимо от наблюдателя. Разные наблюдатели вводят различные системы координат, в которых этот объект представлен значениями своих компонент – как различные фотографии одной и той же местности. При переходе в другую систему координат значения компонент меняются, но сам объект остается неизменным. Компоненты тензора при изменении систем координат преобразуются по линейным законам. Это значит, что само преобразование координат, точка зрения наблюдателя, не меняет объект. Точка зрения наблюдателя математически описывается как система координат (система отсчёта). Следовательно, инвариантное описание исследуемой системы обеспечивает его независимость от предубеждений самого исследователя. Данное положение лежит в основе известного в науке принципа относительности Эйнштейна А., в соответствии с которым все законы природы являются инвариантными в любой системе координат и, соответственно, могут быть представлены в форме тензорных уравнений [42, 104, 150]. Поскольку физически измеряемыми являются величины, а не математические символы, постольку вопрос о соответствии математических символов физически измеряемым величинам лежит в основе любого научного метода. Символ «тензор» наиболее соответствует физически измеряемой величине. Данный критерий позволяет определить наличие в исследуемой предметной области реально измеряемых величин. В реальности

тензорам соответствуют измеримые величины. Измерение есть представление реальной величины в системе координат – системе измерения. Измеримость обеспечивает реальность объекта измерения, который существует в природе и не обязан меняться потому, что кто-то там его пытается измерять. Примером простейшего тензора первого ранга является вектор. В трехмерном пространстве он имеет три компоненты, соответствующие трем осям системы координат. В N -мерном пространстве он имеет « n » компонент. Тензор ранга « r » имеет в сущности те же свойства, что и вектор за исключением того, что у него число компонент равно n^r и для « r » большего чем 2 его невозможно представить визуально.

Понятие «мультитензор» характеризует процесс организации определённого множества тензоров в объект ещё более сложной топологической структуры, представляющий собой новую неизменную сущность. Мультитензор представляет более сложную реальную физическую неизменную сущность, обнаруживаемую в природе при помощи измерений, выполняемых относительно координатных систем различного типа. Тензоры определённого объекта составляют его «плоть и кровь», но основные качества объекта определяет мультитензор. Примером мультитензора является группа N -мерных матриц преобразования, соединяющих совокупность разрозненных элементов множества в целостную систему.

Алгоритм тензорного проектирования матрицы организационно-технической системы управления объектами крупномасштабного строительства на протяжении полного жизненного цикла следующий:

- 1). Топологические свойства структуры Матрицы управления определяются способами организации её элементов и описываются соответствующим мультитензором соединения (преобразования). Именно мультитензор соединения (преобразования) является математическим инструментом, с помощью которого записывается структура исследуемой предметной области.

Элементной базой структурной организации Матрицы являются выделенные в предыдущей части настоящего исследования инварианты концептуального моде-

лирования. Язык операционального описания может быть естественным или математическим. Полное операциональное топологии Матрицы может состоять их некоторого количества отдельных частей различной физической природы: технических устройств, биологических, социальных, психических, экономических объектов, также сочетающихся в различной комбинации [68]. Такое инвариантное описание сущности исследуемой предметной области представлено в атрибутивной форме (в терминах строительной индустрии) и включает в себя следующие инварианты концептуального проектирования:

Ψ (Человек)

С (Цель)

Z (Знак)

I (Информация)

E (Энергия)

L (Пространство)

T (Время)

Это минимальный (системно устойчивый) набор инвариант. Каждый представленный инвариант – это прежде всего понятие, отражающее сущность определённого класса явлений реального мира. Система S рассматривается как система указанных инвариант. Все инварианты находятся в максимально полных взаимобусловливающих друг друга отношениях. Во внешней среде системы S выделяем и учитываем те компоненты, которые могут взаимодействовать с S по всем её составляющим.

Исходный инвариант (как элемент системы S) – это инвариант, с позиции которого происходит моделирование системы S . Выбор исходника определяет тот элемент, с позиций которого, собственно, инициируется и реализуется процесс моделирования. Выбор человека (Ψ) в качестве исходного элемента информационной модели системы управления является необходимым условием адекватности восприятия исследуемой предметной области. Ввод человека в систему инвариант осу-

ществляется путём вычленения из человеческой деятельности тех свойств и особенностей, которые являются существенными для отображения исследуемых процессов, объектов или явлений. При рассмотрении человека в качестве исходного элемента концептуальной модели системы управления необходимо учитывать психофизические особенности человека в процессах восприятия и переработки информации. Таким образом, в ходе концептуального моделирования необходимо произвольную системную закономерность конкретизировать, опредметить, наполнив её содержанием, полученным на основе её исследования с позиции исходного элемента, в качестве которого выбран человек (Ψ). Данное положение является необходимым условием адекватного концептуального моделирования организационно-технических (человеко-машинных) систем управления.

Посредством универсальных пространственно-временных мер $[L^R T^S]$ -размерностей выделенные инварианты исследуемой предметной области выражаются в инвариантных физически измеряемых пространственно-временных величинах. Качество величины определяется именем, размерностью и единицей измерения, а количество – численными значениями величины. С математической точки зрения, качественное различие полученных величин есть различие их размерностей. В силу своей инвариантной сущности, каждая величина является тензором, который может быть представлен как скаляр, вектор, полиэдральный вектор. Одновременно, величина – это поток-волна, имеющий определённую размерность длины и частоты. Использование универсальных мер позволяет получить описание всех частей неизменной сущности исследуемой предметной области на едином универсальном языке и представить исследуемую предметную область как группу преобразований с инвариантом мощности, имеющим размерность $[L^5 T^{-5}] = \text{Const}$.

Ψ (Человек) = $[L^6T^{-6}]$ = скорость переноса мощности (мобильность)

C (Цель) = $[L^5T^{-6}]$ = изменение мощности

Z (Знак) = $[L^6T^{-5}]$ = перенос мощности

I (Информация) = $[L^5T^{-5}]$ = полезная мощность

E (Энергия) = $[L^5T^{-4}]$ = энергия

L (Пространство) = $[L^1T^0]$ = пространство

T (Время) = $[L^0T^1]$ = время [66].

Инвариант мощности представляет собой физико-структурный закон сохранения потока энергии и связан с двойственностью структуры пространства. Закон показывает, что для сохранения потока энергии требуется существование двух цепей с двойственной структурой. Исходная цепь располагается в наблюдаемом пространстве. Цепь с двойственной структурой должна располагаться в ненаблюдаемом, двойственном пространстве. Таким образом, данный закон предсказывает существование ненаблюдаемого двойственного пространства, которое дополняет наблюдаемое пространство до полного пространства. Поток энергии существует в таком полном взаимно двойственном пространстве, которое шире наблюдаемого пространства. Инвариант двойственности структуры сетей, асимметрия замкнутых и разомкнутых путей, открывают новые свойства структуры пространства. Наблюдаемое пространство должно дополняться как минимум одним двойственным пространством, которое проявляет себя по отношению к преобразованию потока энергии. Свойство структуры таково, что для замкнутых путей воздействиями являются величины, измеряемые как разность значений в двух точках, а откликами – величины, измеряемые в одной точке. В первом случае воздействие происходит внутри системы, во втором случае – это внешнее воздействие на систему.

Размерность инварианта позволяет определить последовательность их практической реализации: каждая последующая инварианта может быть реализована тогда и только тогда, когда полностью реализованы все предыдущие инварианты. Инварианты реализуются в последовательности от инварианта с большей размерностью к инварианту с меньшей размерностью (по модулю): $\{\Psi, C, Z, I, E, L, T\}$.

Все меры матрицы управления, выраженные в системе $[L^R T^S]$ -размерностей, связаны между собой, образуя координатную иерархическую структуру с физически измеримыми величинами. Величины «мобильность» и «мощность» объединяют меры матрицы. Модель матрицы представляет из себя многомерную сеть энергоинформационных потоков с размерностью меры мощности [68]. Качественное разнообразие понятий, используемых при описании исследуемой предметной области, выражается в универсальных мерах $[L^R T^S]$ -размерностей.

Динамическая устойчивость матрицы определяется её способностью противостоять внешним воздействиям без существенных нарушений своих инвариант. Динамическая устойчивость не означает неизменность количественных оценок инвариантов. В этом смысле динамическую устойчивость не следует путать со статичностью – когда какое-то явление представляет из себя неизменную во времени сущность. В динамически устойчивом состоянии система может находиться бесконечно долго, если оно достигнуто и реализовано за счёт внутренних ресурсов. Такая ситуация характерна для абсолютно замкнутых систем. Аналогичное состояние может происходить и при наличии сбалансированного (уравновешенного внутренними процессами) внешнего воздействия на систему. Таким образом, замкнутая структура является необходимым условием динамической устойчивости искомой концептуальной модели системы управления. Замкнутость структуры, в свою очередь, возможно обеспечить лишь посредством интенсивного циклического взаимодействия всех инвариантов системы. Реализация целеполагания превращает динамически устойчивую систему управления в цельное образование. С учётом иерархического характера связей Матрицы управления и размерности физических величин-инвариантов, графоаналитическое отображение переноса энергоинформационных потоков должно представлять из себя информационный граф взаимосвязей (с указанием направлений) для замкнутой системы седьмого порядка (число инвариантов) с тремя уровнями иерархии. Графоаналитическое отображение переноса энергоинформационных потоков наглядно показывает, что объединяющей физически измеряемой величиной является «мобильность» – скорость доставки мощности

от начальника до исполнителя Проекта без потери качества. Качество системы управления тем выше, чем выше скорость доставки мощности. Полный информационный граф системы S имеет следующий уточнённый вид:

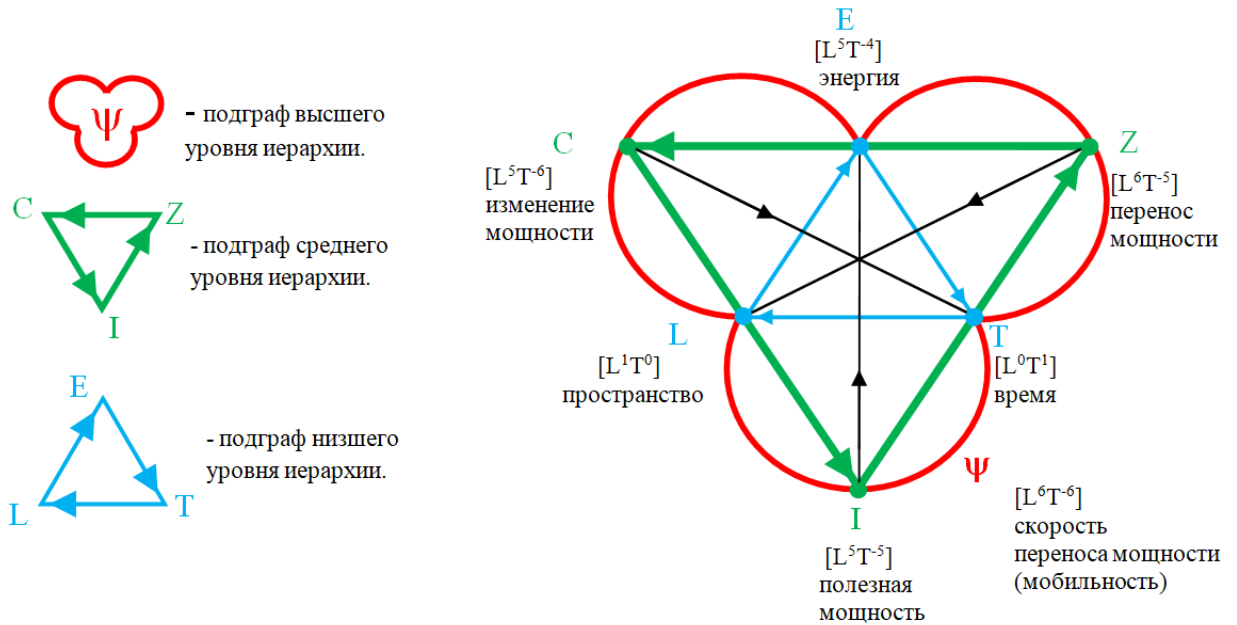


Рис. 3.2.1. Геометрическое описание информационного графа Матрицы управления

Размерность инвариантов детерминирует иерархию связей и фрактальную (самоподобную) геометрию структуры Матрицы управления в соответствии с необходимым требованием её динамической устойчивости. Графоаналитическое отображение переноса энергоинформационных потоков представляет из себя полный (любая пара вершин соединена ребром) связный (между любыми двумя вершинами можно провести маршрут) поименованный (вершинам присвоены имена) ориентированный (указаны направления потоков) непланарный (рёбра пересекаются не только в вершинах, по теореме Куратовского) граф информационных взаимосвязей для замкнутой (динамически устойчивой) системы седьмого порядка (число инвариантов) с тремя уровнями иерархии, который, с точки зрения синергетики, является странным аттрактором – своего рода фрактальным центром притяжения всех протекающих в многомерном пространстве состояний (фазовом про-

странстве) информационных процессов. Таким образом, информационный граф соединения системообразующих элементов (инвариантов) Матрицы управления описывает её структурные свойства и определяет режим функционирования.

Так как все вершины представленного информационного графа имеют чётное количество рёбер, то, в соответствии с теоремой Эйлера, граф содержит эйлеров цикл – путь, содержащий все рёбра графа, начальная и конечная вершины которого совпадают (при этом вершины могут повторяться, а рёбра нет). Представленный информационный граф также содержит гамильтонов цикл – путь, проходящий через все вершины только один раз, начальная и конечная вершины которого совпадают. Рёбрам представленного информационного графа могут быть присвоены веса – это оценки ресурсных затрат, которые требуются для выполнения определённой операции. Данные свойства позволяют использовать информационный граф для расчёта критического пути при решении задач многокритериальной оптимизации.

Теоретико-множественное описание информационного графа заключается в перечислении элементов множества его вершин и элементов множества его рёбер, отражающих связь между этими вершинами. Если обозначить описываемый информационный граф символом G , вершины графа символом V и рёбра графа символом R , то информационный граф обозначается как $G(V, R)$. Тогда множество вершин графа $V = \{\Psi, C, Z, I, E, L, T\}$ и множество рёбер $R = \{r_1, r_2, \dots, r_{21}\}$, где каждый элемент множества $r_n \subset R$ есть некоторое двухэлементное подмножество множества V , то есть $r_n = \{v_i, v_j\}$, где $v_i, v_j \subset V$. Общее число вершин 7. Общее число рёбер 21 (для полного графа число рёбер составляет $V \cdot (V-1)/2$).

При этом нетрудно заметить, что представленный информационный граф обладает фрактальной геометрией (самоподобием) и дробной размерностью и, с точки зрения синергетики, является странным аттрактором – своего рода ядром всех протекающих информационных процессов.

Информационный граф предоставляет техническую возможность использо-

вания сложных алгоритмов обработки информации, определяет сетевую топологию (схемы соединения) используемых в организационно-технической системе управления компьютеров и организационных подразделений ЛПР. Конфигурация информационной сети (схема обмена данными) влияет на производительность и функциональные возможности системы управления в целом.

Алгебраический аппарат многомерных N -матриц позволяет представить проектируемую систему как многомерный геометрический объект, не зависящий от выбранной системы координат (точки зрения наблюдателя).

Поскольку каждая новая система координат связана с исходной системой координат посредством правил преобразования, постольку с каждым геометрическим объектом ассоциируется определённая совокупность правил преобразования. Полная совокупность всех правил преобразования образует единую систему – «тензор преобразования», который позволяет математически вычислять параметры любого геометрического объекта в любой новой системе координат по его параметрам в исходной системе координат.

Множество тензоров различной валентности организуется в систему более сложной топологической структуры – мультитензор, который соединяет отдельные части проектируемой системы в единое целое. В контексте настоящего исследования мультитензор соединения (преобразования) обозначается символом μ .

На полученной «элементной базе» составляется системотехническое описание структуры моделируемой системы, представляющее из себя живую сеть энергоинформационных потоков в соответствии с их функциональным назначением. Это описание развёртывается на базе правил преобразования систем координат. Описание сложной сетевой структуры предполагает использование обобщённых координат и типов пространств, имеющих более высокую размерность и более сложную топологию, чем трёхмерное евклидово пространство. Введение таких пространств позволяет математически описать существование сложных объектов и присвоить каждому такому объекту один символ. Таким образом, правила преоб-

разования систем координат порождают столько многомерных пространств и существующих в них сложных объектов, сколько существует самих этих правил. Мощный аппарат тензорного анализа предоставляет огромные возможности для математического описания этих порождённых пространств и существующих в них объектов. С математической точки зрения, тензорный анализ можно рассматривать как векторный анализ многомерных неевклидовых пространств, а в перспективе – как векторный анализ пространств бесконечной размерности. Более того, можно использовать не только пространства целой размерности, но и пространства дробной размерности, допускающие существование в них структур любой сложности.

Процесс преобразования входящего сигнала от исходной (A) к конечной (W) системе координат изображена на рис. 3.2.2.

Структура потоков свободной энергии от исходной (A) к конечной (W) системе координат изображена на рис. 3.2.3.

Целостный сетевой образ входящего сигнала (X) изображён на рис. 3.2.4.

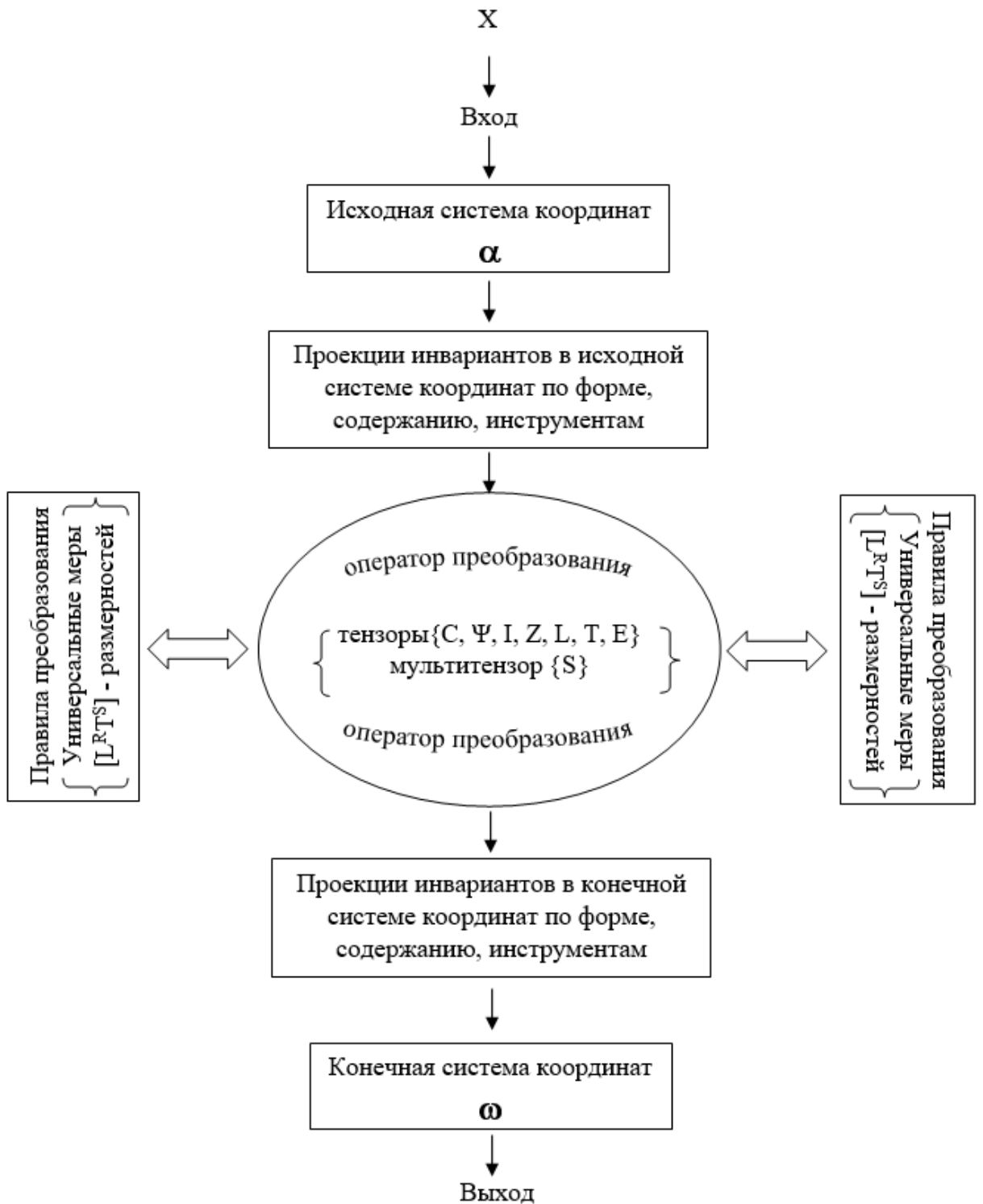
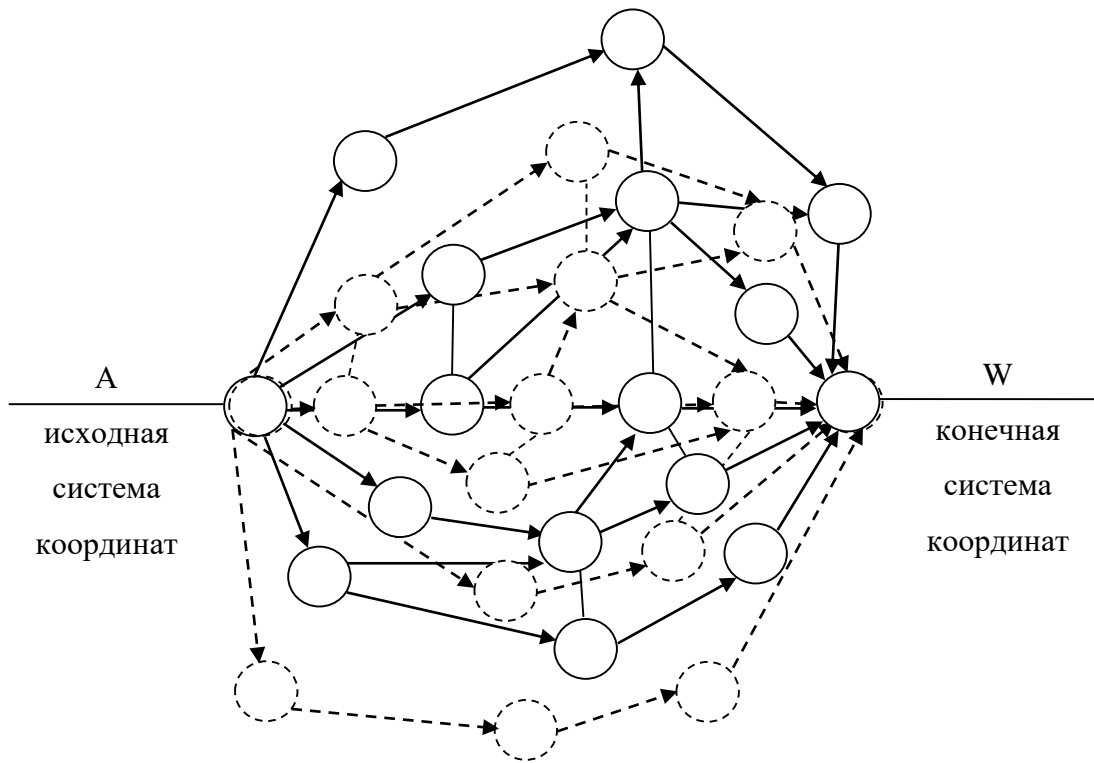


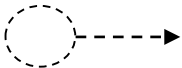


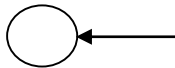
Рис. 3.2.2. Процесс преобразования входящего сигнала от исходной (α) к конечной (ω) системе координат



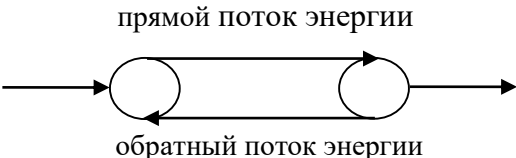
 - элемент структуры наблюдаемое пространство
 - элемент структуры ненаблюдаемого пространства

Источник свободной энергии наблюдаемой структуры: 

Источник свободной энергии ненаблюдаемой структуры: 

Потребитель свободной энергии наблюдаемой структуры: 

Потребитель свободной энергии ненаблюдаемой структуры: 

Путь наблюдаемой структуры: 

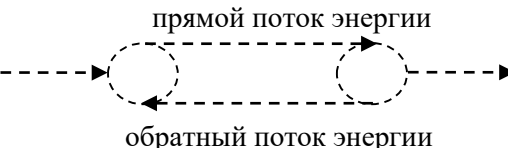
Путь ненаблюдаемой структуры: 

Рис. 3.2.3. Структура потоков свободной энергии от исходной (A) к конечной (W) системе координат

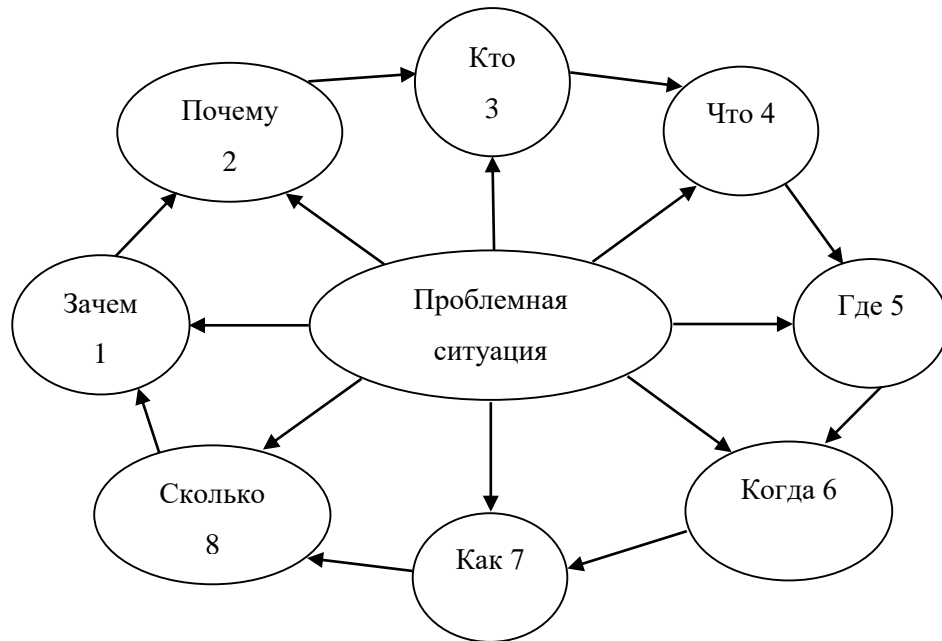


Рис. 3.2.4. Целостный сетевой образ входящего сигнала (X)

Вопросы, ответы на которые дают полное описание проблемной ситуации, формулируются следующим образом: 1. Зачем – политический факторы; 2. Почему – общественные факторы; 3. Кто – юридические и физические лица, участвующие в Проекте; 4. Что – объект строительства; 5. Как – технические факторы и правовые факторы; 6. Сколько – экономические факторы; 7. Где – экологические факторы; 8. Когда – время.

Информационный оператор инварианта – это алгоритмическое описание процедуры опредмечивания инварианта, то есть наполнения его конкретным предметным содержанием в границах исследуемой предметной области. Обозначим символами $\{V_{\Psi j}, V_{Cj}, V_{Lj}, V_{Zj}, V_{Ej}, V_{Lj}, V_{Tj}\}$ – операторы инвариантов из возможного множества j разновидностей операторов для каждого инварианта ($j = 1, 2, \dots, n$) и укажем соответствующие алгоритмы наполнения их конкретным содержанием:

$V_{\Psi j}$ – оператор инварианта Ψ : Модель ОДИ Г.П. Щедровицкого.

V_{Cj} – оператор инварианта C : Парадигма упреждающего управления Вайно А.Э., Кобякова А.А., Сараева В.Н.

V_{Zj} – оператор инварианта Z : Унифицированный язык описания и логика

управления Проектами (Руководство РМВОК).

V_{Ij} – оператор инварианта I: Вычислительная (цифровая) платформа, интегрирующая современные информационные технологии «Интернет вещей» и «Распределённый реестр».

V_{Ej} – оператор инварианта E: Модель прогнозирования энергопотребления Кузнецовой И.Ю..

V_{Lj} – оператор инварианта L: Геокристаллическая модель структуры Земли (ИДСЗ) Гончарова Н.Ф., Макарова В.А., Морозова В.С.

V_{Tj} – оператор инварианта T: Модель социальной турбулентности Доброчеева О.В.

Параметрически заданная таким образом структура организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством имеет следующий вид:

$$\begin{cases} y(t) = S(t)*x(t) \\ S(t) = M(t)*\mu \\ M(t) = \{V_{\psi j}*\Psi; V_{Cj}*C; V_{Zj}*Z; V_{Ij}*I; V_{Ej}*E; V_{Lj}*L; V_{Tj}*T\} \end{cases} \quad (3.2.1.)$$

где: $x(t)$ – входящий сигнал в момент времени t ;

$y(t)$ – выходящий сигнал в момент времени t ;

$S(t)$ – состояние системы в момент времени t ;

$M(t)$ – матрица управления;

μ – мультитензор преобразования (соединения);

$\{\Psi, C, Z, I, E, L, T\}$ – инварианты системы;

$\{V_{\psi j}, V_{Cj}, V_{Zj}, V_{Ij}, V_{Ej}, V_{Lj}, V_{Tj}\}$ – операторы инвариантов из возможного множества j разновидностей операторов для каждого инварианта ($j = 1, 2, \dots, n$);

«*» – знак гиперкомплексного взаимодействия (между системами).

Математическое описание структуры в форме дифференциальных уравнений представлено в Приложении 2.

Таким образом, при определении топологических свойств структуры Мат-

рицы управления аналитическая работа требуется только при исследовании инвариантов моделируемой системы и соответствующих им информационных операторов. Соединение параметрически заданных инвариантов в целостную структуру с помощью аппарата тензорного исчисления представляет собой стандартный процесс.

2). Состояние протекающих в матрице управления процессов принятия решений определяет её функциональные свойства и описывается соответствующими уравнениями её поведения. Процесс принятия решений так или иначе связан с решением задач оптимизации энергоинформационных потоков. Наиболее общим способом эти задачи формализованы в уравнениях Лагранжа второго рода, которые в определённом смысле эквивалентны уравнениям Максвелла для электромагнитного поля и которые, в свою очередь, можно рассматривать как математическую запись закона оптимальности любых процессов управления.

Топологическая интерпретация этих уравнений в образе полиэдра (объединения кристаллов-многогранников различной размерности) позволяет нелинейные дифференциальные уравнения (в обычных производных) качественно исследовать (решать) геометрически с помощью фазовой плоскости и пространства. В полиэдральной сети рассматриваются пути и циклы, состоящие не только из одномерных ветвей дискретных рёбер кристаллов, но также из точек, плоскостей, объёмов, многомерных элементов, проводящих любые энергоинформационные потоки. В силу двойственности структуры пространства, каждый кристалл-многогранник полиэдральной сети обладает своей автономией, замкнутостью и в то же самое время неразрывно связан с другими кристаллами. Полиэдральный образ позволяет моделировать множество процессов в многомерной структуре. Таким образом, полиэдральная модель Матрицы управления представляет из себя универсальную среду для оптимизации системных задач принятия решений. Используя группы квазиизоморфных преобразований, можно интерпретировать данную модель применительно к любой конкретной организационно-технической системе управления объектами крупномасштабного строительства.

Система уравнений Лагранжа второго рода и Максвелла является инвариантным описанием протекающих в Матрице управления и определяющих её функциональное поведение энергоинформационных процессов.

3). Система универсальных пространственно-временных мер $[L^R T^S]$ -размерностей, выражающая все инварианты исследуемой предметной области через две наиболее фундаментальные физические величины – пространство (протяжённость) и время (длительность), даёт основу для объединения структурных свойств матрицы, заложенных в информационном графе соединения её элементов и представляемых мультитензором соединения (преобразования), с функциональными свойствами матрицы, заложенными в уравнениях её поведения, в единый аппарат математического описания полиэдральной модели Матрицы управления [68].

Под инженерно-математическим расчётом такой полиэдральной модели матрицы управления понимается вычисление физических величин волновых энергоинформационных потоков при заданных структуре и параметрическом инварианте мощности. В частности, задача состоит в определении значений величин в конкретных точках модели, интерпретируемых как конкретные участки организационно-технической системы управления. Неизменная величина инварианта мощности образует фундамент сравнения всех возможных состояний процессов и структур рассчитываемой модели.

Таким образом, все понятия исходной координатной системы, выраженные в универсальных пространственно-временных мерах, преобразуются в конечную координатную систему с использованием универсального закона сохранения мощности, который позволяет работать с любыми тензорами. Полученное «преобразование координат» и есть искомая концептуальная модель исследуемой предметной области, которая позволяет рассчитывать эффективность процессов принятия решений в зависимости от структурных особенностей проектируемой системы управления. Возможен и обратный расчёт изменений – по заданным критериям процесса принятия решений рассчитывается требуемая структура системы управления.

Тензорное исчисление даёт возможность фиксировать в тензорной форме

рассуждения и результаты решения одной проблемы и в дальнейшем использовать их в решении многих других аналогичных проблем, без необходимости всякий раз начинать решение проблемы с нуля. Сохранение и дальнейшее многократное использование результатов предыдущих исследований аналогично хранению и использованию стандартных узлов конструктора. Тензорный метод позволяет комбинировать ранее созданные тензоры, а также трансформировать их в новые тензорные объекты соответственно условиям решаемой технической задачи. Иными словами, будучи однажды установленными, тензорные уравнения поведения и структурных характеристик Матрицы управления позволяют находить уравнения поведения и характеристик любой конкретной структуры рутинной подстановкой частных параметров. С точки зрения моделирования, это означает существование формальной инженерно-математической процедуры, позволяющей получить описание происходящих в системе процессов для всех возможных вариантов структур при условии, что это описание известно хотя бы для одного варианта структуры. Отмеченная особенность тензорного алгоритма проектирования систем любой сложности позволяет в перспективе ввести массовое производство любых организационно-технических систем управления строительством.

4). Тензорный алгоритм моделирования Матрицы управления включает в себя вычислительную (цифровую) платформу в качестве информационного оператора. Концептуальная схема интегрирующей цифровой платформы (ИЦП) изображена в виде ER-диаграммы (ERD – Entity-Relationship Diagram), отображающей основные сущности (S1, S2, S3), атрибуты и определяющие связи между ними. В качестве теоретико-системного конструкта выбрано представление о динамической целенаправленной системе. Жизненный цикл понимается как единый непрерывный многоэтапный технологический процесс, направленный на решение проектных задач строительства в установленные сроки с соблюдением необходимых требований (в частности, требований энергетической эффективности). Такая форма представления, в частности, позволяет создать базу данных для интегрирующей

цифровой платформы (ИЦП) (S3), которая представляет из себя синтез информационных структур ТИМ (BIM) (S1) и PMBoK (S2). В результате такого синтеза, в полученной интегрирующей структуре появляется возможность выводить производные понятия (термы) и формулировать утверждения, недоступные в исходных синтезируемых информационных структурах. Таким образом, разнообразие управляющей системы будет заведомо превышать разнообразие управляемого объекта (рис. 3.2.5).

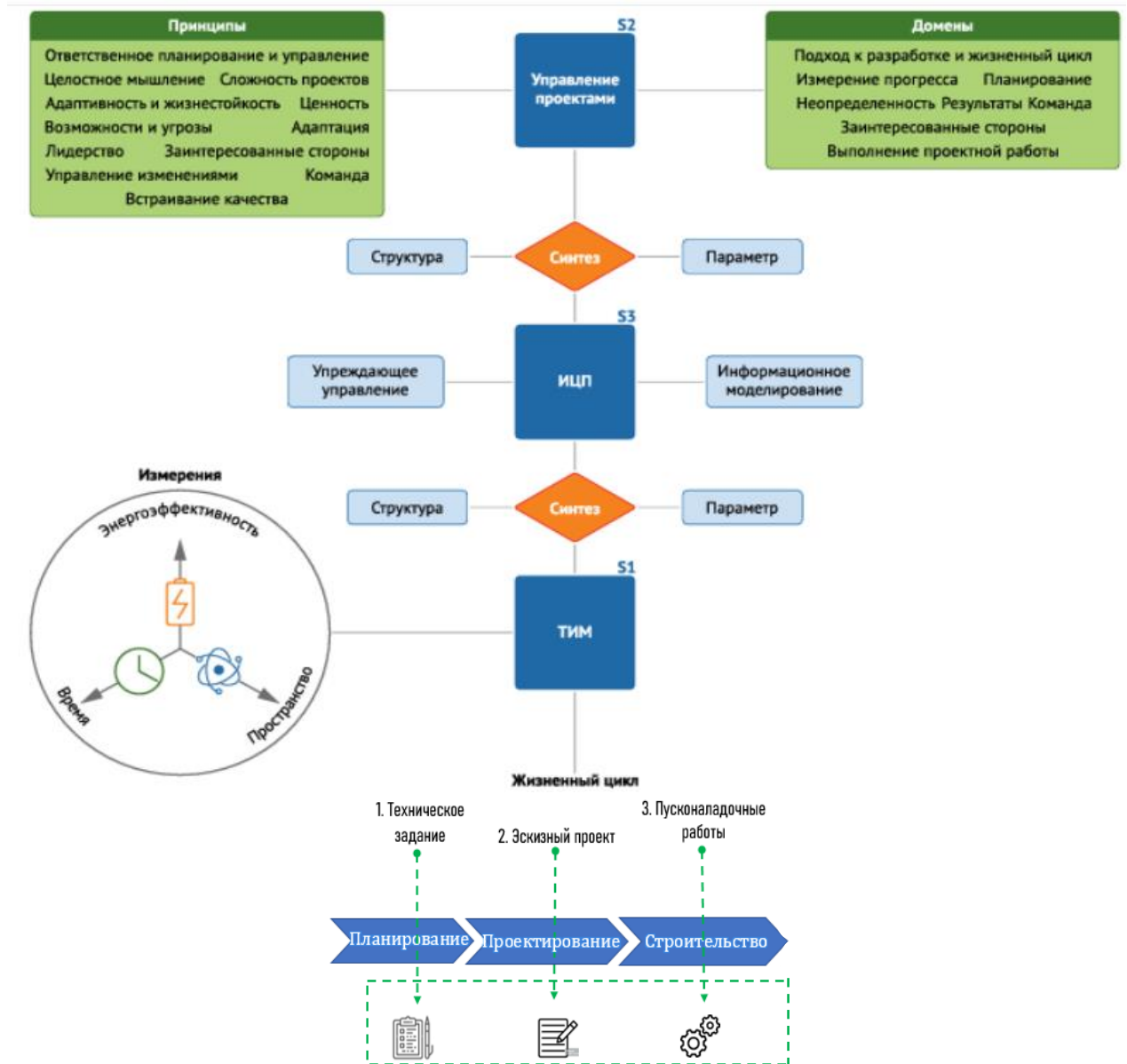


Рис. 3.2.5. Концептуальная схема интегрирующей цифровой платформы (ИЦП)

5). Предложено концептуальное решение по интеграции стратегий централизованного и децентрализованного управления на базе современных информационных технологий «Интернет вещей» и «Распределённый реестр» в рамках единой цифровой (вычислительной) платформы. Информационной основой автоматизации процессов управления в строительстве станет вычислительная платформа, интегрирующая централизованную (интернет вещей) и децентрализованную (распределённый реестр) стратегии управления, направленные на решение соответствующих классов системных задач. Иерархическая структура возникает там и тогда, где и когда для эффективного управления сложной организационной системой (далее – «Система») необходимо обрабатывать чрезмерно большой объем информации о внешней среде. В этом случае лицо, принимающее решение (Координирующий центр), может делегировать часть своих полномочий по управлению Системой подчинённым (игрокам). В такой ситуации игроки реализуют свои собственные цели в соответствии с базисными условиями управления проектом, конституированными Координирующим центром.

Формальное математическое описание задачи централизации-децентрализации и её решение на простейшей из нетривиальных моделей представлено в Приложении 3.

Представленные математические выкладки доказывают принципиальную возможность интегрированного математического описания стратегий централизованного и децентрализованного управления в рамках интегрирующей информационной платформы.

Так как все проблемы современного строительства являются сугубо системотехническими, то синергетический эффект от совместного использования указанных стратегий закономерно будет иметь явно выраженный гомеопатический характер (подобное лечится подобным), что в идеале должно привести к рассмотрению по существу указанных системотехнических проблем и их полному устранению [65].

Предложенное техническое решение представляет исходные основания для

дальнейшего логико-математического моделирования вычислительной (цифровой) платформы исследуемой предметной области на основе изоморфизма системных понятий. Принципиальная возможность и необходимость системной интеграции технологий централизованного и децентрализованного управления Проектами определяется тем обстоятельством, что указанные системные задачи управления являются системными задачами одного эпистемологического уровня и потому сопоставимыми (с точки зрения взаимодействия участников Проекта на протяжении всего жизненного цикла объекта строительства). По мнению автора, в данном случае наиболее предпочтительным способом интегрирования системных задач является создание метасистемы управления – в отличие, скажем, от схемы интегрирования системных задач посредством создания структурированной системы (по терминологии Джорджа Клира). В такой метасистеме интегрирование системных задач управления осуществляется по параметрическим множествам независимо от того, имеют эти системные задачи одно множество переменных или нет. Следовательно, элементами такой метасистемы являются системные задачи с разными локальными параметрами, определёнными на обобщенном параметрическом множестве; они могут быть определены и для одного обобщенного множества переменных.

Интегрированное применение современных цифровых технологий со всей очевидностью позволяют перейти от цифровой модели данных к цифровой модели алгоритмов и данных – и, соответственно, к качественно иному уровню автоматизации процессов управления Проектами. В данном случае новый уровень – это концепция упреждающего управления, предполагающая полное овладение информационными процессами управления строительством крупномасштабных и сложных объектов. Что, в свою очередь, неизбежно повлечёт за собой формирование новой парадигмы строительной деятельности.

б). Также предложено концептуальное решение по организации системотехнического взаимодействия «человек-компьютер» посредством использования модели квантовой интерференции (суперпозиции).

Как уже отмечалось, человеческий фактор в системе принятия решений всегда носит коллективный характер и предполагает определённую форму организации участвующих в принятии решения лиц. Эффективной формой такой организации являются организационно-деятельностные игры (ОДИ) [65].

С формально-математической точки зрения ОДИ представляет собой распределённое взаимодействие динамически управляемых элементов (искусственных и естественных носителей интеллекта). Открытие общего явления самоорганизации и самоуправления систем любой (физической, биологической, социальной) природы существенно изменило содержание понятия «игровой дискурс», придав ему смысл естественного самоуправления. Наиболее информационно-ёмкий механизм, известный на сегодняшний день – интерферирующие волновые фронты. Они могут переносить и зрительную, и слуховую информацию; тот же механизм лежит в основе голографической памяти и воспроизведении целостного явления (образа) в пространстве виртуальной реальности. Данный механизм вбирает в себя не очень совместимые способы описания виртуального объекта, работает с амплитудой вероятности и допускает суперпозицию многих базисных состояний. В силу указанных причин, представляется вполне обоснованным привлечение аппарата квантовой теории для описания процессов коммуникации игрового дискурса.

Математический аппарат квантовой интерференции (суперпозиции) имеет универсальный характер и может быть применим не только к объектам микромира, но и к макроскопическим объектам. Следовательно, квантовые взаимодействия состояний макроскопических объектов с формированием соответствующей картины волновой интерференции должны непременно иметь место.

Таким образом, математическая формализация когнитивного дискурса ОДИ посредством использования модели квантовой интерференции (суперпозиции) позволяет зафиксировать процессы социальной коммуникации принимающих решения лиц на соответствующей вычислительной платформе и обеспечить тем самым взаимодействие коммуникации человека с коммуникацией сети компьютеров. По-

лученная в результате такого квантово-механического формализма интерференционная картина коммуникации человеческого коллектива должна быть комплементарной (взаимодополняющей) интерференционной картине коммуникации сети компьютеров, формируемой используемыми процессорами и соответствующим программным обеспечением. Возникает реальный материальный механизм оптимизации взаимодействия коммуникации людей и коммуникации сети компьютеров, обеспечивающий целостное функционирование организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла.

7). Интерпретация разработанной концептуальной модели предполагает содержательно-предметное разъяснение символов и знаков формализованной теоретической конструкции на содержательном языке строительной деятельности (рис. 3.2.6).



Рис. 3.2.6. Интерпретированная в терминах тезауруса «Управление строительными проектами» многоуровневая концептуальная модель организационно-технической системы управления строительством с точки зрения функциональных задач

3.3. Разработка методики оценки целостности системы управления крупномасштабными строительными проектами

Достоверность результатов настоящего исследования может быть принципиально достигнута лишь в рамках системного подхода, предполагающего наличие нерасторжимой связи между целостностью любой системы и эффективностью её функционирования [29, 162]. Конкретно-научной интерпретацией такого подхода в данном конкретном случае является системный анализ качества работы системы управления крупномасштабным строительством по фактическим показателям, полученным в результате обследования. Языковым средством описания принят математический аппарат теории множеств и теории статистики [11].

В кибернетике, в форме «законов управления», определены некоторые общие условия эффективного выполнения управляющей системой своих функций, обусловленные информационным характером процессов управления. Из этих законов, собственно, и следует наличие прямой неразрывной связи между целостностью системы управления и эффективностью её функционирования. Целостность системы управления – это степень активности информационного взаимодействия всех её элементов друг с другом. Чем активнее элементы информационно взаимодействуют друг с другом – тем выше уровень целостности системы. Чем меньше элементы информационно взаимодействуют друг с другом – тем ниже уровень целостности системы. Под информационным взаимодействием элементов системы управления понимается степень осведомлённости всех элементов (частей) системы управления о состоянии друг друга [53].

Исходя из изложенного, автором сформулирован Принцип целостности, положенный в основу оригинальной методики оценки целостности системы управления крупномасштабным строительством для определения её эффективности: чем выше уровень целостности системы управления – тем эффективнее эта система функционирует. Говоря кратко – эффективны только целостности.

В соответствии с Принципом целостности, оптимальное целенаправленное поведение любой системы управления должно стремиться к высшему пределу своей целостности: когда каждое структурное подразделение системы максимально информировано о состоянии всех других структурных подразделений и частей системы и о состоянии внешней среды и любом внешнем окружении. Максимальная информированность каждой части системы управления о состоянии всех других её частей объективно означает оптимальную работу системы управления по достижению заданных целей реализуемого проекта. Минимальная информированность даже какой-либо одной части системы объективно приводит к тому, что эта часть начинает работать против системы в целом.

Так как основным «продуктом» функционирования системы управления являются генерируемые этой системой решения, то эффективность системы управления определяется как целостность продуцируемых этой системой всей совокупности решений. Никакой другой объективной системной характеристики эффективности системы управления, кроме оценки целостности принимаемых решений, не существует. Эффективность системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла должна описываться как целостный непрерывный процесс, несмотря на наличие относительно автономных этапов (стадий) непосредственного строительства. Иными словами, целостность процесса управления не должна иметь точек разрыва.

Данное системное обоснование положено в основу авторской методики оценки целостности системы управления крупномасштабным строительством. Посредством точного математического расчёта, методика позволяет осуществлять контроль трансляции эффективности функционирования системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла как целостности заложенных в этой системе решений. В качестве исходных эмпирических данных могут выступать экспертные значения любых количественных показателей, адекватно отражающих состояние протекающих в этой системе процессов принятия решений.

Сложность организационно-технических систем управления не позволяют корректно описывать протекающие в них информационные процессы принятия решений с помощью какого-либо одного математического алгоритма – однозначно обусловленного строгой зависимостью между признаками (жёстко детерминированного) или вероятностного (стохастического). Специфичность этой сложности заключается в следующем:

1). Роль и характер участия каждого конкретного человека в управлении всегда имеет индивидуальные особенности, обусловленными личным жизненным и производственным опытом, отношениями в коллективе, психо-физиологическими возможностями, что неизбежно предполагает неформализуемое разнообразие сценариев поведения.

2). Целеполагание системы управления в целом реализуется на мотивационной «базе» всех её структурных частей, которые в принципе не могут быть абсолютно идентичными по причине различных производственных задач, определённых должностными инструкциями соответствующих структурных подразделений.

3). Субъективная оценка фактических обстоятельств конкретной производственной ситуации является неустранимым фактором при подготовке и принятии решений любого уровня.

4). Понятийный дискурс естественного языка не всегда точно и полно передаёт смысловое содержание управленческого воздействия в силу ограниченности по времени любого производственного процесса и канала связи, а также физиологических возможностей самого человека.

5). Реальная производственная ситуация всегда включает в себя некоторую долю неопределённости, формируемую неполнотой информации об этой ситуации или высокой изменчивостью самой ситуации – что приводит к отсутствию объективных критериев для качественной и количественной оценки и построению хоть каких-то прогнозных моделей.

В силу описанной специфики сложности организационно-технической системы управления (СУ), описание её поведения нельзя свести к однозначно рассчитываемым причинно-следственным зависимостям или вероятностным ожиданиям (без принципиально неприемлемых упрощений) и, следовательно, для их формализации некорректно использовать чисто детерминистские или стохастические (вероятностные) математические модели.

В такой исследовательской ситуации достоверная оценка конкретных производственных показателей состояния процессов принятия решений может и должна базироваться на солидном производственном опыте в области управления крупномасштабными проектами, профессиональных знаниях в области строительства и личной ответственности и интуиции специалистов-практиков. Во второй половине XX века в междисциплинарном смысловом поле кибернетики, теории организационного управления, эконометрики сформировалась теория и практика самостоятельной дисциплины – метод экспертных оценок [53].

Метод экспертных оценок предполагает привлечение к участию в процедуре оценки и анализа конкретной проблемной ситуации специально отобранных лиц, обладающих необходимыми знаниями, профессионально компетенцией и опытом работы в исследуемой предметной области и называемых «экспертами». Экспертные оценки могут выражаться как в качественных, так и в количественных показателях. Процедура оценки в производственных условиях должна инициироваться соответствующим поручением ЛПР о создании Рабочей группы (РГ), которая отбирает экспертов и организует их деятельность в форме специально формируемой Экспертной комиссии (ЭК).

Для анализа показателей эффективности Системы управления (СУ) Проектом должна быть сформирована Экспертная комиссия (ЭК), которая производит оценку показателей эффективности СУ Проектом и определяет их средневзвешенные значения. Экспертами могут быть специалисты, имеющие общий стаж работы в стройиндустрии более 10 лет, включающий опыт управления крупными строительными проектами не менее 5 лет. С целью объективности результата, данные

лица должны быть выбраны из независимых от инициатора экспертного опроса структур. Экспертам предлагается оценить эффективность представленных вариантов СУ Проектом по пяти основным показателям, допускающим достоверный контроль: оперативность (E), надёжность (D), охват (P), непрерывность (R), категоричность (K). В целом, описание подлежащих экспертной оценке показателей имеет следующий вид:

Мобильность (E) – своевременность принятия и доведения до непосредственных исполнителей управляющих воздействий ЛПР (в форме распоряжений, приказов, инструкций и т.д.). Определяется как интервал времени между нормативной (регламентной) T_0 и реальной (практической) T_1 продолжительностью времени принятия и доведения управляющих воздействий.

Адаптивность (D) – продолжительность функционирования СУ в заданном режиме без необходимости дополнительных корректирующих воздействий со стороны ЛПР. Определяется как интервал времени между продолжительностью полного цикла управляющего воздействия T_0 и моментом возникновения корректирующего воздействия T_1 в течение этого цикла.

Полнота (P) – количество элементов Проекта, включённых в объект управления и подвергающихся управляющему воздействию со стороны ЛПР. Определяется как разница между общим количеством включённых в объект управления элементов Проекта P_0 и числом подвергающихся управляющим воздействиям элементов Проекта P_1 .

Устойчивость (R) – отсутствие отклонений (сбоев) в работе СУ. Определяется как среднее количество отклонений (сбоев) N в работе СУ в единицу времени.

Адекватность (K) – соответствие содержания управляющих воздействий ЛПР и реального поведения непосредственных исполнителей. Определяется как разница между общим количеством принятых и доведённых до исполнителей управляющих воздействий K_0 и количеством реально исполненных управляющих воздействий K_1 .

Оценка показателей эффективности СУ производится по десятибалльной шкале. Чем выше балл – тем более высокой считается оценка значения показателя эффективности. Экспертам предлагается оценить показатели эффективности в динамике на протяжении одной рабочей недели. Иными словами, экспертам предлагается построить вариационные ряды (временные ряды) показателей эффективности СУ на три момента времени в течение одной рабочей недели: понедельник, среда, пятница. Результаты экспертных оценок показателей эффективности СУ целесообразно представить в виде таблицы на каждый момент времени. Форма таблиц представлены в табл. 3.5.1 – 3.5.3. [53]

Таблица 3.5.1.

Показатели эффективности СУ на момент времени T_1 (понедельник)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1					
2					
3					
.....					
n					
Среднее					

Таблица 3.5.2.

Показатели эффективности СУ на момент времени T_2 (среда)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1					
2					
3					
.....					
n					
Среднее					

Таблица 3.5.3.

Показатели эффективности СУ на момент времени T_3 (пятница)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1					
2					
3					
.....					
n					
Среднее					

Таким образом, с СУ снимается $n = 5$ сигналов (показателей E, D, P, R, K) в моменты времени $t = 1, 2, 3$ (понедельник, среда, пятница). Обработка результатов измерений производится методом расчёта средних баллов, которые рассматриваются как интегральные оценки, выставленные коллективом опрошенных. Результаты средних значений показателей эффективности представляются в виде итоговой таблицы. Форма таблицы представлена в табл. 3.5.4. [53]

Табл. 3.5.4.

Итоговая таблица средних значений показателей эффективности СУ

n t	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
t ₁					
t ₂					
t ₃					

Непосредственно процедура экспертных оценок (экспертизы) производится следующим образом:

1. Принятие административного решения о проведении экспертизы и издание соответствующего локального нормативного акта за подписью ЛПР. В данном акте должна быть определена цель экспертизы, порядок формирования Рабочей группы (РГ), процедура проведения экспертизы, выделяемые технические и финансовые

средства, а также сроки и порядок проведения непосредственно самой экспертизы с указанием ответственных лиц. Контроль за исполнением решения возлагается непосредственно на ЛПР и предусматривает проведение регулярных рабочих совещаний с обязательным присутствием членов РГ и ответственных лиц.

2. Формирование состава РГ, назначение её руководителя и секретаря. В функциональные обязанности руководителя РГ входит участие в подборе кандидатур экспертов, организация проведения экспертизы в целом, подготовка заключения по окончании экспертизы. Секретарь РГ осуществляет ведение и хранение всей документации, по поручению руководителя РГ занимается решением мелких технических и организационных вопросов

3. Подготовка технического задания на проведение экспертизы. Техническое задание разрабатывается коллективными усилиями РГ и утверждается ЛПР. В соответствии с разделами технического задания осуществляется разделение функциональных обязанностей между членами РГ, уточняются индикаторы экспертных оценок, разрабатываются формы необходимых документов и способы фиксации и хранения данных.

4. Выработка детального регламента (сценария) конкретных действий. Регламент включает в себя перечень конкретных ситуаций получения экспертных оценок и описание конкретных форм представления экспертной информации.

5. Поиск и ведение предварительных переговоров с потенциальными экспертами. Эта работа проводится руководителем РГ. По результатам составляется список возможных кандидатов, которые в силу своей компетентности могут быть включены в число экспертов.

6. Утверждение ЛПР состава экспертной комиссии (ЭК) и условий её работы. Участие в составе ЭК отобранных и утверждённых кандидатур оформляется соответствующими договорами, которые, помимо всего прочего, содержат строгое условие о неразглашении коммерческой тайны.

7. Непосредственный сбор экспертной информации членами ЭК в порядке и сроки, утверждённые регламентом (сценарием).

8. Математическая статистическая обработка полученных эмпирических результатов показателей экспертных оценок.

9. Обсуждение и интерпретация полученных результатов экспертизы, подготовка соответствующих рекомендаций ЭК для ЛПР.

10. Оформление итогового заключения ЭК с результатами экспертизы.

11. Итоговое совещание с участием ЛПР, членов РГ и ЭК. Принятие административного акта об утверждении (или не утверждении) итогового заключения ЭК и отчёта РГ.

Полученные по результатам экспертизы количественные значения показателей состояния протекающих в системе управления процессов принятия решений представляют из себя числовые последовательности (временные ряды) и являются необходимыми исходными данными для дальнейшего математического расчёта показателя целостности СУ.

Собственно математическая процедура расчёта имеет следующий вид.

Пусть состояние процессов принятия решений в системе управления характеризуется совокупностью n сигналов A_i (n – количество сигналов, A – сигнал, i – порядковый номер сигнала).

Возможны два крайних состояния указанных процессов:

(I). Ни в одном из n сигналов нет даже малой частицы информации, содержащейся в других сигналах. Размерность n пространства сигналов невозможно уменьшить без утраты информации о состоянии системы. Сигналы распространяются независимо друг от друга. Это состояние хаоса и полной неорганизованности.

(II). Каждый из n сигналов содержит всю информацию, содержащуюся в каждом из остальных сигналов. Совокупность всех n сигналов можно описать одним сигналом. Это абсолютная организованность (целостность).

Показатель целостности любой реально функционирующей системы управления колеблется в промежутке между крайними случаями состояний (I) и (II). С точки зрения синергетики, колебательный режим работы системы имеет аттрак-

торы (простые или странные) [108]. Если преобладают простые аттракторы, то уровень целостности системы стремится к варианту (I). Если преобладают странные аттракторы, то уровень целостности системы стремится к варианту (II). Из изложенного вытекает достоверное суждение: система управления работает эффективнее тогда, когда в ней доминируют колебательные процессы со странными аттракторами. Данное суждение также подтверждается полученным в предыдущем разделе настоящей главы (см. рис. 3.2.1.) графоаналитическим отображением переноса энергоинформационных потоков, которое представляет странный аттрактор – информационный граф замкнутой системы седьмого порядка с тремя уровнями иерархии.

Экспериментальная верификация методики оценки целостности предполагает следующую алгоритмическую процедуру с использованием методов прикладной статистики:

На основании усреднённых данных табл. 3.3.4. можно построить матрицу $A = (a_{ij})$, где i – номер параметра ($i = n$), j – номер момента времени ($j = t$). Тогда результаты экспертного опроса можно представить матрицей A :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{t1} & \dots & \dots & a_{tn} \end{pmatrix} \quad (3.3.1.)$$

Матрицу A можно считать одним n -мерным сигналом, изменяющимся во времени. Если все столбцы матрицы A статистически независимы, то это означает, что все n частей рассматриваемого объекта работают вразнобой, диссонируя друг с другом. Такой же вывод можно сделать, если строки матрицы не зависят друг от друга. Это абсолютная нецелостность, неоптимальность объекта.

Однако, возможен и альтернативный вариант: существует одномерный сигнал $(b_1..b_t)$, b_i – значение сигнала в момент времени t , все сигналы выражаются через $[b_i]$. В этом случае каждый из сигналов несет одинаковую информацию, такую же,

как и весь исследуемый объект. Это абсолютная целостность, оптимальность функционирования.

С учётом сказанного, исследование уровня целостности осуществляется следующим образом. Используя метод главных компонент [11], по матрице A построим ковариационную матрицу B :

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & \dots & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & \dots & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & \dots & \dots & b_{nn} \end{pmatrix} \quad (3.3.2)$$

В ковариационной матрице $b_{ij} = b_{ji}$. $B = (b_{rs})$,

где $b_{rs} = \sum_i (a_{ri} - \sum_k a_{rk}/t) \times (a_{si} - \sum_k a_{sk}/t)$.

Матрица B неотрицательна и имеет n собственных значений:

$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n \geq 0$, при этом $\sum \lambda_i = \sum b_{ii}$.

Если $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \dots = \lambda_n = 0$, то n -мерный сигнал (a_{ij}) сводится к одномерному [11], каждый из n сигналов несет информацию об остальных сигналах (каждая подсистема несет информацию о всех подсистемах и системе в целом), это абсолютная организованность, целостность.

Если $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = (\sum b_{ii})/n$, то размерность исходного сигнала нельзя понизить. Наша система эквивалентна такой n -мерной системе, где каждый сигнал не имеет никакой информации о других сигналах (каждая подсистема не имеет никакой информации о других подсистемах, они работают вразнобой). Это абсолютная неорганизованность, нецелостность.

На практике n , как правило, меньше общего количества параметров исследуемой системы. Исследование «выборочных» уровней целостности при различных n и t с разными множествами сигналов позволяет сделать правдоподобный вывод об уровне целостности всей системы. Практика применения данной методики для определения уровня целостности различных природных и искусственных объектов

со всей очевидностью показала, что в рамках настоящего диссертационного исследования можно ограничиться случаем $n \geq 5, t = 3$.

С физико-математической точки зрения, полученный в результате такой оценки показатель целостности является безразмерной скалярной величиной – своего рода «IQ» системы управления крупномасштабным строительством. По своей сути, показатель целостности характеризует системное свойство системы управления и определяет результативность любых поведенческих операций (как положительно, так и отрицательно). Данное утверждение в дополнительном обосновании не нуждается. Однако, с точки зрения стратегического планирования, вызывает несомненный интерес экономический аспект эффективности системы управления. «Восхождение» от абстрактного (чистого) показателя целостности системы управления крупномасштабным строительством к её конкретному экономическому содержанию возможно посредством экономико-математического моделирования оценки рыночной системной эффективности капитала строительного предприятия. В рамках целеполагания, ориентированного на рост стоимости бизнеса («Value Based Management» – VBM), в качестве системно ориентированного индикатора его оценки можно использовать показатель экономической добавленной стоимости (Economic Value Added – EVA), результатом дальнейшей экспликации которого является показатель остаточного дохода (Residual Income – RI). Показатель остаточного дохода позволяет оценивать бюджет денежных потоков и текущую стоимость капитала [128, 129].

С экономической точки зрения, системно эффективным следует считать такое использование капитала предприятия, при котором за счёт целостности системы управления обеспечивается образование дохода, достаточного для выплаты процентных платежей по заёмным средствам и дивидендных платежей собственникам на уровне не ниже рыночной ставки, а также прирост капитала, гарантирующий средний рыночный темп роста стоимости бизнеса. В соответствии с данным критерием, рентабельность активов предприятия должна отвечать условию:

$$PA \geq CD \cdot dCK + CZ \cdot dZK + CP, \quad (3.3.3)$$

где $РА$ – рентабельность активов;

$СД$ – ставка дивидендов учредителей;

$dСК$ – доля (удельный вес) собственного капитала;

$СЗ$ – ставка заёмных средств;

$dЗК$ – доля (удельный вес) заёмного капитала;

$СП$ – ставка отчислений из прибыли на развитие проекта, равная рыночной ставке доходности альтернативных проектов, но не ниже средней стоимости капитала предприятия.

В соответствии с условием системной эффективности использования капитала, ставки дивидендных и заёмных выплат должны быть на уровне не ниже рыночной ставки ($СП$):

$$СД \geq СП \text{ и } СЗ \geq СП \rightarrow СД \cdot dСК + СЗ \cdot dЗК \geq СП \quad (3.3.4)$$

и условие рентабельности активов можно записать в виде:

$$РА \geq 2 \cdot СП \quad (3.3.5)$$

Данное выражение является математической формой записи критерия системной эффективности использования капитала (далее по тексту – «Критерий»).

Тогда норматив рентабельности активов ($nРА$), в соответствии с Критерием, можно представить в виде:

$$nРА \geq 2 \cdot СП \quad (3.3.6)$$

Оценка соответствия конкретного предприятия Критерию базируется на сравнении фактических значений средней стоимости капитала ($WACC$) и рентабельности активов с нормативным (рыночной ставкой). Алгоритм расчёта основных параметров следующий:

1. Расчёт рентабельности активов можно произвести по прибыли или по операционному денежному потоку (денежному потоку от текущей деятельности).

По прибыли:

$$РА = \frac{\Pi + \%}{А} \cdot 100, \quad (3.3.7)$$

где Π – чистая прибыль;

$\%$ – проценты к уплате;

A – стоимость активов.

По денежному потоку:

$$PA = \frac{kД}{A} = \frac{\Pi + \% + AM}{A} \cdot 100, \quad (3.3.8)$$

$$kД = \Pi + \% + AM, \quad (3.3.9)$$

где $kД$ – скорректированный денежный поток;

AM – амортизационные отчисления за период.

2. Обоснование барьерной рыночной ставки.

2.1. Для предприятий со средней стоимостью капитала ниже ставки по альтернативным проектам ($WACC \leq СП$) оценка уровня системной эффективности выполняется по рыночной ставке, значения $СД$ и $СЗ$ принимаются по фактическим данным, значение $СП$ принимается по рыночной ставке с учётом коррекции на удельный вес собственного капитала. Критерий записывается в виде следующего условия:

$$PA \geq СД \cdot dCK + СЗ \cdot dЗК + СП \cdot dЗК$$

$$\text{Тогда } WACC = СД \cdot dCK + СЗ \cdot dЗК \quad (3.3.10)$$

$$\rightarrow PA \geq СП + СП \cdot dCK \quad \text{или} \quad PA \geq СП (1 + dCK)$$

2.2. Для предприятий со средней стоимостью капитала выше ставки по альтернативным проектам ($WACC \geq СП$) оценка уровня системной эффективности выполняется по фактической стоимости капитала, значения $СД$ и $СЗ$ принимаются по фактическим данным с учётом условия $СД \leq СП$ и $СЗ \geq СП$. В этом случае Критерий имеет следующее выражение:

$$PA \geq WACC + СП \cdot dCK \quad (3.3.11)$$

В итоге, в зависимости от соотношения средней стоимости активов предприятия и рыночной ставки по альтернативным проектам, Критерий можно рассчитать различными способами (1) и (2). Для обоснования барьерной рыночной ставки (СБР) в соответствии с ориентированным на рост стоимости капитала целеполаганием, определяющим условием является одновременное выполнение требований $СБР \geq СП$ и $СБР \geq WACC$.

Таким образом, с позиции экономического анализа, целостность системы

управления позволяет увеличить используемые ресурсы за счёт получения явной и скрытой прибыли. Нарушение целостности системы управления приводит к возникновению дополнительных затрат от явных и скрытых убытков. Экономический расчёт указанной явной и скрытой прибыли и убытков позволяет осуществить анонсированное выше «восхождение» от абстрактного (чистого) показателя целостности системы управления крупномасштабным строительством к конкретному экономическому показателю системной эффективности использования капитала, имеющему стоимостное (денежное) выражение. Стратегия управления крупномасштабными строительными проектами по критерию целостности предоставляет дополнительные возможности для достижения целевого роста стоимости бизнеса и наилучший способ использования капитала в имеющихся условиях.

Выводы по главе 3

1. На основе инвариантного описания сущности исследуемой предметной области представлена концептуальная модель организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического уклада в междисциплинарном смысловом поле, включающая атрибутивное (инвариантное) и операциональное (алгоритмическое) описание и методику оценки целостности.

2. Концептуальная модель включает в себя интегрирующую цифровую (вычислительную) платформу в качестве информационного оператора, представляющую из себя синтез информационных структур ТИМ (ВІМ) и РМВоК.

3. Контроль трансляции целостности системы управления на протяжении полного жизненного цикла любого крупномасштабного строительства позволяет формировать такие организационные структуры управления, которые обеспечивают наиболее эффективное достижение поставленных целей строительства с учётом надёжности и риска и в условиях ситуации неопределённости.

4. Возможность целостной оценки эффективности управления крупномасштабным строительством может быть использована при разработке моделей, методов и алгоритмов стратегического планирования строительной отрасли с учётом динамики полного жизненного цикла строящихся объектов.

5. Компьютеры позволяют наиболее эффективно реализовать преимущества тензорного исчисления при анализе и проектировании сложных систем. Поэтому практическая реализация представленной концептуальной модели в конечном счёте ориентирована на использование компьютерных сетей и создание современной автоматизированной системы управления строительством (АСУС). Использование тензорного метода моделирования и расчёта организационно-технических систем управления крупномасштабным строительством в дальнейшем предполагает разработку общесистемного математического и соответствующего программного обеспечения.

6. Представленная автором концептуальная модель может использоваться для широкого класса практических задач многокритериальной оптимизации и системных улучшений технико-экономических характеристик действующих крупномасштабных строительных проектов на протяжении полного жизненного цикла.

7. Результаты концептуального моделирования могут быть интерпретированы в виде многофакторной структурно-логической модели с тремя уровнями иерархии. В силу дальнейшего естественного развития науки и техники содержательное понимание отдельных факторов неизбежно будет уточняться и конкретизироваться, также будут возрастать технические возможности строительных технологий. Но сама структурно-логическая схема базисных факторов останется инвариантной.

ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Краткое резюме крупномасштабного строительного проекта

Понимание абстрактного характера любых теоретико-системных конструкций по отношению к реальному разнообразию конкретных объектов предполагает разделение процедур концептуального моделирования и интерпретации полученных результатов. При этом первая выступает в качестве непосредственной научно-технической методологии разработки концептуальной модели исследуемой предметной области, а вторая — в качестве апробации построенной модели на реальном объекте строительства.

Представленные в предыдущем разделе концептуальная модель и методика оценки целостности системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла были разработаны с учётом научных достижений, изучения, анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта. Важное место в апробации полученных теоретических результатов данного исследования занимает собственный практический опыт автора при осуществлении реального крупномасштабного инвестиционно-строительного проекта «Агропромышленный комплекс в Бутурлиновском районе Воронежской области» (далее по тексту – Проект).

Процедура апробации полученных теоретических результатов исследования заключается в следующем. Резюмируется специфика Проекта и конкретизируется системотехнический характер проблемы формирования организационно-технической системы управления таким Проектом. На основе новой концептуальной модели создаётся функциональная модель организационно-технической системы управления Проектом с тремя уровнями иерархии. На основе функциональной модели описывается конкретный алгоритм управления информационными потоками посредством их комплексной визуализации в смысловом поле Проекта. На основе

алгоритма управления разрабатывается (или используется уже имеющееся) конкретное программно-аппаратное решение задач управления Проектом. Техническим ядром организационно-технической системы управления Проектом является Ситуационный Центр (далее по тексту – СЦ), являющийся в настоящее время наиболее распространённым форматом системотехнического взаимодействия «человек-компьютер». По мнению автора, определяющим фактором эффективности использования СЦ является не количество мониторов и скорость процессоров, а технология коллективной мыследеятельности принимающих решения лиц, воплощённая в тщательно разработанный сценарий ОДИ. В противном случае, как показала практика, основным режимом функционирования СЦ становится проведение обычных производственных планёрок, опосредованных задействованием программно-аппаратных средств и дистанционным взаимодействием участников.

Изначально важно отметить, что каждый Проект обладает целым рядом индивидуальных специфических особенностей, не позволяющих полностью отождествить его с другими аналогами. В силу указанной причины, функциональная модель организационно-технической системы управления конкретным Проектом разрабатывается строго индивидуально и носит уникальный характер, что исключает её механическое тиражирование для других подобных объектов.

Название Проекта – Инвестиционно-строительный проект «Агропромышленный комплекс в Бутурлиновском районе Воронежской области»: создание комплекса сельскохозяйственных предприятий и организаций на площади 10000 га с объёмом инвестиционного финансирования 950 000 000 долларов США и сроком реализации 8 лет. Комплекс представляет собой единый экономический кластер – сконцентрированную на указанной территории группу взаимосвязанных предприятий и организаций сельскохозяйственного производства, взаимодополняющих друг друга и усиливающих конкурентные преимущества отдельных компаний и кластера в целом. Преимущества взаимной конкуренции и кооперации участников кластера способствуют формированию уникальных компетенций региона. Созда-

ние кластера должно преследовать определенный замысел, заключающийся в придании ему особых дополнительных свойств, благодаря которым участники кластера могут гарантированно получать ресурсы, технологии, знания, информацию. Отличительной чертой кластера является целевая предпринимательская деятельность. Концепция кластерного развития экономики региона способствует консолидации усилий предпринимательских структур, субъектов инвестиционной и инновационной деятельности, органов исполнительной власти, общественных организаций для эффективного решения насущных региональных проблем. Опыт такой консолидации в разных странах оказался достаточно успешным. Руководство кластером должно быть коллегиальным.

Схема кластерного взаимодействия предприятий и организаций сельскохозяйственного производства представлена на рис. 4.1.1.

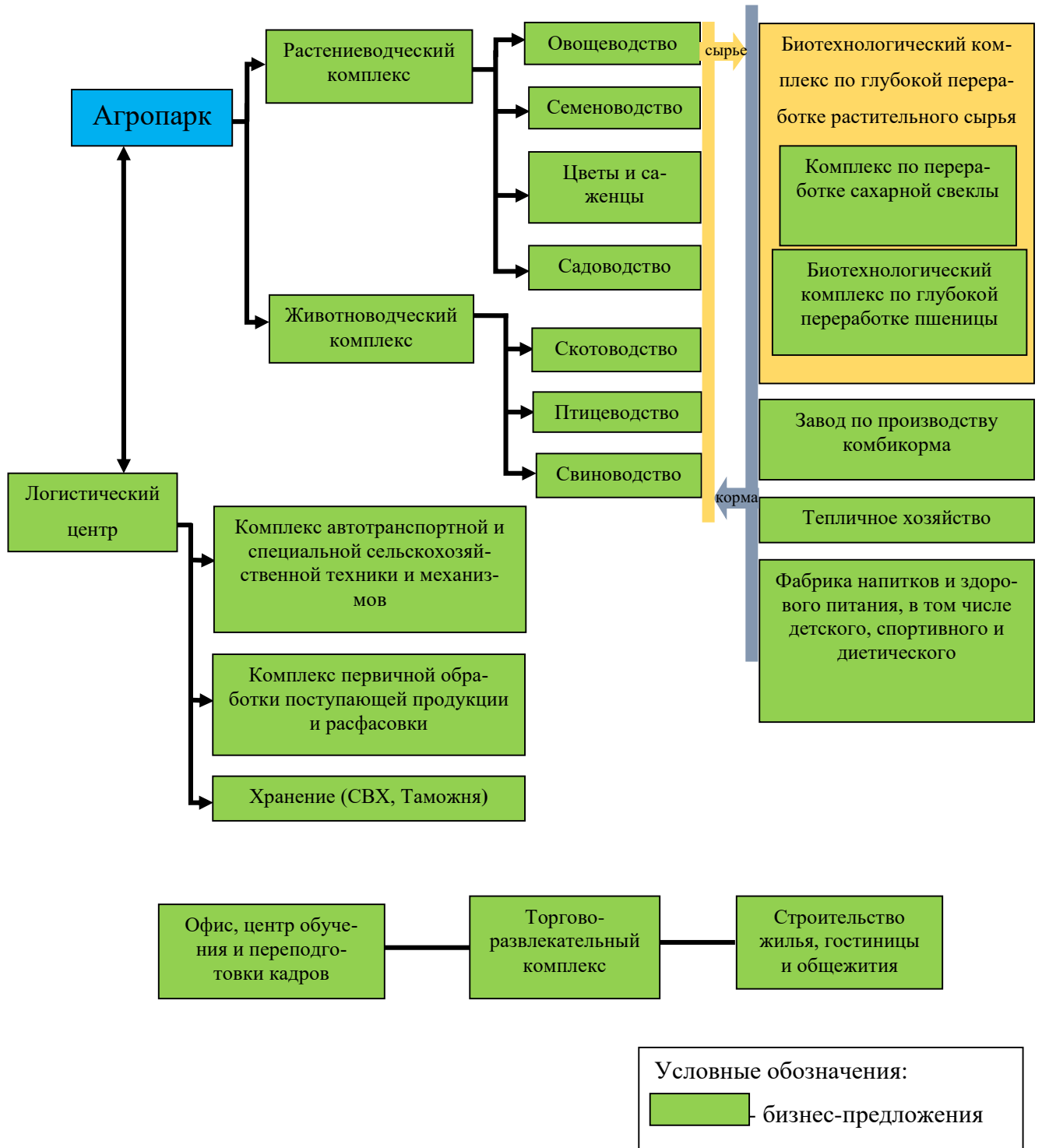


Рис. 4.1.1. Схема кластерного взаимодействия

Проект создания агропромышленного экономического кластера на территории Бутурлиновского района Воронежской области включает следующие производственные элементы, сооружаемые по самым современным технологиям:

1. Производственный комплекс по глубокой переработке зерна мощностью 250 тысяч тонн в год с элеватором объёмом хранения 120 тысяч тонн.
2. Производственный комплекс по глубокой переработке кукурузы.
3. Производственный комплекс по переработке сои.
4. Сахарный завод с полной переработкой сахарной свеклы объемом 7 тысяч тонн в сутки.
5. Аква-ферма.
6. Комплекс заводов по производству органических удобрений и комбикормов.
7. Тепличный комплекс на территории площадью 10,000 га с последующим расширением.
8. Фруктовые сады на территории площадью 500га.
9. Газопоршневая электростанция мощностью 30 МВт.
10. Логистический центр для предприятий по переработке мяса, молока, овощей и фруктов.
11. Офисно-деловой центр.
12. Торгово-развлекательный центр.
13. Жилищно-гостиничный комплекс, общежитие.
14. Завод по созданию опытно-промышленных участков переработки гидроксиапатита в новую товарную продукцию мощностью переработки 60 тонн гидроксиапатита в год.

Кластерная инициатива Проекта одобрена и стимулируется соответствующими органами государственной региональной власти и местного самоуправления Воронежской области, а также общественными организациями.

Изображения отдельных производственных элементов экономического кластера представлены в Приложении 4.

4.2. Определение проблемного поля управления крупномасштабного строительного проекта

Основная проблема – это проблема формирования организационно-технической системы управления крупномасштабным инвестиционно-строительным проектом. В исходной ситуации участники строительства представляют из себя достаточно раздробленную совокупность самостоятельно хозяйствующих субъектов различных организационно-правовых форм и форм собственности, не управляемых из единого центра. Что не соответствует системообразующему характеру крупномасштабного инвестиционно-строительного проекта при создании заявленного экономического кластера на указанной территории, который предполагает высокий уровень агрегации всех участников строительства и с вероятностью, граничащей с уверенностью, влечёт за собой мультипликативный эффект в отношении развития других отраслей хозяйства.

Углублённая специализация функций управления предполагает сосредоточение их в специально созданном коллективе людей, который обеспечивает системную интеграцию разрозненных функций управления. Необходимым условием эффективности управления является использование современных информационных технологий. В строительной индустрии ещё не разработана цифровая (вычислительная) платформа, которая предоставляла бы не только возможность решения отдельных управленческих задач, но и позволяла бы системно подходить к информационному обеспечению управления крупным инвестиционно-строительным проектом в целом. На сегодняшний день фактически отсутствуют апробированные технологии формирования организационно-технической системы управления для современных строительных предприятий, участвующих в реализации крупномасштабных проектов. Как правило, инициаторы проекта решают проблему формирования организационно-технической системы управления исходя из своего личного жизненного опыта и эмоциональных предпочтений, что не всегда приводит к положительному результату.

Первоначальная модель системы управления Проектом имела традиционный

вид организационной структуры (рис. 4.2.1).

Данная структура не содержала в себе технических средств поддержки принятия решений и была признана не соответствующей уровню сложности и характеру задач Проекта. Объект управления характеризуется высокой динамичностью внутренней логистики, территориальной распределённостью и многоотраслевым характером хозяйственных связей, огромным количеством экономических показателей на различных уровнях его организации. Эффективность реализации Проекта в целом обуславливается эффективностью работы участвующих в нём предприятий, а также эффективностью их взаимодействия в рамках Проекта.

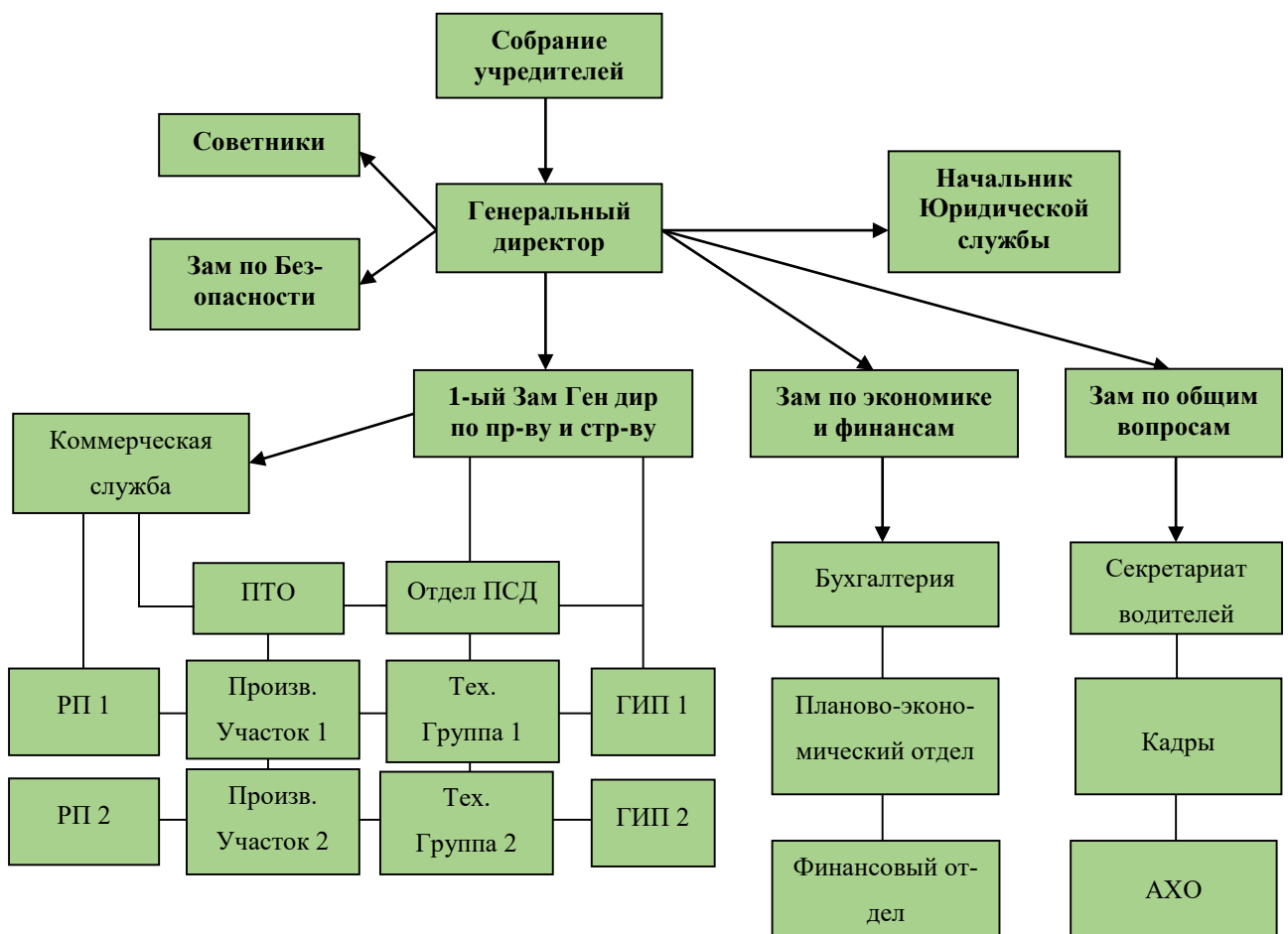


Рис. 4.2.1. Первоначальная организационная структура управления Проектом

В силу указанных обстоятельств была поставлена задача создания не организационной, а организационно-технической системы управления Проектом.

4.3. Формирование организационно-технической системы управления крупномасштабного строительного проекта

Новая концептуальная модель обеспечивает выявление знаний из фрагментированных и зашумлённых эмпирических данных большой размерности в проблемно-смысловом поле управления Проектом. Инструментом визуализации и использования выявленных знаний для принятия решений является организационно-техническая система управления Проектом в целом.

СЦ – техническое ядро организационно-технической системы управления Проектом, обеспечивающее решение основных задач ситуационного анализа и управления ресурсами. СЦ предназначен и используется для принятия управленческих решений относительно крупномасштабных объектов со сложными взаимосвязями, задачи управления в которых слабо структурированы и слабо формализованы, исходные данные об объектах управления неоднозначны, неполны и противоречивы, а цена ошибок в решении весьма высока. СЦ центр следует рассматривать как инструмент анализа, прогнозирования и, следовательно, решения стратегических и оперативно-тактических задач на базе современных информационных технологий в режиме реального времени.

Информационный облик и эффективность работы создаваемого СЦ задаётся, безусловно, набором и формулировками его функциональных задач. Именно функциональная специфичность придаёт конкретному СЦ неповторимую уникальность, в то время как автоматизация его функционирования может иметь преимущественно типовые программно-аппаратные решения. В настоящем исследовании перечень функциональных задач СЦ формируется на основе полученных, атрибутивно и операционально представленных, инвариантов новой концептуальной модели организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла.

Эпистемология сложности системных задач управления Проектом определяет три уровня структурной иерархии функциональной модели проектируемой ор-

ганизационно-технической системы управления Проектом: стратегического управления, оперативного управления и тактического мониторинга (контроля). Полное описание функциональных задач управления Проектом представлено в форме таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1.

Функциональные задачи управления Проектом

Стратегическое управление	Оперативное управление	Тактический мониторинг
<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение (расчёт) точки сборки Проекта. 2. Разработка и утверждение стратегии целеполагания. 3. Привлечение необходимых финансовых, кадровых и информационных ресурсов. 4. Разработка и утверждение сценариев Большой Игры. 5. Рефлексивный анализ сильных и слабых сторон участников Проекта. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание необходимой производственной структуры, соответствующей техническим и технологическим условиям Проекта. 2. Непосредственное оперативное руководство созданной производственной структурой для реализации Проекта в соответствии с утверждёнными сценариями Большой Игры. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Делегирование полномочий и ответственности в формате подрядных взаимоотношений.
 <p>Чрезвычайный режим управления</p>		
<p>Любое управление может осуществляться в штатной (плановой) или чрезвычайной ситуации. Поэтому, СЦ должен предусматривать возможность управления в чрезвычайных (кризисных) ситуациях.</p> <p>В режиме чрезвычайного (антикризисного) управления одновременно задействуются силы и средства всех уровней управления.</p>		

Субъектом стратегического управления является Экспертный совет. Субъектом оперативного управления является Дирекция строительства. Субъектами так-

тического мониторинга (контроля) являются подрядные организации. Многоуровневая иерархическая модель организационно-технической системы управления Проектом с точки зрения её функциональных задач представлена на рис. 4.3.1.



Рис.4.3.1. Функциональная информационная модель сложной организационно-технической системы управления Проектом.

Организационные структуры Экспертного совета, Дирекции строительства и подрядных отношений представлена в Приложении 5.

Режимы функционирования СЦ схематически представлены на рис. 4.3.2 – 4.3.5.



Рис. 4.3.2. Стратегический режим функционирования СЦ

Субъектом стратегического управления Проектом является Экспертный Совет (далее по тексту – Совет), который формируется из небольшого ограниченного состава людей, обладающих необходимыми профессиональными знаниями и значительным опытом практической реализации проектов крупномасштабного строительства или опытом самостоятельной управленческой деятельности. Главное в работе Совета – это активизация интеллектуальной активности и реализация творческого потенциала его членов на основе непрерывно поступающей информации о

конкретных значениях параметрических инвариантов концептуального проектирования всей системы управления Проектом. Совет избирает своего Председателя (Координатора), который руководит всей работой Совета. Совет разрабатывает и доводит до Дирекции Проекта обязательные для реализации сценарии Большой Игры. Прямое вмешательство Совета в оперативную работу Дирекции допускается только в случае чрезвычайной ситуации (ЧС) в управлении Проектом.

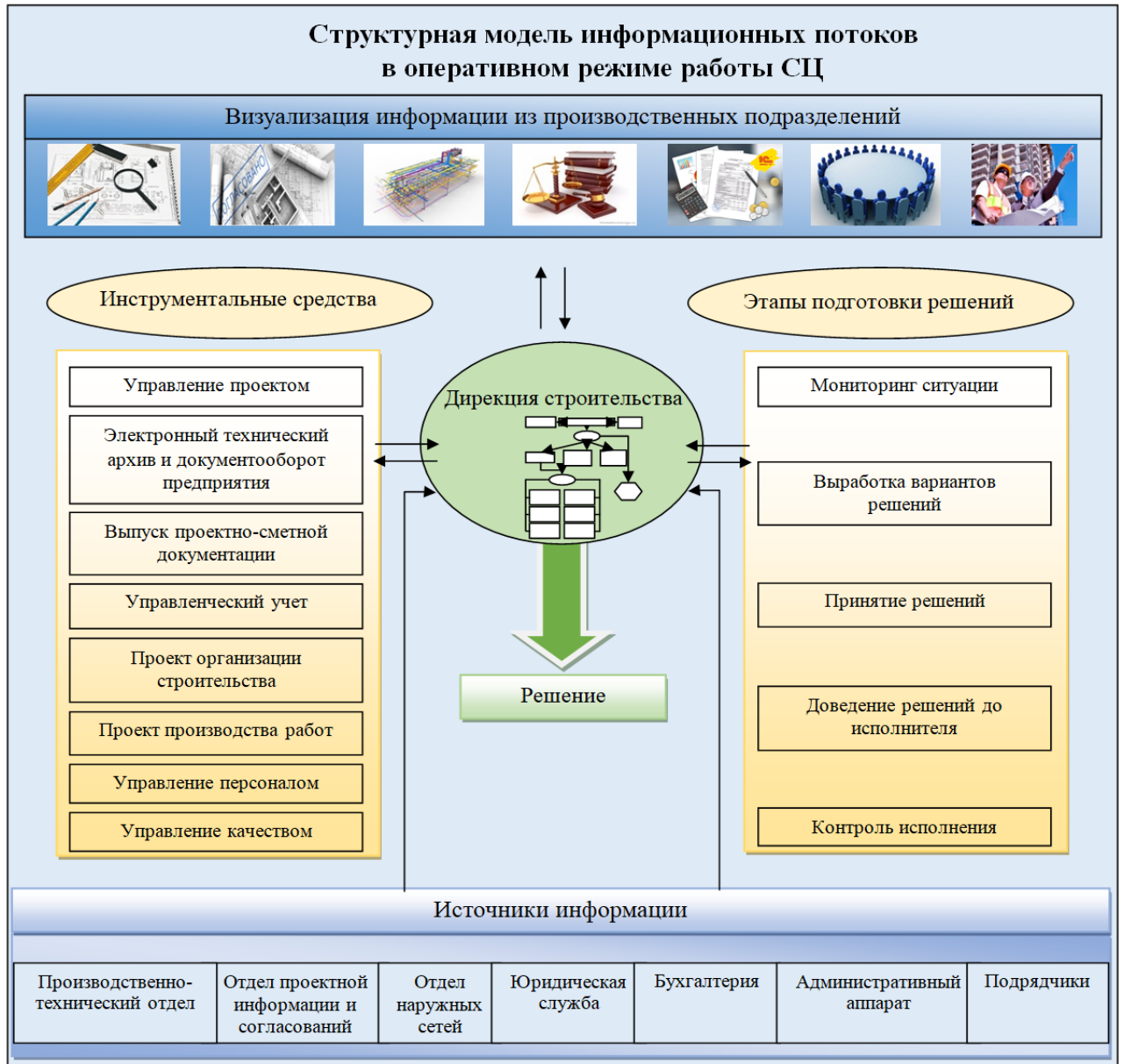


Рис. 4.3.3. Оперативный режим функционирования СЦ

Субъектом оперативного уровня управления является Дирекция строительства, осуществляющая непосредственное оперативное руководство текущей деятельностью по реализации Проекта в соответствии со сценариями Большой Игры. Структура информационных потоков оперативного управления соответствует структуре производственных подразделений самой Дирекции и структуре отношений с подрядными организациями.



Рис. 4.3.4. Режим тактического мониторинга (контроля) СЦ

Сущность тактического уровня управления состоит в делегировании полномочий и ответственности за выполнение локальных участков работ по реализации Проекта в формате подрядных отношений. Так как подрядные организации явля-

ются юридически самостоятельными лицами, то тактическое управление осуществляется посредством непрерывного мониторинга (контроля) за ходом выполнения работ конкретным подрядчиком на конкретной строительной площадке. Структура информационных Структура информационных потоков тактического управления должна отражать структуру подрядных взаимоотношений.

Под Чрезвычайной ситуацией (ЧС) в управлении понимается не само по себе возникновение непредвиденных обстоятельств, несущих угрозу реализации Проекта, а состояние неэффективности системы управления Проектом в подобных обстоятельствах. Причины возникновения ЧС в управлении Проектом могут иметь самый различный характер – от внешних природных факторов до внутренней некомпетентности или банального нецелевого использования ресурсов – но не эти причины сами по себе определяют чрезвычайный характер ситуационного управления. ЧС в управлении вызываются не внешними угрозами, а внутренней неспособностью оперативного руководителя их нейтрализовать. В силу указанных причин, при возникновении ЧС в управлении Проектом происходит смена руководящего состава Дирекции строительства и осуществляется всесторонний аудит его деятельности. Для восстановления эффективности системы управления Проектом задействуются все организационно-технические и человеческие ресурсы.

Алгоритм управления информационными потоками СЦ посредством их комплексной визуализации в смысловом поле Проекта реализован на базе СПО (специального программного обеспечения) «ВИРД».

В основе решения задачи коммутации множества источников информации на множество распределённых дисплеев лежит графоаналитическое описание информационных потоков СЦ. Информационная сеть СЦ проектируется на основе геометрического представления взвешенного ориентированного графа, в вершинах которого расположены технические устройства. При математическом описании информационной сети СЦ используется терминология задачи о максимальном потоке в ориентированном графе [23].

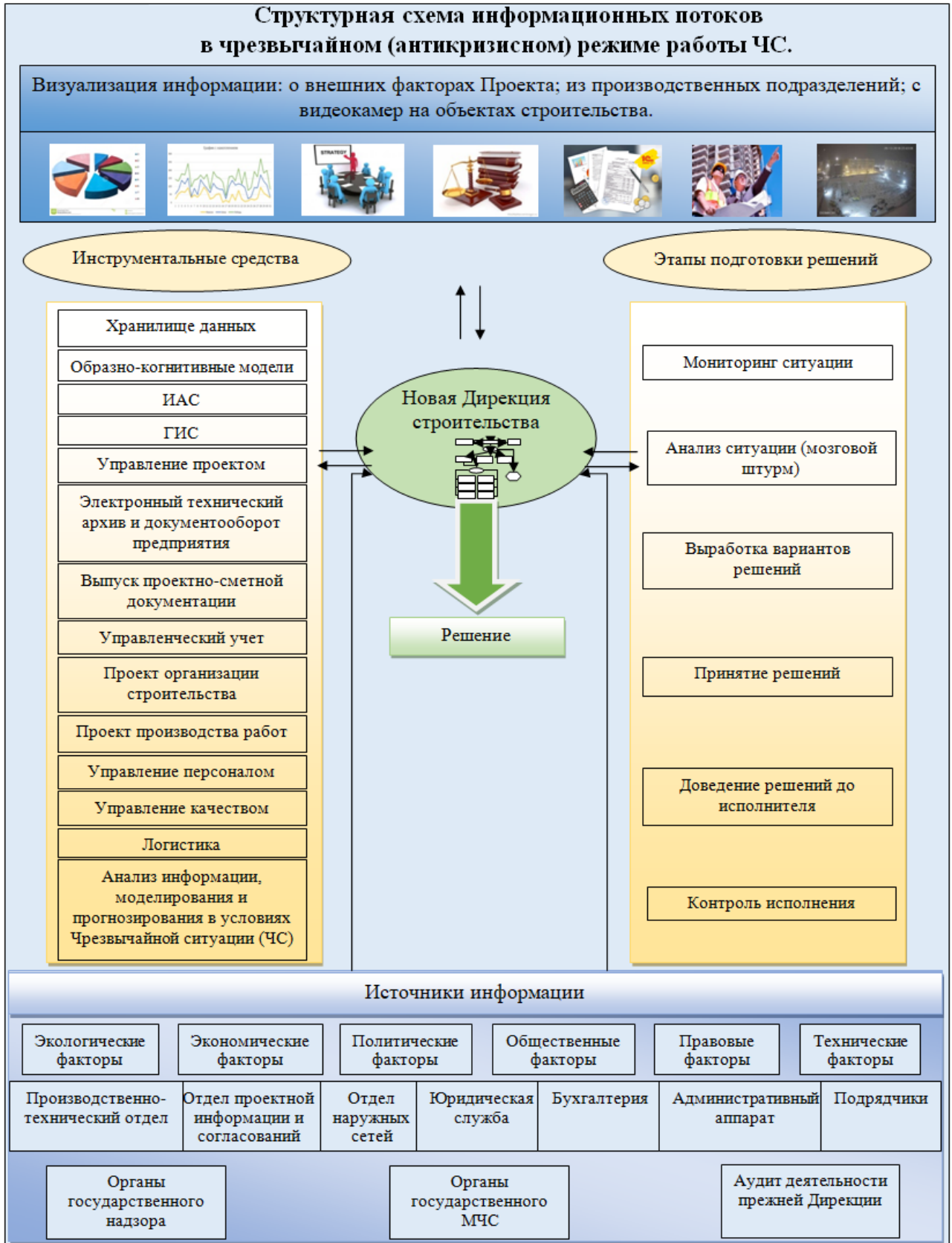


Рис. 4.3.5. Чрезвычайный режим функционирования СЦ

Математическое описание решения задачи коммутации множества источников информации на множество распределённых дисплеев (визуализация информационных потоков) представлено в Приложении 6.

Информационная сеть СЦ управления Проектом в соответствии с алгоритмом реализации СПО «ВИРД» и непосредственно Схема работы СПО «ВИРД» в СЦ управления Проектом представлены на рис. 4.3.6 и рис. 4.3.7.

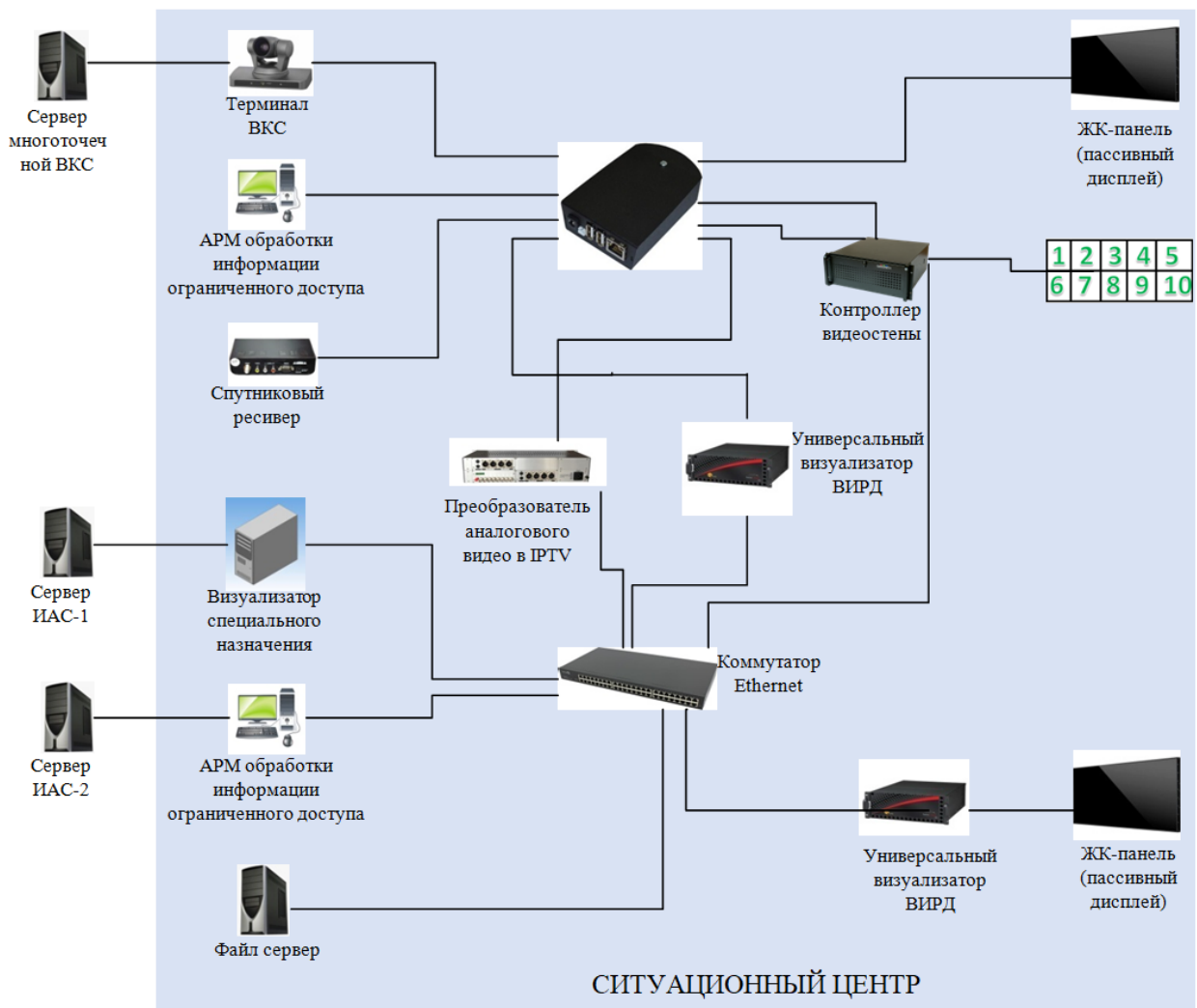


Рис. 4.3.6. Схема соединений СЦ в соответствии с алгоритмом СПО «ВИРД»

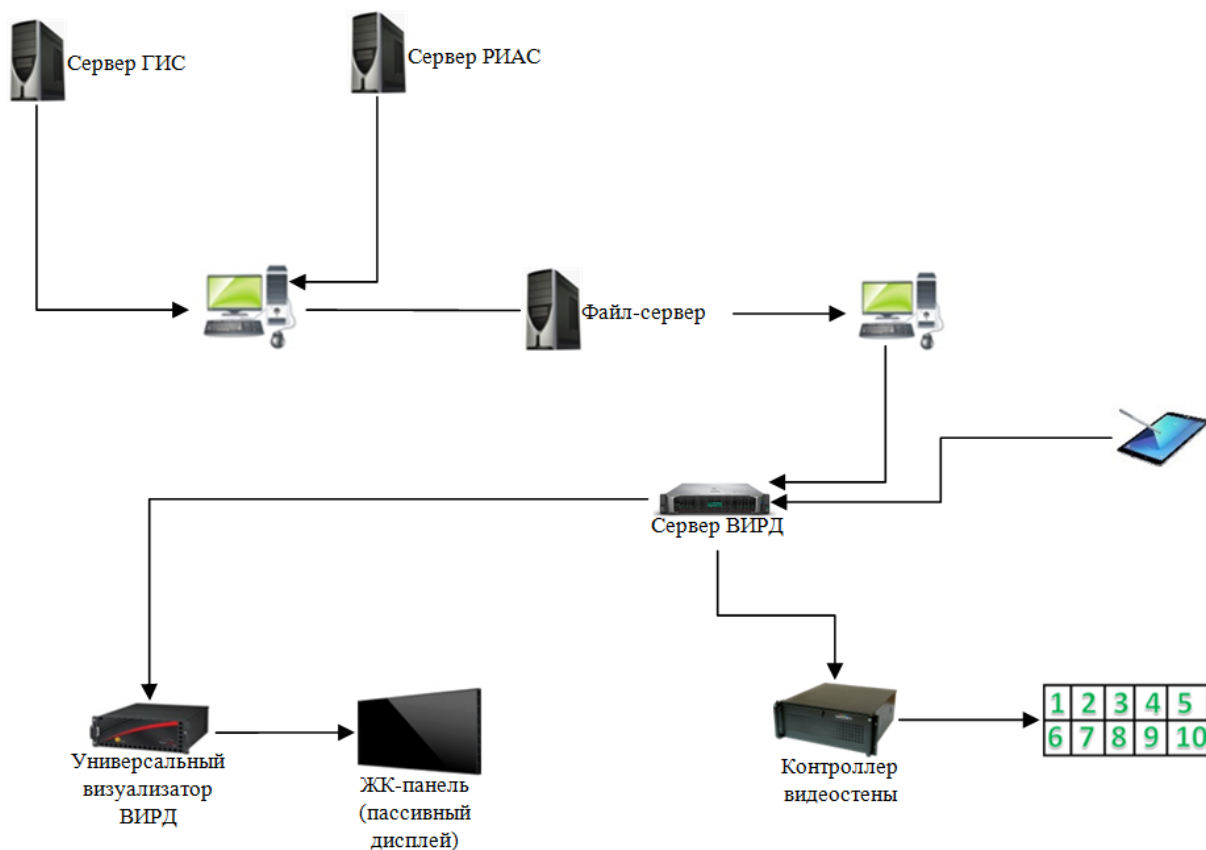


Рис. 4.3.7. Схема работы СПО «ВИРД» в СЦ управления Проектом

С учётом изложенного выше, можно определить СЦ органа управления Проектом как биофизическую систему «человек-компьютер», реализующую технологию визуализированной коллективной мыследеятельности принимающих решения лиц посредством современных программно-аппаратных решений в процессе реализации Проекта с целью принятия обоснованных и адекватных решений. Фактически можно говорить о создании рабочего прототипа современной АСУС на основе новой информационной модели сложной организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством.

4.4. Сравнительное определение эффективности созданной системы управления крупномасштабным строительным проектом на основе методики оценки целостности принимаемых решений

Для анализа показателей эффективности Системы управления (СУ) Проектом была сформирована Экспертная комиссия (ЭК), которая произвела оценку показателей эффективности СУ Проектом и определила их средневзвешенные значения. Экспертами стали специалисты, имеющие общий стаж работы в стройиндустрии более 10 лет, включающий опыт управления крупными строительными проектами не менее 5 лет. С целью объективности результата, данные лица были выбраны из независимых от инициатора экспертного опроса структур. Экспертам было предложено оценить эффективность представленных вариантов СУ Проектом по пяти основным показателям: оперативность (Е), надёжность (D), охват (Р), непрерывность (R), категоричность (К). С целью достижения единого смыслового понимания, словесное определение каждого показателя было дополнено его формализованным математическим описанием.

Оценка показателей производилась по десятибалльной шкале применительно к двум вариантам СУ Проектом: организационному (СУ-1) и организационно-техническому (СУ-2). Чем выше балл – тем более высокой считалась оценка значения показателя эффективности. Экспертам было предложено оценить показатели эффективности в динамике на протяжении одной рабочей недели. Иными словами, экспертам было предложено построить вариационные(временные) ряды для каждого из вариантов СУ на три момента времени в течение одной рабочей недели: понедельник, среда, пятница.

Результаты экспертных оценок для СУ-1 представлены в таблицах 4.4.1. – 4.4.3. [53].

Таблица 4.4.1

Момент времени T_1 (понедельник)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1	3	4	5	2	1
2	1	2	2	1	1
3	2	2	4	3	1
4	3	4	5	1	1
5	1	3	4	3	1
Среднее	2	3	4	2	1

Таблица 4.4.2.

Момент времени T_2 (среда)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1	4	1	1	1	3
2	3	2	1	1	1
3	4	3	1	1	1
4	2	3	1	1	2
5	2	1	1	1	3
Среднее	3	2	1	1	2

Таблица 4.4.3.

Момент времени T_3 (пятница).

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1	3	2	5	4	1
2	2	2	4	1	1
3	2	4	3	2	1

Окончание таблицы 4.4.3

4	1	3	4	2	1
5	2	4	4	1	1
Среднее	2	3	4	2	1

Результаты экспертных оценок для СУ-2 представлены в табл. 4.4.4. – 4.4.6.

Таблица 4.4.4

Момент времени T_1 (понедельник)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1	5	7	5	9	8
2	6	8	3	8	6
3	5	9	4	8	9
4	4	8	4	7	9
5	5	8	4	8	8
Среднее	5	8	4	8	8

Таблица 4.4.5

Момент времени T_2 (среда)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1	7	9	7	4	6
2	5	8	7	5	5
3	5	7	8	5	8
4	6	9	6	6	6
5	7	7	7	5	5
Среднее	6	8	7	5	6

Таблица 4.4.6

Момент времени T_3 (пятница)

Показатели Эксперты	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
1	6	6	6	8	5
2	9	4	7	7	5
3	9	5	9	9	4
4	8	5	9	9	5
5	8	5	9	7	6
Среднее	8	5	8	8	5

В итоге, с СУ-1 и с СУ-2 были сняты по $n = 5$ сигналов (показателей E, D, P, R, K) в моменты времени $t = 1, 2, 3$ (понедельник, среда, пятница). Усреднённые результаты экспертного опроса для каждой СУ-1 и СУ-2 соответственно представлены в табл. 4.4.7. – 4.4.8.

Таблица 4.4.7

Итоговые средние значения показателей эффективности СУ-1

n t	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
t_1	2	3	4	2	1
t_2	3	2	1	1	2
t_3	2	3	4	2	1

Таблица 4.4.8

Итоговые средние значения показателей эффективности СУ-2

n t	Мобильность (E)	Адаптивность (D)	Полнота (P)	Устойчивость (R)	Адекватность (K)
t_1	5	8	4	8	8
t_2	6	8	7	5	6
t_3	8	5	8	8	5

На основании усреднённых данных Табл. 4.4.7. – 4.4.8. для каждой СУ можно построить матрицу $A = (a_{ij})$, где i – номер параметра ($i = n$), j – номер момента времени ($j = t$). Тогда результаты экспертного опроса для СУ-1 и СУ-2 можно соответственно представить матрицами A_1 и A_2 [53]:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 3 & 4 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad (4.4.1)$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} 5 & 8 & 4 & 8 & 8 \\ 6 & 8 & 7 & 5 & 6 \\ 8 & 5 & 8 & 8 & 5 \end{pmatrix} \quad (4.4.2)$$

Посредством метода главных компонент, построены соответствующие ковариационные матрицы B_1 и B_2 . Для матрицы A_1 строится ковариационная матрица B_1 , для матрицы A_2 соответственно строится ковариационная матрица B_2 . Главные компоненты λ матриц B_1 и B_2 представлены соответственно в табл. 4.4.9 – 4.4.10.

Таблица 4.4.9

Главные компоненты ковариационной матрицы B_1

n λ	E	D	P	R	K
λ_n	0,2	0,2	2	0,2	0,2

Значения главных компонент в порядке убывания: $2 \geq 0,2 \geq 0,2 \geq 0,2 \geq 0,2$.

Таким образом, индекс горизонтальной нецелостности СУ-1 составляет:

$$I = \frac{2,8}{2} = 1,4 \quad (4.4.3)$$

Главные компоненты ковариационной матрицы B_2 :

n					
λ					
λ_n	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6

Значения главных компонент в порядке убывания: $2,6 \geq 2,6 \geq 2,6 \geq 2,6 \geq 1,4$.

Таким образом, индекс горизонтальной нецелостности СУ-2 составляет:

$$I = \frac{12}{2,4} = 4,9 \quad (4.4.4)$$

Расчёт ковариационной матрицы в ручном режиме достаточно трудоёмкая процедура. Поэтому для автоматизации расчётной части результатов исследования (методом главных компонент) были использованы доступные пакеты прикладных программ в MS-Excel.

Табл. 4.4.11.

Этапы расчета СУ	Матрица исходных сигналов, А	Главные компоненты ковариационной матрицы, В	Показатель целостности, I	Итоговое сравнение $\frac{I_2}{I_1}$																		
СУ-1	$\begin{bmatrix} 2 & 3 & 4 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 1 & 1 & 2 \\ 2 & 3 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	<table border="1"> <tr> <td>n</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>λ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>λ_n</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> <td>2</td> <td>0,2</td> <td>0,2</td> </tr> </table> <p>Значения главных компонент в порядке убывания: $2 \geq 0,2 \geq 0,2 \geq 0,2 \geq 0,2$</p>	n						λ						λ_n	0,2	0,2	2	0,2	0,2	$I_1 = \frac{2,8}{2} = 1,4$	$\frac{4,9}{1,4} = 3,5$
n																						
λ																						
λ_n	0,2	0,2	2	0,2	0,2																	
СУ-2	$\begin{bmatrix} 5 & 8 & 4 & 8 & 8 \\ 6 & 8 & 7 & 5 & 6 \\ 8 & 5 & 8 & 8 & 5 \end{bmatrix}$	<table border="1"> <tr> <td>n</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>λ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>λ_n</td> <td>2,4</td> <td>2,6</td> <td>2,6</td> <td>2,6</td> <td>2,6</td> </tr> </table> <p>Значения главных компонент в порядке убывания: $2,6 \geq 2,6 \geq 2,6 \geq 2,6 \geq 2,4$</p>	n						λ						λ_n	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	$I_2 = \frac{12}{2,4} = 4,9$	
n																						
λ																						
λ_n	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6																	

Сравнительное определение уровня целостности моделей управления Проектом на основе экспертных оценок показателей их эффективности. Сравнительное определение уровня целостности моделей управления Проектом на основе экспертных оценок показателей их эффективности показало, что эффективность (целостность) предложенного автором организационно-технического варианта системы управления Проектом в 3,5 раза выше эффективности (целостности) традиционного организационного варианты системы управления Проектом. В первом случае (для СУ-1) целостность мала. Во втором случае (для СУ-2) целостность велика. С учётом указанной кратности различий полученных результатов, погрешностью измерений в данном случае можно пренебречь. С экономической точки зрения, в 3,5 раза увеличилась системная эффективность использования инвестиционного капитала.

Таким образом, прежний режим работы управляющей системы в условиях крупномасштабного строительства уже не обеспечивает оптимального взаимодействия как с внешним окружением Проекта, так и с отдельными подсистемами внутри самого Проекта. В данном несоответствии и состоит системотехнический характер проблем современного крупномасштабного строительства. Напротив, предложенная организационно-техническая модель управляющей системы Проекта обеспечивает новый устойчивый режим успешной реализации Проекта в целом.

Выводы по главе 4

1. Системотехнический характер ключевых проблем современного крупномасштабного строительства конкретизирован как проблема создания организационно-технической системы управления таким строительством на протяжении полного жизненного цикла. В современных условиях достижение качества управления Проектом, обеспечивающего конкурентные преимущества, требует применения автоматизированных технологий выявления, визуализации и использования знаний для анализа и принятия решений.

2. Разработана многоуровневая концептуальная модель организационно-технической системы управления конкретным крупномасштабным Проектом с точки зрения функциональных задач, сочетающая в себе стратегический, оперативный и тактический уровни управления Проектом.

3. Обосновано создание и использование СЦ в качестве технического ядра управления Проектом как оптимального на сегодняшний день формата системно-технического взаимодействия человек-компьютер. Сформулировано новое концептуальное понимание СЦ как биофизической системы «человек-компьютер», реализующей технологию коллективной мыследеятельности принимающих решения лиц посредством современных технических программно-аппаратных решений и являющейся, по сути, рабочим прототипом современной АСУС, соответствующей требованиям шестого технологического уклада.

4. Определены минимально необходимые режимы работы СЦ: стратегический, оперативный, тактический мониторинг (контроль), чрезвычайный (антикризисный).

5. Обосновано применение конкретной математической модели и соответствующего алгоритма распределения множества информационных потоков на множество дисплеев для комплексной визуализации необходимых данных во всех режимах функционирования СЦ управления Проектом.

6. Применение новой концептуальной модели к управлению Проектом позволило создать высокотехнологичную, воспроизводимую и масштабируемую бизнес-модель Проекта, заинтересовать потенциальных инвесторов и тем самым осуществить стартап.

7. В целом, успешность представленной апробации теоретических результатов настоящего диссертационного исследования доказывает возможность использования новой концептуальной модели управления как технологии решения системно-технических проблем управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать выводы и предложения, которые в дальнейшем могут послужить основанием модернизации системы управления строительными проектами, а также определить направления дальнейшего научного поиска в данной предметной области.

1. Ретроспективный анализ современного состояния проблемы позволил установить, что все основные исторически обусловленные проектно-управленческие подходы к решению проблемы отражают лишь отдельные фрагменты или аспекты концептуального моделирования сложной организационно-технической системы управления крупномасштабными проектами, не позволяют преодолеть алгоритмические ограничения используемых программных продуктов и не содержат решения проблемы «человек-машина». По результатам анализа, выделены сущностно значимые системообразующие факторы концептуального моделирования исследуемой предметной области в междисциплинарном смысловом поле в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического уклада. Выделенные факторы устанавливают связь естественных и социальных процессов в системе управления строительной деятельностью и предоставляют возможность адекватного системотехнического описания взаимодействия «человек-компьютер».
2. Осуществлён непротиворечивый синтез основных методологических направлений в области междисциплинарного исследования сложных систем, позволивший сделать вывод, что рассмотренные методологические идеи и процесс моделирования сложных систем представляют собой лишь различные формы инвариантного описания будущих изменений реальности. Инвариант моделирования – это то, что соответствует сущности исследуемой предметной области и сохраняется независимо от происходящих изменений и точки зрения наблюдателя. Противоречие между естественным и математическим языками устраняется посредством использования общесистемного понятия «тензор», обозначающего неизменную сущность моделируемой системы в

виде измеряемых физических величин. Сущностно значимое содержание выделенных в ходе анализа проблемы системообразующих факторов позволяет интерпретировать их как некие инвариантные (неизменно действующие, неизменно проявляющие своё влияние) объекты и, соответственно, описать исследуемую предметную область с помощью небольшого числа универсальных показателей различной размерности. Таким образом, в рамках системного подхода сформирована стратегия инвариантного описания исследуемой предметной области, удовлетворяющего условиям методологической полноты настоящего исследования и соответствующего характеру и уровню сложности решаемых задач.

3. На основе инвариантного описания сущности исследуемой предметной области, представлена концептуальная модель организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла в соответствии с прогнозными характеристиками шестого технологического уклада в междисциплинарном смысловом поле. Для обозначения природоподобной сути представленной модели эксплицировано (уточнено) понятие Матрицы управления строительством – как эквивалентной исследуемой предметной области природоподобной геометрической модели. Атрибутивное описание модели состоит в развёрнутом качественном описании выделенных инвариантов. Операциональное описание модели осуществляется на базе универсальных пространственно-временных мер $[L^R T^S]$ -размерностей Максвелла-Бартини-Кузнецова и уравнений Лагранжа, Максвелла посредством составления тензорного алгоритма моделирования. В строительстве тензорное моделирование систем управления до сих пор не применялось. Процесс создания такой системы получает соответствующее инженерно-математическое обеспечение, позволяющее рассчитывать состояние протекающих в системе процессов в зависимости от топологических свойств её структуры (и наоборот). В качестве информационного

оператора, концептуальная модель включает в себя интегрирующую цифровую платформу (ИЦП), в рамках которой предложено новое концептуальное решение по оптимизации стратегий централизованного и децентрализованного управления на базе современных информационных технологий «Интернет вещей» и «Распределённый реестр», а также новое концептуальное решение по оптимизации системотехнического взаимодействия «человек-компьютер». Концептуальная новизна ИЦП также состоит в том, что в содержательном отношении она представляет из себя синтез информационных структур ТИМ (ВИМ) и РМВоК, в результате которого в полученной интегрирующей структуре появляется возможность выводить производные понятия (термы) и формулировать утверждения, недоступные в исходных синтезируемых информационных структурах – таким образом, разнообразие управляющей системы будет заведомо превышать разнообразие управляемого объекта. Представленная автором концептуальная модель может быть практически использована при создании системы управления любым реальным строительством посредством её интерпретации с точки зрения функциональных задач конкретного инвестиционно-строительного проекта.

4. Разработана оригинальная методика оценки целостности системы управления строительством. Методика позволяет осуществлять точный математический расчёт качества функционирования системы управления крупномасштабным строительством на протяжении полного жизненного цикла как целостности заложенных в этой системе решений на основании совокупности любых оценок, адекватно выражающих необходимость и возможность реализации этих решений. Методика может использоваться для широкого класса практических задач многокритериальной оптимизации функционирования системы управления любого уровня сложности и ответственности.
5. Экспериментальное внедрение результатов исследования выполнено в рамках реального крупномасштабного инвестиционно-строительного Проекта,

ожидаемо проявило системотехнический характер ключевых проблем современной стройиндустрии и конкретизировало его как необходимость перехода от традиционной организационной модели к современной организационно-технической модели управления. Обосновано создание и использование ситуационного центра (СЦ) в качестве технического ядра управления крупномасштабным строительством как оптимального на сегодняшний день формата системотехнического взаимодействия «человек-компьютер». Сформулировано новое концептуальное понимание СЦ как биофизической системы «человек-компьютер», реализующей технологию коллективной мыследеятельности принимающих решения лиц посредством современных технических программно-аппаратных решений и соответствующей требованиям шестого технологического уклада. Применение новой концептуальной модели к организации управления Проектом позволило создать высокотехнологичную, воспроизводимую и масштабируемую бизнес-модель Проекта, заинтересовать потенциальных инвесторов и тем самым осуществить стартап. В итоге, внедрение новой концептуальности позволило увеличить экономическую эффективность системного использования инвестиционного капитала в 3,5 раза, подтвердив таким образом изначальную научно-техническую гипотезу исследования. Теоретические и практические результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы не только для внедрения в практику управления крупными инвестиционно-строительными проектами, но и в практику разработки моделей, методов и алгоритмов стратегического планирования строительной отрасли, а также могут быть использованы в учебном процессе по направлению «Строительство».

6. Перспективные направления дальнейших исследований. Представляет несомненный научный и практический интерес дальнейшее исследование проблемы преодоления коммуникационного барьера «человек-компьютер» при создании современной организационно-технической системы управления

как необходимого условия её успешного внедрения. Взрывной характер проникновения современных цифровых технологий «Интернет вещей» и «Распределённый реестр» в сферу государственного и негосударственного управления вызывает необходимость исследования принципиальной возможности и необходимости системной интеграции данных технологий при автоматизации решения системных задач управления в строительстве. В такой формулировке проблема до сих пор не ставилась. Исследование возможности и перспектив применения современных цифровых технологий в строительстве в основном сводилось к описанию отдельных технических решений, как правило, зарубежных разработчиков применительно к «умным домам» и «умным контрактам». Внедрение в практику управления строительством новых цифровых технологий предоставляет полный контроль над информационными потоками управления строительством на протяжении полного жизненного цикла и обуславливает необходимость исследования возможности формирования новой парадигмы строительной деятельности, детерминирующей возникновение новых организационно-правовых форм управления, существенно отличающихся от традиционных форм отраслевого администрирования, которые игнорируют экологические, социальные и развивающиеся целостности реального мира.

Список литературы

1. Приказ Минстроя России от 29.08.2017 N 1178 / пр «Об утверждении свода правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами». - Москва, 2017. с. 35

2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утв. Минэкономики РФ, Минфином РФ, Госстроем РФ №ВК477 от 21.06.1999г.). – Москва: «Экономика», 2000. с. 105.

3. Методические рекомендации по реализации кластерной политики в субъектах Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. Минэкономразвития РФ от 26.12.2008 № 20615-ак/д19. Документ опубликован не был. Доступ из Правовой справочно-информационной системы «Консультант Плюс»: Версия Проф.

4. ГОСТ 34.601-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы автоматизированные системы стадии создания» – Москва, 1992. с. 11

5. ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 «Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений» – Москва, 2017. с. 55

6. Свод правил СП 301.1325800.2017. «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами» – Москва, 2018. с. 9

7. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» Москва, 2018. с. 41

8. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» Москва, 2018. с. 29

9. СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» Москва, 2018. с. 15

10. СП 404.1325800.2018 «Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования» Москва, 2019. с. 36

11. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607с., ил.

12. Анохин П.К. Избранные труды. Философские аспекты теории функциональной системы. – М.: «Наука», 1978. 400 с.

13. Анохин П.К. Избранные труды: Кибернетика функциональных систем / Под ред. К.В. Судакова. Сост. В.А. Макаров. – М.: Медицина, 1998. 400 с.

14. Асаул, А.Н. Строительный кластер – новая региональная производственная // Экономика строительства, 2004 №6. 16–25 с.

15. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Рассел Д. Арчибальд; Пер. с англ. Мамонтова Е.В.; Под ред. Баженова А.Д., Арефьева А.О. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2010. 464 с.

16. Багаев Д.З., Быков Д.В., Епишкин А.Е. Использование блокчейн технологии для интернета вещей (IoT). Наука нового времени: сохраняя прошлое – создаем будущее. Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции 22-23.12.17 года г. Санкт-Петербург. 42–46 с.

17. Балицкий В.С. Научные основы проектирования строительных организаций. Докторская диссертация. М.: МИСИ, 1987.

18. Баранцев Р.Г. Открытым системам - открытые методы // Синергетика и методы науки. СПб.: Наука, 1998

19. Баргесян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 336 с.

20. Баркалов С.А., Воропаев В.И., Секлетова Г.И. Математические основы управления проектами. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2005. 423 с

21. Баронин С.А., Болотин С.А., Грабовый П.Г. Организация, планирование и управление строительством: уч. для студ. вузов, обучающихся по напр. «Строительство» / [С.А. Баронин и др.] // М.: НИИ МГСУ 2012. 516 с.
22. Батоврин В.К. Стандарты системной инженерии: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации» / В.К. Батоврин; под ред. М.С. Липецкой, К.А. Ивановой; Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». – СПб., 2012 № 4. 64 с.
23. Белов М.В., Новиков Д.А. Методология комплексной деятельности. – М.: Ленанд, 2018. 320 с.
24. Белов М.В., Новиков Д.А. Управление жизненными циклами организационно-технических систем. – М.: ЛЕНАНД, 2020. 384 с.
25. Белуха Е.А., Абакумов Р.Г., Наумов А.Е. Малая автоматизация зданий: функции, применение, экономическая целесообразность // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018 №1 (27). 21–27 с.
26. Беляев К.В., Босов А.В., Краюшкин Д.В. Обзор и сравнительный анализ информационно-аналитических систем. М.: ИПИ РАН, 2008. 85 с.
27. Берталанфи Л. Общая теория систем // М.: – Прогресс, 1969. 520 с
28. Блауберг И.В. Проблема целостности и системный подход – М.: Эдиториал УРСС, 1997. 452с.
29. Болотин С.А. Организация строительного производства: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.А. Болотин, А.Н. Вихров. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. 208с.
30. Болотов А.А., Гашков С.Б., Фролов А.Б. Элементарное введение в эллиптическую криптографию: Протоколы криптографии на эллиптических кривых. – М.: Ком Книга, 2006. 280с.
31. Босов А.В., Сучков А.П. Об одном подходе к созданию информационно-аналитической подсистемы как составной части современных информационных систем // Информационные технологии управления информационными ресурсами двойного применения (IV). Препринт - М.: ИПИ РАН, 2008. 31–42 с.

32. Босов А.В., Зацаринный А.А., Сучков А.П. Некоторые общие подходы к формированию функциональных требований к ситуационным центрам и их реализации // Системы и средства информатики. - М.: ИПИ РАН, 2010 - вып. 20. №3. 98–125 с.
33. Бродский Ю.И., Лебедев В.Ю., Огарышев В.Ф., Павловский Ю.Н., Савин Г.И. Общие проблемы моделирования сложных организационно-технических систем / Вопросы кибернетики. М.: 1990 №126. 42–48 с.
34. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978, 400 с.
35. Вайно А.Э., Кобяков А.А., Сараев В.Н. Образ Победы. М.: Институт экономических стратегий РАН, компания «GLOWERS», 2012. 140 с
36. Вайно А.Э., Кобяков А.А., Сараев В.Н. Упреждающее управление сложными системами // Вестник экономической интеграции. Издат.: ООО «Интеграция», 2011 №11. 7–21 с.
37. Вахмянин И.С., Ильин Н.И., Новикова Е.В. Разработка модели алгоритма управления информационными потоками в ситуационных центрах органов государственной власти // Бизнес-информатика №1 (15). Издательство: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Москва) 2011. 3–10с.
38. Волков А.А., Петрова С.Н., Гинзбург А.В. [и др.]; под ред. А.А. Волкова и С.Н. Петровой. Информационные системы и технологии в строительстве: учебное пособие / М.: МГСУ, 2015. 424 с.
39. Волков А.А. Методологические основы эффективного управления техническим потенциалом в строительстве // Вестник МГСУ М.: МГСУ 2017 - Т 13 вып. 2 (113), 231–239 с.
40. Война и мир в глобальной деревне / Маршалл Маклюэн, Квентин Фиоре; пер. с англ. И. Летберга. – М.: АСТ, 2012. 219 с.
41. XII Всероссийское совещание по проблемам управления. ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014.
42. Вустер У. Применение тензоров и теории групп для описания физических

свойств кристаллов: Пер. с англ. Иванова Н.Р. // Мир. М.: 1977. 381 с.

43. Гаазе-Рапопорт М.Г., Поспелов Д.А. От амебы до робота модели поведения. М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. Лит. – 1987. 288 с.

44. Горяев Н.А. Развитие строительной культуры / Курс лекций. М.: 1998

45. Горяев Н.А., Милорадов С.В. Системный подход в управлении / Вестник МГСУ, 2009 №1. 249–250 с.

46. Горяев П.Н., Горяева В.В. Автоматизация градостроительного зонирования и территориального планирования Экономика и предпринимательство. 2015 №6-3 (59-3). 589–592 с.

47. Гвардейцев М.И. и др. Специальное математическое обеспечение управления / М.И. Гвардейцев, В.П. Морозов, В.Я. Розенберг; Под ред. М.И. Гвардейцева – М.: Сов. радио, 1978. 512 с, ил.

48. Гвардейцев М.И., Кузнецов П.Г., Розенберг В.Я. Математическое обеспечение управления. Мер развития общества. – СПб.: Специальная Литература, 2016, 222 с.: ил.

49. Гельфанд И.М., Цетлин М.Л. О математическом моделировании механизмов центральной нервной системы // Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем. Сб. статей. М.: Наука, 1966.

50. Герасимов И.В., Кузьмин С.А, Лозовой Л.Н., Никитин А.В. Основания технологии комплементарного проектирования наукоёмких изделий: Монография / Под ред. И.В. Герасимова и А.В. Никитина. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010. 196 с.

51. Гермейер Ю.Б., Моисеев Н.Н. О некоторых задачах теории иерархических систем // Проблемы прикладной математики и механики. М.: Наука, 1971. 30–43с.

52. Гинзбург А.В., Баранова О.М., Блохина Н.С., Волков А.А., Горяев Н.А., Гинзбург В.М., Игнатов В.П., Игнатова Е.В., Истомина Б.С., Каган П.Б., Китайцева Е.Х., Куликов В.Г., Синенко С.А. Системы автоматизации проектирования в строительстве. Учебное пособие. МГСУ – Москва 2014. 664 с.

53. Гинзбург А.В., Гриднева Я.А. Оценка целостности системы управления

строительством / Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019 [Электронный ресурс]: сборник материалов Всероссийской научной конференции (Москва, 25.11.2019 г.) / Министерство науки и высшего образования РФ, НИИ МГСУ. - М.: Издательство МИСИ – МГСУ, 2019. 118–123 с.

54. Гинзбург А.В., Лобырева Я.А., Семернин Д.А. Системный подход при создании комплексных автоматизированных систем управления и проектирования в строительстве // Научное обозрение Издательство: издательский дом Наука образования (Москва), 2015 №16. 461–464 с.

55. Гинзбург А.В., Нестерова Е.И. Технология непрерывной информационной поддержки жизненного цикла строительного объекта. Научно-технический журнал Вестник МГСУ, 2011 №5. 317–320 с.

56. Гинзбург А.В., Цыбульская О.М. Системы автоматизации организационно-технологического проектирования. Вестник МГСУ, 2008 №1. 352–357 с.

57. Глазьев С. Рывок в будущее. Россия в новых технологическом и мирохозяйственном укладах. («Коллекция Изборского клуба»). – М.: Книжный мир, 2018. 768 с

58. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. Изд. 2-е, испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 552 с.

59. Гончаров Н., Макаров В., Морозов В. В лучах кристалла Земли // Техника – молодежи. 1981 №1, доклад №74

60. Гончаров Н.Ф., Макаров В.А., Морозов В.С. Нефть по рёбрам многогранников // ЖРФМ: 2005 № 1-12. 6–13 с.

61. Горбанева Е.П., Мищенко В.Я., Абраменко А.А., Файзи А.Р. Новые технологии в строительной отрасли // В сборнике: Организация строительного производства. Материалы II Всероссийской научной конференции. 2020. 15–26 с.

62. Горбанева Е.П., Еськова С.В., Каньшина Н.В., Шевченко Ю.В. Вертикальная и горизонтальная структура организации рабочего процесса // Строительство и недвижимость. 2020. № 1 (5). С. 39-43.

63. Гриднева Я.А. Логика управления проектами как методологическая основа для выработки универсального категориального аппарата в процессе системной интеграции усилий специалистов, учёных и практиков при создании современной АСУС // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании сборник материалов международной научной конференции. ФГБОУ ВО «НИИ МГСУ». Издат.: МГСУ 2017. 412–415 с.

64. Гриднева Я.А. Логика проектирования информационных систем в строительстве // Строительство - формирование среды жизнедеятельности [Электронный ресурс]: сборник трудов XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. Издат.: НИИ МГСУ 2017. 598–600 с.

65. Гриднева Я.А. Перспективы интегрированного применения современных цифровых технологий при автоматизации решения системных задач управления в строительстве / Я.А. Гриднева // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №12 (102), с 82–84

66. Гриднева Я.А. Системообразующие факторы информационного моделирования организационно-технического управления строительством / Я.А. Гриднева // Наука и бизнес: пути развития. 2019 №12 (102), с. 85–87.

67. Гриднева Я.А. Преодоление коммуникационного барьера «человек-компьютер» при создании современной автоматизированной системы управления строительством (АСУС) / Я.А. Гриднева // Наука и бизнес: пути развития. 2020 №1 (103), с. 32–34

68. Гриднева Я.А. Матрица управления строительством: экспликация понятия / Я.А. Гриднева // Наука и бизнес: пути развития. 2020 №1 (103), с. 29–31

69. Гриднева Я.А. Ситуационный центр (СЦ) в системе управления крупномасштабным строительством / Я.А. Гриднева // Наука и бизнес: пути развития. 2020. №3 (105), с. 71–75

70. Гринин А.Л., Гринин Л.Е. Ведущие технологии шестого технологиче-

ского уклада // Социально-экономические проблемы современности: поиски междисциплинарных решений: сборник научных трудов участников международных конференций «XXIV Кондратьевские чтения» – М.: 2017. 99-104 с.

71. Громов Г.Р. От гиперкниги к гипермозгу: Информационные технологии эпохи Интернета. М.: Радио и связь, 2004. 208 с.

72. Гусаков А.А. АСУ как комплексная проблема совершенствования капитального строительства / Доклад на пленарном заседании конференции. М.: ЦНИПИАСС, 1975.

73. Гусаков А.А., Ильин Н.И., Эбели и др. Экспертные системы в проектировании и управлении строительством. М.: Стройиздат, 1995. 315 с.

74. Гусаков А.А., Ильин Н.И. Методы совершенствования организационно-технологической подготовки строительного производства. М.: Стройиздат, 1985. 156 с.

75. Гусаков А.А. Системотехника строительства. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1993. 368 с.

76. Гусаков А.А. и др. Организационно-технологическая надежность строительства. М.: SvR-Аргус, 1994. 472 с.

77. Гусаков А.А. Системотехника. М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2002. 768 с.

78. Гусаков А.А. Деятельность ЦНИПИАСС по созданию автоматизированных систем в строительстве за годы X пятилетки / Научн. труды ЦНИПИАСС. М., 1981. Вып. 29.

79. Гусаков А.А. Повышение эффективности капитального строительства на основе проектирования организаций / Научные труды ЦНИПИАСС. М., 1977. Вып. 17.

80. Дж. Клир Системология. Автоматизация решения системных задач. (Перевод с англ. М. А. Зуева. Под ред. А. И. Горлина) – Москва: «Радио и связь», 1990. 534 с.

81. Доброчеев О.В. Физические закономерности общественного развития от

тысячелетних цивилизаций до сегодняшних дней // Методология. М.: 1996. 88–100с.

82. Десятирикова Е.Н., Белоусов В.Е. Информационная модель локальной системы управления - Вестник ВГУ, Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2013, № 2

83. Дикман Л.Г. Организация строительного производства / Учебник для строительных вузов / М.: Изд. Ассоциации строительных вузов, 2006. 608 с.

84. Дуюнов Д.А. Мотор-колесо Дуюнова [Электронный ресурс] <https://solargroup.pro/site/index>.

85. Зиновьев А.А. Восхождение от абстрактного к конкретному (на материале «Капитала» К. Маркса). – М., 2002. 321 с.

86. Игнатов В.П., Игнатова Е.В. Эвристики данных в строительном проектировании / Вестник МГСУ, 2009 №2. 226–229 с.

87. Истомин Б.С., Гаряев Н.А., Олохова А.Г. Технология проектирования в строительстве. Уч. пособие. – М.: МГСУ, 2009. 181 с.

88. Каган П.Б. Пути совершенствования средств и приемов организационно-технологического проектирования / Промышленное и гражданское строительство, 2011 №9. 24–25 с.

89. Каган П.Б., Гинзбург А.В. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве. Автоматизация проектирования, 1997 № 4. 36–45 с.

90. Калашников И.Б., Вавилина А.В., Якубова Т.Н. Новый технологический уклад на пути становления инновационной экономики / Креативная экономика – Т. 12, №9 2018. 1307–1319 с.

91. Калинина О.Н. Тенденции и перспективы развития проектирования объектов строительства в условиях формирования шестого технологического уклада. Вестник ЮРГТУ (НПИ) 2013 №4. 57–60 с.

92. Кирнев А.Д. Организация строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование: Уч. пособие / А.Д. Кирнев. – Ростов н /Д.: Феникс, 2006

г. 672 с.: ил.

93. Китов А.И. Электронные цифровые машины. М.: Советское радио, 1956. 358 с.

94. Китов А.И., Черняк Ю.И. Автоматизация управленческих работ // Автоматизация производства и промышленная электроника. Т.1, М.: Государственное научное издательство «Советская энциклопедия», 1962. 26–32 с.

95. Когнитивный вызов и информационные технологии / Г.Г. Малинецкий [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2010 № 46. 28 с.

96. Контуры цифровой реальности: Гуманитарно-технологическая революция и выбор будущего / Под ред. В.В. Иванова, Г.Г. Малинецкого, С.Н. Сиренко – М.: ЛЕНАНД, 2018. 344 с.; цв. вкл. (Будущая Россия. № 28.)

97. Коровина Т.А., Наумов А.Е. Основные принципы и методология управления рисками инвестиционно-строительных проектов // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития – сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Том 1. 2015. 116–119 с.

98. Клиффорд Ф. Грей, Эрик У. Ларсон. Управление проектами: Практическое руководство / Пер. с англ. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2003, 528 с. Под редакцией Решке Х., шелле Х., Мир управления проектами / Пер. с англ. – М.: «Аланс», 1993. 304 с.

99. Контуры цифровой реальности: Гуманитарно-технологическая революция и выбор будущего / Под ред. В.В. Иванова, Г.Г. Малинецкого, С.Н. Сиренко – М.: ЛЕНАНД, 2018. 344 с.; цв. вкл. (Будущая Россия. № 28.)

100. Ковалева, Л.В. Организация и планирование в строительстве: учебное пособие / Л.В. Ковалева; [науч. ред. И. Н. Пугачёв]. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. 137 с.

101. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды // Экономика. М.: 2002. 767 с.

102. Кормен Т., Лейзерсон Ч. и Ривест Р Алгоритмы: построение и анализ. –

М.: МЦНМО, 2001. 535 с.

103. Крон Г. Исследование сложных систем по частям – диакоптика: Перевод с английского // М.: Наука. 1972. 544 с.

104. Крон Г. Тензорный анализ сетей: Пер. с англ / Под ред. Л.Т. Кузина, П.Г. Кузнецова – М.: Сов. радио, 1978. 720 с.

105. Кузина О.Н., Чулков В.О. Системотехника строительства как не формализованная область решения прикладных инженерных задач компьютеризации строительного производства // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» Том 1, №1. 2014

106. Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Устойчивое развитие: Научные основы проектирования в системе природа-общество-человек: Учебник. СПб. – Москва – Дубна. 2001. 616 с., ил.

107. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. Естествознание. М.: Агар, 1996. 383 с.

108. Ланда П.С. Нелинейные колебания и волны / Изд. стереотип. № 51. 2019. 552 с.

109. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т3. Квантовая механика (нерелятивистская теория). 6-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2004. 800 с.

110. Лapidус А.А. Организационное проектирование и управление крупномасштабными инвестиционными проектами. Москва: 1997.

111. Лapidус А.А. Системотехнические основы автоматизации проектирования организационных структур крупномасштабного строительства. Докторская диссертация. М.: МГСУ, 1997.

112. Либерзон В.И. Основы управления проектами. М.: Нефтяник, 1997. - 150 с.

113. Лобырева Я.А. Логико-методологический анализ технологии информационного моделирования зданий BIM // Информационные системы, технологии и

автоматизация в строительстве [Электронный ресурс]: сборник научных трудов кафедры ИСТАС НИУ МГСУ. М.: НИИ МГСУ 2015. 114–117 с.

114. Лобырева Я.А. Перспективы создания комплексной автоматизированной системы управления жизненным циклом объектов строительной отрасли/сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных МГСУ, 2016. 587–590 с.

115. Луман Н. Социальные системы. Очерк общей теории. / Пер. с нем. И.Д. Газиева, под ред. Н.А. Головина – СПб, НАУКА, 2007. 641с.

116. Луман Н. Общество общества. Кн. 1: Общество как социальная система. Пер. с нем / А. Антоновский Кн. 2011. 640 с.

117. Луман Н. Общество общества. Кн. 4: Дифференциация. Пер. с нем / Б. Скуратов. Кн. 5: Самоописания. Пер. с нем. / А. Антоновский, Б. Скуратов, К. Тимофеева. М.: Издательство «Логос». 2011. 640 с.

118. Ляшков В.И., Кузьмин С.Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие // Тамб. гос. техн. ун-та. Тамбов: 2003. 96 с.

119. Мазур И.И., Шапиро В.Д. Управление проектами. Справочник для профессионалов Высшая школа. 2001. 875 с.

120. Майнцер К. Сложность и самоорганизация. Возникновение новой науки и культуры на рубеже века // Синергетика и методы науки. СПб.: Наука, 1998

121. Майнцер К. Вызовы сложности в XX веке. Междисциплинарное введение // Вопросы философии. 2010, № 10. 84–98 с.

122. Макаров В.А. Строение земной коры, как результат функционирования силовых каркасов геокристалла // Русская мысль. М.: 2010 № 1 – 12, Том 82 выпуск 1.

123. Маклюен М. Понимание медиа: Внешние расширения человека / Пер. с англ. М., Жуковский: КАНОН-Пресс-Ц, Кучково Поле, 2003. 464с.

124. Малинецкий Г.Г. Синергетика, междисциплинарность и постнеоклассическая наука XXI века, Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша, 2013. 36 с.
125. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Пер. с англ. Инст. комп. Исследований. М.: 2010. 656 с.
126. Мартин Д.Д., Петти Д.В., Рич С.П. Анализ показателей EVA и других методов оценки эффективности фирмы, основанных на остаточном доходе. Школа исследований бизнеса Ханкамера. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.papers.ssrn.com/so13/papers.cfm> (дата обращения: 04.12.2023).
127. Матяш И.В. Метод оценки рыночной системной эффективности предприятия: расчёт скрытого эффекта. – Журнал «Экономический анализ: теория и практика», №24 (189) – 2010 – с. 30–38.
128. Медиа коммуникация. Пер. с нем / А. Глухов, О. Никифоров Кн. 3: Эволюция. Пер. сник / А. Антоновский – М: Издательство Логос, 2011. 640 с.
129. Мелани Свон Блокчейн: Схема новой экономики / Мелани Свон: [пер. с англ.] – М.: Издательство «Олимп-Бизнес», 2017. 240 с., ил.
130. Моисеев Н.Н. Информационная теория иерархических систем / Труды I Всесоюзн. Конф. По исследованию операций. Минск: 1974. 95 – 99 с.
131. Моисеев Н.Н., Павловский Ю.Н. Информатика как отрасль народного хозяйства: особенности, темпы и тенденции развития. «Экономика и математические методы», т. 12, вып. 5, 1986, с. 899–902
132. Морозенко А.А., Красовский Д.В. Управление инвестиционно-строительными проектами на основе матрицы ключевых событий // Вестник МГСУ. 2016. № 11. с. 105–113
133. Мохов А.И. Отличие в подходе системотехники и комплексотехники к созданию технических систем / Электротехнические и информационные комплексы и системы № 1, т. 7. 2011 г. 41–44 с.
134. Милов А.В., Тимохин В.Н., Черноус Г.А. Экономическая кибернетика. – М.: Донецкий национальный университет, 2004. 105 с
135. Милошевич Д. Набор инструментов для управления проектами / Драган

З. Милошевич; Пер. с англ. Мамонтова Е.В.; Под ред. Неизвестного С.И. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2008. 729 с.

136. Насонов Е.И. Киберфизические системы в строительной отрасли / Инженерный вестник Дона, №1 2019

137. Невидимая рука рынка Смит А. // Под ред. Д. Итуэлла, М. Милгейта, П. Ньюмена / Пер. с англ. М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ 2009. 57 с.

138. Никаноров С.П. Система PERT ее история, обоснование, применение оценка // Всесоюзный научно-исследовательский институт технико-экономических исследований и информации по радиоэлектронике – М.: 1963, 70 с.

139. Никаноров С.П., Никитина Н.К., Теслинов А.Г. Введение в концептуальное проектирование АСУ: анализ и синтез структур. 2-е репринт, изд. – М.: Концепт, 2007. 236 с.

140. Никифоров О.Ю. Базовые технологии интернета вещей, 2015 №9. 105–106 с.

141. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. 584 с.

142. Овчинников В.В. Переход к новому технологическому укладу мировой экономики / Научный журнал «Экономические стратегии» 2011 №7-8. 26–39 с.

143. Олейник П.П. Организация строительного производства: Научное издание. – М.: Издательство АСВ, 2010. 576 с.

144. Опарина Л. А., Гриднева Я. А. Концептуальная схема управления крупномасштабными инвестиционно-строительными проектами в условиях цифровизации строительства // Строительное производство. – 2023. – № 4. – с. 150–155.

145. Опарина Л. А. Жизненный цикл энергоэффективного здания - системный подход / Л. А. Опарина Энергосбережение: специализированный журнал / АВОК Москва 2013 № 7, с. 76-78: ил.

146. Опарина Л. А. Построение матрицы нормативно-правовой базы проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий / Л. А. Опа-

рина Энергосбережение и водоподготовка: научно-технический журнал / Академия промышленной экологии. Москва 2011 № 4 (72). с. 22-25: табл.

147. Опарина Л. А. Функциональное моделирование жизненного цикла энергоэффективных зданий / Л. А. Опарина Энергосбережение: специализированный журнал / АВОК Москва 2011 № 7. с. 69-71: рис.

148. Опарина Л.А. Теоретические основы процессов организации жизненного цикла энергоэффективных зданий: дисс. д-ра. техн. наук: 05.02.22 / Опарина Людмила Анатольевна. – Иваново, 2015. – 309 с.

149. Переслегин С.Б. VI технологический уклад: пространство возможностей / Научный журнал «Экономические стратегии» 2019 №3

150. Петров А.Е. Тензорная методология в теории систем. – М.: Радио и связь, 1985. 152 с, ил.

151. Путенихин П.В. Парадоксы квантовой суперпозиции в макром мире, Квантовая Магия. 2006 Т. 3 вып. № 3. 3101–3120 с.

152. Равал С. Децентрализованные приложения. Технология Blockchain в действии. – СПб.: Питер, 2017. 240 с.: ил.

153. Растрингин Л. А. Адаптация сложных систем. – Рига: Зинатне, 1981. 375 с.

154. Романова О.А., Лаврикова Ю.Г. Потенциал кластерного развития экономики региона / О.А. Романова // Проблемы прогнозирования. 2008 №4

155. Рудинский И.Д. Технология проектирования автоматизированных систем обработки информации и управления. Учебное пособие для вузов. 2014. 304 с.

156. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК). РМІ. 2013, 5-е изд. 586 с.

157. Рыбцев В.В. Переход к шестому технологическому укладу как механизм перехода к инновационному пути развития. Научный журнал Креативная экономика 2011 №4. 3–8 с.

158. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. О прогнозе временных рядов // Пределы предсказуемости. М., 1997.

159. Седов К.И. Концепция «интернета вещей» и ее перспективы. Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах Сборник докладов и тезисов VI Всероссийской научно-практической конференции г. Волгоград, 18 мая 2015 г. 120–123 с.

160. Серов В.М. Организация управления в строительстве: уч. Пос. для студентов высш. Уч. Зав. / В.М. Серов, Н.А. Нестерова, А.В. Серов 3-е изд., стер. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008. 432 с.

161. Сложные системы: целостность, иерархия, идентичность: монография / В.А. Устюгов, В.И. Кудашов, М.А. Петров [и др.] – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. 204 с.

162. Сизов, В.В. Роль кластеров в формировании региональной экономической политики / В.В. Сизов – Томск: ТГТУ, 2008.

163. Синенко С.А. и др. Автоматизация организационно-технологического проектирования в строительстве: Учеб. издание. – М.: Издательство АСВ, 2002. 240 с.

164. Системотехника строительства. Энциклопедический словарь. 2-е издание / Под ред. А.А. Гусакова. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. 320 с.

165. Системные механизмы поведения / Под. ред. К.В. Судакова, М. Баича. – М.: Медицина. 1990. 240 с. 4: ил.

166. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. 343 с: ил.

167. Соколов Г.К. Технология и организация строительства: уч. Для студ. Средн. Проф. Обр / Г.К. Соколов. 5-е изд., испр. – М.: Изд. Центр «Академия», 2008 г. 528 с.

168. Таненбаум Э., М. ван Стеен Распределенные системы. Принципы и парадигмы /. СПб.: Питер, 2003. 877 с.: ил.

169. Татаркин, А. И. Кластерная политика региона / А. И. Татаркин, Ю. Г. Лаврикова // Промышленная политика в Российской Федерации. 2008 – №8.

170. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. // Энергоатомиздат. М.: 1990. 392 с.: ил.

171. Теличенко, В.И. Технология строительных процессов: В 2 ч. Ч.1.: Учеб. для строит, вузов / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев., А.А. Лapidус - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. 392 с.: ил.

172. Токунова Г.Ф. Особенность становления и развития строительных кластеров // Россия: Тенденции и перспективы развития / Г.Ф. Токунова / Ежегодник. Вып. 4. Часть II. – М.: ИНИОН РАН. 2009. 505–510 с.

173. Трескова П.П. Междисциплинарность научного познания и комплексное обеспечение научно-исследовательской деятельности / П.П. Трескова // Информационное обеспечение науки: новые технологии: сборник научных трудов. – Москва, 2017. 13–22 с.

174. Управление крупномасштабными проектами строительства промышленных объектов: монография / А.С. Павлов, А.В. Гинзбург, Е.А. Гусакова, П.Б. Каган; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, НИИ МГСУ. – Москва: Изд. МИСИ МГСУ, 2019. 188 с.

175. Управление проектами: Основы профессиональных знаний, Национальные требования к компетентности специалистов. (NCB – SOVNET National Competence Baseline Version 3.0). – М.: ЗАО «Проектная ПРАКТИКА», 2010–256 с.

176. Цетлин М.Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. 1969. 186 – 187 с.

177. Чак Истман, Пол Эйфхольц, Рафаэль Сакс, Катлен Листон. Настольная книга BIM: гид по информационной модели здания для собственников, менеджеров, дизайнеров и подрядчиков, 2-е издание – Нью-Йорк, 2011. 648 с.

178. Чандрасекар С. Жидкие кристаллы: Пер. с англ. Шалтыко Л.Г. // Мир. М.: 1980. 343 с.

179. Челышков П.Д., Волков С.А., Лысенко Д.А. Основные положения методологии управления жизненным циклом информации в социкиберфизических системах городов и территорий // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 8 (110). 39–46 с.

180. Челышков П.Д. Подходы к анализу информационных моделей зданий и комплексов // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 2. 72–75 с.

181. Чулков В.О. Инфография – метод средств формирования и исследования функциональных систем / Вестник Международной Академии наук – 2008. 46–51 с.

182. Чулков В.О. Организационно-антропотехническая надежность функциональных систем мобильной среды: уч. пос. / В.О. Чулков, Р.Р. Казарян, Б.А. Лёвин. – М.: Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II, 2017. 85 с.

183. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике // Пер. с англ. Под редакцией Р.Л. Добрушина и О.Б. Лупанова. С предисловием А.Н. Колмогорова / М.: Издат. иностранной литер. 1963. 823 с.

184. Шрёдингер Э. Лекции по физике // Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 160с.

185. Щедровицкий Г.П. Оргуправленческое мышление: идеология, методология, технология (курс лекций) / из архива Г.П. Щедровицкого. Т.4. ОРУ (1), 2-е изд., М.: Путь. 2003. 480 с.

186. Щедровицкий Г.П. Методология и философия организационно-управленческой деятельности: основные понятия и принципы (курс лекций) / из архива Г.П. Щедровицкого. Т.5. ОРУ (2). М.: Путь, 2003.

187. Ямашкин Ю. В., Новокрещенова О.А. Системный подход к организации: учебно-методическое пособие / Ю. В. Ямашкин, О.А. Новокрещенова; Мордов. гос. ун-т. – Саранск, 2016. 195 (78–80) с.

188. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – Seventh Edition and The Standard for Project Management - Project Management Institute, Inc. 2021.
189. Gridneva Ya. A. Physical factors of the conceptual project of «Smart city» – June, 2018
190. James Manyika, Michael Chui etc. The internet of things: mapping the value beyond the hype / McKinsey Global Institute Copyright McKinsey & Company – June, 2015
191. Jerome R. Busemeyer, Zheng Wang What Is Quantum Cognition, and How Is It Applied to Psychology? SAGE Journals / Association for Psychological Science 163-169 p. – 2015
192. Jojo Moolayil Smarter Decisions – The Intersection of Internet of Things and Decision Science - July, 2016
193. John du Pre Gauntt Storytelling for the Internet of Things: A systems approach – June 11, 2015
194. Morris P. W. G., Geraldi J. Managing the Institutional Context for Projects // Project Management Journal. – 2011 № 42 (6). P. 20–32.
195. Obradovića V., Cicvarić K. S., Mitrovića Z. Rethinking Project Management – Did We Miss Marketing Management? // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2016 № 226. P. 390 – 397.
196. Ogborn J., Taylor E.F. Quantum physics explains Newton’s laws of motion. Physics Education. – 2005 №40, is. 1.
197. Planetary Skin: A Global Platform for a New Era of Collaboration / Juan Carlos Castilla-Rubio and Simon Willis – Cisco IBSG, March 2009. Available at: <http://docplayer.net/16234718-Planetary-skin-authors-juan-carlos-castilla-rubio-simon-willis-cisco-internet-business-solutions-group-ibsg.html> March 2009

Дефиниции участников Субъекта управления и элементов Объекта управления

Дефиниции участников Субъекта управления:

Инвестор строительства – лицо, размещающие собственный или заёмный капитал с целью последующего получения прибыли. Если инвестируемый окажется убыточным, то капитал будет утрачен полностью или частично.

Застройщик строительства – лицо, обладающее законным юридическим правом (владения, пользования, распоряжения) на конкретный земельный участок, имеющее разрешение на строительство или реконструкцию ОКС на этом участке и обеспечивающее соответствующую строительную деятельность в отношении указанного ОКС [п. 16 ст. 1 ГрК РФ, ст. 2 ФЗ от 30.12.2004 №214-ФЗ (ред. от 14.02.2024), п.1 ст. 3 ФЗ от 17.11.1995 №169-ФЗ (ред. от 10.07.2023)].

Технический заказчик строительства – лицо, координирующее технические вопросы реализации строительного проекта и отношения с государственными органами надзора и межведомственной экспертизы.

Генеральный подрядчик строительства – лицо, которое самостоятельно разрабатывает организационно-технологические решения по производству всего комплекса строительных работ и принимает на себя их полное исполнение по договору генерального подряда, заключаемому с заказчиком, привлекая к этому процессу других лиц – подрядчиков. Генеральный подрядчик может основную часть работ выполнять сам, а может передать для выполнения все задачи подрядчикам, оставив за собой функцию координатора и посредника между заказчиком и подрядчиком.

Подрядчик – лицо, которое выполняет работы по договору подряда, заключаемому с генеральным подрядчиком (заказчиком).

Субподрядчик – лицо, привлекаемое подрядчиком для выполнения отдельных видов профильных или специализированных работ по проекту на основе договора

субподряда.

Государственный надзор – специально уполномоченное государством лицо, осуществляющее систематическое наблюдение за точным и полным соблюдением участниками строительства действующих нормативно-правовых актов в области строительства.

Девелопер – лицо, инициирующее и организующее осуществление строительного проекта за счёт привлечения всех необходимых участников на договорной основе.

Риелтор – лицо, осуществляющее посреднические операции с недвижимостью.

Эксплуатант – лицо, осуществляющее эксплуатацию объекта капитального строительства.

Государственная вневедомственная экспертиза – группа лиц, специально уполномоченных государством для оценки строительного проекта на предмет его соответствия государственным и общественным интересам в межведомственном правовом поле.

Правообладатель – лицо, обладающее какими-либо имущественными правами на используемые или создаваемые в рамках строительного проекта ресурсы.

Страховщик – лицо, осуществляющее деятельность по страхованию, перестрахованию, взаимному страхованию интересов участников строительного проекта.

Генеральный проектировщик – лицо, которое занимается разработкой конструктивных проектных решений, созданием и сопровождением проектной документации, а также контролем над её соблюдением на протяжении всего процесса строительства.

Архитектор – лицо, которое осуществляет архитектурное проектирование объектов капитального строительства, включая разработку объёмно-планировочных и интерьерных решений.

Проектировщик – лицо, занимающееся разработкой специальных планов и схем.

Дефиниции элементов Объекта управления:

Предпроектные работы – формализация инвестиционного замысла в форме исходно-разрешительной документации ОКС, проведение инженерных изысканий, подготовка эскиза, разработка технического задания.

Проектные работы – работы по разработке и согласованию обоснований и соответствующих проектных решений по созданию (реконструкции, расширению, техническому перевооружению) объектов строительства.

Строительные работы – определённые проектно-сметной документацией строительные технологические процессы, выполняемые непосредственно на строительной площадке ОКС.

Пусконаладочные работы – комплекс последовательных технологических испытаний установленного на ОКС оборудования.

Эксплуатационные работы – комплекс работ по техническому содержанию, своевременному обслуживанию и ремонту ОКС в соответствии с установленным техническим регламентом.

Работы по реконструкции – комплекс работ правового, экономического и технического характера, направленных на модернизацию технико-экономических параметров ОКС.

Работы по демонтажу и утилизации – комплекс последовательных технологических процессов по ликвидации ОКС и утилизации образующихся строительных отходов и мусора.

Математическое описание структуры системы управления в форме дифференциальных уравнений

Для динамических переменных матрицы М приняты следующие обозначения:

$$V_{\Psi j} * \Psi = v_1$$

$$V_{Cj} * C = v_2$$

$$V_{Zj} * Z = v_3$$

$$V_{Ij} * I = v_4$$

$$V_{Ej} * E = v_5$$

$$V_{Lj} * L = v_6$$

$$V_{Tj} * T = v_7$$

$\mu(v_j)$ – нелинейные функции, описывающие их взаимодействие,

$S(t) = \frac{dv_j}{dt}$ – состояние системы,

t_j – характерные интервалы времени изменения переменных v_j при $j = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$.

Получены дифференциальное уравнение вида:

$$\frac{dv_j}{dt} = \frac{1}{t_j} \mu_j(v_1 v_2 v_3 v_4 v_5 v_6 v_7), \quad (1)$$

Динамически устойчивым (устойчивым) состояниям системы S соответствуют такие значения переменных $\bar{v}_1, \bar{v}_2, \bar{v}_3, \bar{v}_4, \bar{v}_5, \bar{v}_6, \bar{v}_7$, при которых все функции $\mu_j(v_1 v_2 v_3 v_4 v_5 v_6 v_7)$ равны нулю. Так как все производные также равны нулю, то значения v_j не меняются со временем. Однако малые отклонения от стационарных значений δv_j , изменяются со временем, и их изменение можно описать системой линейных дифференциальных уравнений:

$$\frac{d(\delta v_j)}{dt} = \sum_{j=1}^n a_{ji} - \delta v_j, \quad (2)$$

где $a_{ji} = \partial \mu_j / \partial v_j$ при $v_j = \bar{v}_j$, \bar{v}_j - стационарные значения переменных.

Решения системы (2) имеют вид:

$$\delta v_j(t) = \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ji} e^{\lambda_j t} \quad (3)$$

$$\delta v_j(t) = \sum_{j=1}^n \varepsilon_{ji} e^{\lambda_j t} \quad (3)$$

Коэффициенты ε пропорциональны начальным отклонениям ($\varepsilon \sim \delta v(0)$) и малы в меру малости последних. Величины λ_j – числа, которые являются решением алгебраического уравнения: $\det |a_{ji} - \delta_{ji} \lambda_j| = 0$, где δ_{ji} – символ Кронекера такой, что $\delta_{ji} = 0$, если $j \neq i$ и $\delta_{ji} = 1$ при $j = i$. Величины λ_j являются числами Ляпунова.

Описание динамически неустойчивых состояний системы S осуществляется аналогичным образом: определяется временная зависимость малых отклонений от заданной траектории. Используются линейные по отклонениям уравнения (высшими степенями $\delta v_j(t)$ можно пренебречь), решения которых имеют вид:

$$\delta v_j(t) = \sum_j^n \varepsilon_{ji} e^{\lambda_j(t)t} \quad (4)$$

Числа Ляпунова при этом уже не постоянны, а зависят от времени. Траектория является неустойчивой, если среди чисел $\lambda_j(t)$ имеются такие, вещественные части которых положительны в достаточно большом интервале времени Δt , таком, что $\Delta t \lambda(t) \gg 1$.

**Математическое описание оптимизация стратегий централизованного
и децентрализованного управления в рамках интегрирующей цифровой
(вычислительной) платформы**

Рассмотрим задачу управления некоторой Системой с целью максимизировать выигрыш $g(w, a)$, где $w \in W$ – управление, а $a \in A$ – неконтролируемый фактор.

Будем предполагать, что Система «технологически структурирована». Это означает, что множество W представимо в виде декартова произведения:

$$W = U \times V^1 \times \dots \times V^n \quad (1)$$

Будем считать, что, принимая решение о варианте управления $w = (u, v^1, \dots, v^n)$, Координирующий центр может иметь информацию о реализовавшемся значении неопределённого фактора $a = (a^1, \dots, a^n)$, но объём этой информации не должен превышать l бит. Содержание этой информации выбирает Координирующий центр.

При децентрализации Координирующий центр имеет возможность поручить выбор варианта управления v^i игроку i ($i = 1, \dots, n$). Возникающие при этом у игрока i интересы описываются стремлением к максимизации своей целевой функции $h^i(u, v^i, a^i)$. Кроме того, выбирая свой вариант управления $v^i \in V^i$, игрок i точно знает реализовавшееся значение неопределённого фактора a^i .

В пределах своих полномочий Координирующий центр оставляет право выбора варианта управления $u \in U$. При этом он по-прежнему может использовать l бит информации о неопределённом факторе.

**Производственные элементы экономического кластера
инвестиционно-строительного проекта «Агропромышленный комплекс
в Бутурлиновском районе Воронежской области»**

Изображения отдельных производственных элементов экономического кластера представлены на рис. 1 – 8.



Рис. 1. Биотехнологический комплекс (вид сбоку).



Рис. 2. Биотехнологический комплекс (вид сверху).



Рис. 3. Строительство биотехнологического комплекса



Рис. 4. Сахарный завод



Рис. 5. Тепличное хозяйство



Рис. 6. Агропарк



Рис. 7. Фабрики напитков и здорового питания



Рис. 8. Логистический центр

Организационные структуры Экспертного совета, Дирекции строительства и подрядных отношений

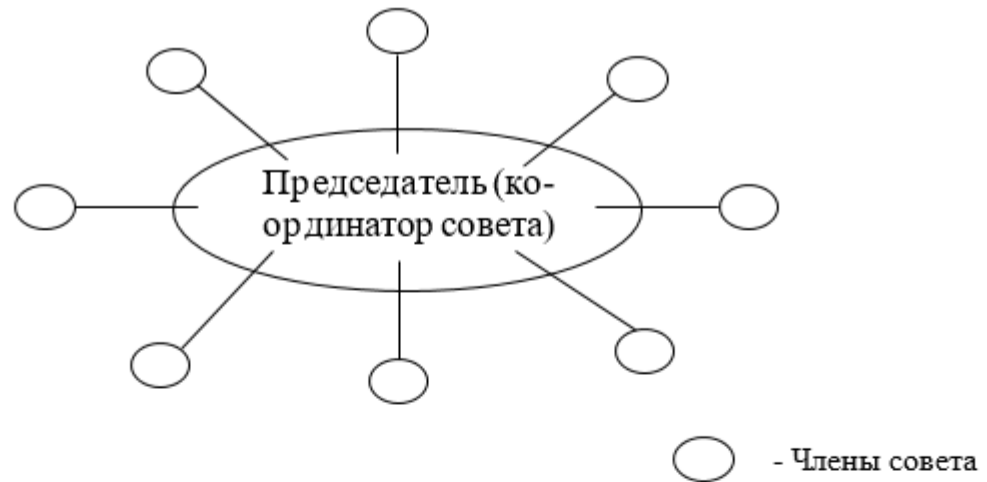


Рис. 1. Организационная структура Экспертного совета

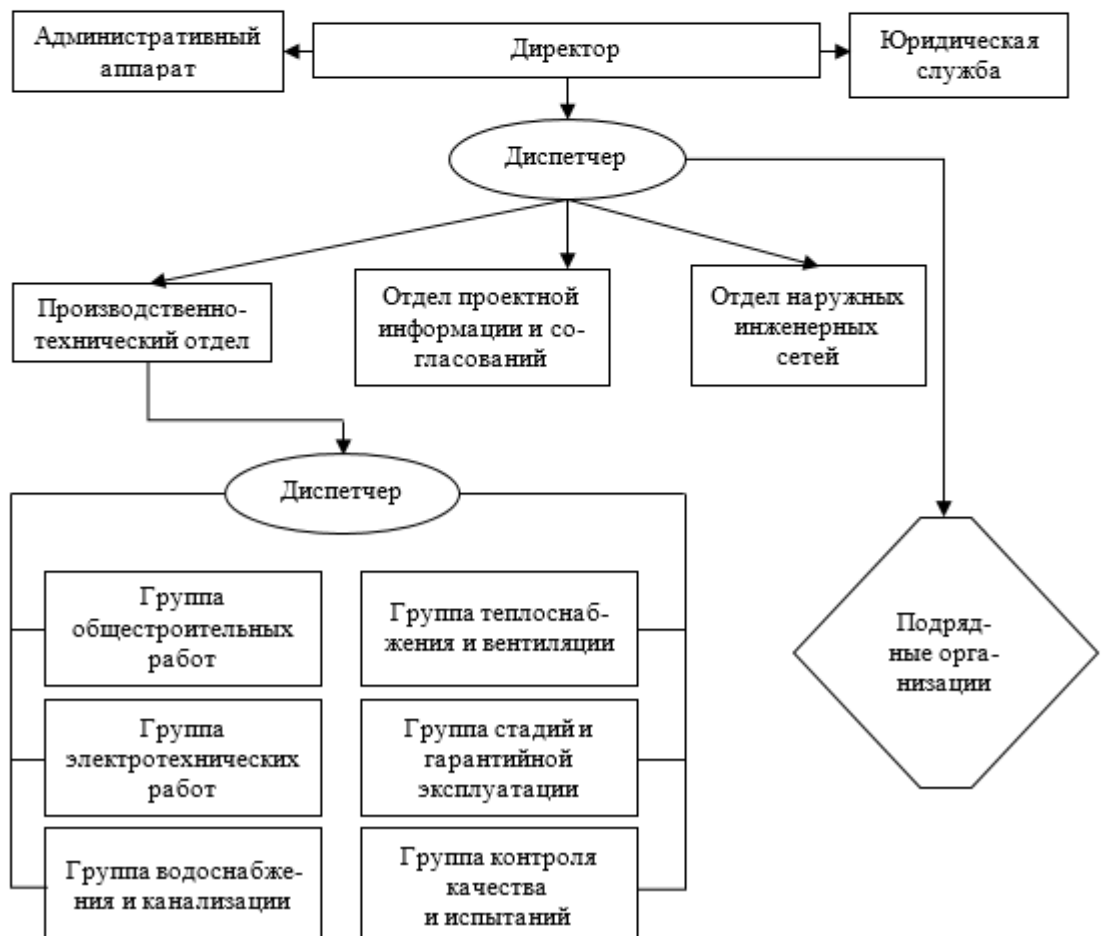
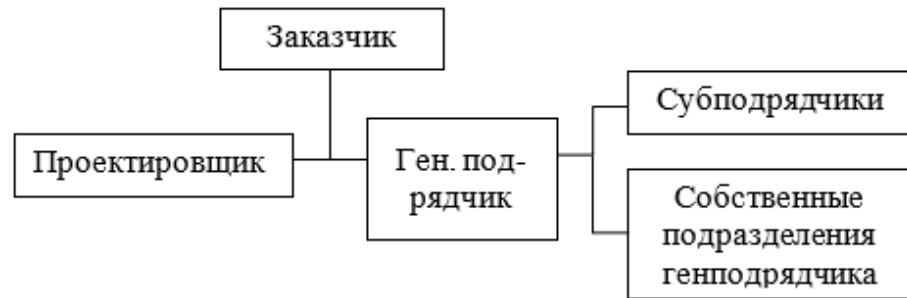


Рис. 2. Организационная структура Дирекции строительства

В зависимости от специфики конкретного объекта строительства и особенностей подрядной организации представлены три основных варианта организационной структуры подрядных отношений.

1. Вариант.



2. Вариант.



3. Вариант.

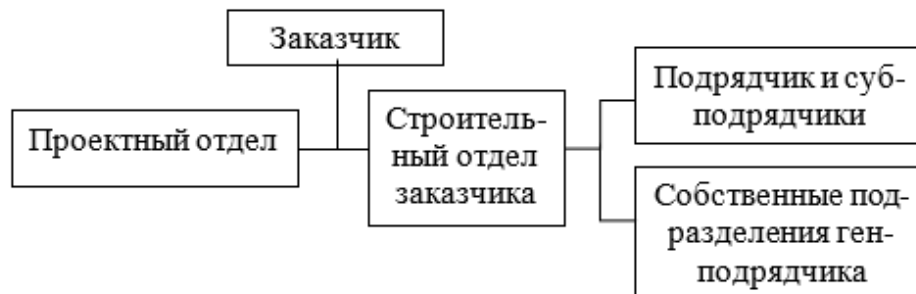


Рис. 3. Организационная структура подрядных отношений.

Математическое описание решения задачи коммутации множества источников информации на множество распределённых дисплеев (визуализация информационных потоков)

Информационной сетью СЦ называется ориентированный граф $G = (V, E)$, каждому ребру $(u, v) \in E$ которого поставлено в соответствие число $c(u, v) \geq 0$, называемое пропускной способностью ребра. В графе выделяются две группы вершин – истоки S (источники информации) и истоки T (средства отображения информации). Путём информационного потока называется упорядоченная последовательность вершин

$$r = (v_1, v_1, \dots, v_k), v_i \in V, v_1 \in S, v_k \in T, i=1, k, \quad (1)$$

причем любые две последовательные вершины соединены хотя бы одним ребром из множества E . При этом пара $p = (v_1, v_k)$ называется информационным соответствием.

Таким образом, состояние информационных потоков СЦ можно описать совокупностью информационных соответствий. При этом для каждого информационного соответствия будет существовать реализующий его путь информационного потока.

Решение поставленной задачи должно производиться в автоматическом режиме при каждом действии, связанном с изменением конфигурации СЦ (до 10 раз в минуту), время для получения ответа не должно превышать 1 - 5 секунд. Входом для алгоритма будет информационная сеть СЦ $G = (V, E)$ и набор информационных соответствий r_1, r_2, \dots, r_m . Выходом: набор путей информационных потоков p_1, p_2, \dots, p_m , реализующих заданные информационные соответствия, или сообщение о невозможности реализовать все из них.

Общий алгоритм решения поставленной задачи распределения имеет следующий вид:

1. Для каждого источника исходной информации $s \in S$, такого что $\exists r, t: r =$

(s, t) , определяются все пути, ведущие из s в t такие, что каждое ребро графа встречается в пути не более одного раза (такое ограничение необходимо во избежание бесконечно большого количества путей при наличии циклов в графе).

2. Каждому ребру ставится в соответствие n чисел k_1, k_2, \dots, k_m , каждое из которых представляет количество проходящих через ребро возможных путей информационных потоков соответствующего типа.

3. Для каждого ребра, через которое проходят возможные пути информационных потоков более чем одного типа, поочередно предпринимается попытка удалить возможные пути разных типов.

4. При каждой попытке удаления путей выполняется проверка: существуют ли еще информационные потоки данного типа, кроме удаляемых. Если существуют, то удаляются потоки и на ребрах, через которые они проходили, соответствующим образом уменьшается число k . Если нет, происходит переход к следующему типу. Если не удастся удалить информационные потоки с ребра, кроме одного, это означает, что данный набор пар невозможно реализовать на данной информационной сети. Если удаётся, то осуществляется переход к следующему ребру.

5. Критерием положительной остановки алгоритма является отсутствие ребер, через которые проходит более одного возможного информационного потока (этот критерий аналогичен условию остановки алгоритма, реализующего метод Форда-Фалкерсона [11] для решения задачи о максимальном потоке и минимальном разрезе).

Справки о внедрении результатов диссертационного исследования

AlbaROSSs.r.o.

Holícska 36, 851 05 Bratislava, Slovakia, Registration No: 46 875 085

Исх. № 21 от 18 декабря 2019 г.

АКТ

О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ
научно-квалификационной работы Гридневой Ярославы
Александровны

«Разработка системы управления крупномасштабными строительными
проектами на протяжении их жизненного цикла»

Научно-теоретические результаты исследования Гридневой Я.А. были апробированы в рамках крупномасштабного инвестиционно-строительного проекта «Агропромышленный комплекс в Бутурлиновском районе Воронежской области» в период 2017-2020 гг..

В процессе апробации разработана многоуровневая информационная модель организационно-технической системы управления проектом с точки зрения функциональных задач, оказаны консультации сотрудникам высшего звена управления.

Сравнительная оценка эффективности управления проектом по методике оценки целостности системы управления (как условия эффективности функционирования) показала, что уровень целостности предложенного автором организационно-технического варианта системы управления в 3,5 раза выше уровня целостности традиционного организационного варианта системы управления проектом. С экономической точки зрения, в 3,5 раза увеличилась системная эффективность использования инвестиционного капитала.

В целом, успешность апробации доказывает, что разработанная Гридневой Я.А. организационно-техническая модель системы управления может быть положена в основу создания управляющей компании крупномасштабным строительством, что позволяет осуществить старт соответствующего инвестиционно-строительного проекта. Авторская методика оценки целостности системы управления является эффективным инструментом трансляции целостности проектируемой системы на всём протяжении жизненного цикла.

Исполнительный директор
Компании «AlbaRoss, s.r.o.»
Кандидат технических наук



А.К. Устинов

AlbaROSS, s.r.o.
Holíčska 36, 851 05 Bratislava
ICO: 46 875 085, DIČ: 2023641092
IČ DPH: SK2023641092

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



«УТВЕРЖДАЮ»

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



Справка

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

Результаты диссертационной работы соискателя кафедры организации производства и городского хозяйства Гридневой Я.А. на тему «Разработка системы управления крупномасштабными строительными проектами на протяжении их жизненного цикла» внедрены в учебный процесс студентов направления 08.03.01 «Строительство» (бакалавров профиля «Экспертиза и управление недвижимостью») и 08.04.01 «Строительство» (магистрантов магистерской программы «Ценообразование и управление проектами в строительстве и ЖКХ») на основании рекомендации кафедры ОПГХ Ивановского государственного политехнического университета.

К основным результатам диссертационной работы, используемым в учебном процессе, относятся следующие: системообразующие факторы моделирования организационно-технической системы управления крупномасштабным строительством, концептуальная модель организационно-технической системы управления крупномасштабными строительными проектами на протяжении их жизненного цикла, методика контроля целостности системы управления крупномасштабными строительными проектами.

Указанные результаты включены в рабочие учебные программы следующих дисциплин:

- Инвестиционно-строительный инжиниринг;
- Управление проектами в сфере недвижимости;
- Управление инвестиционно-строительными проектами.

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

 Е.Р. Кормашова