



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

На правах рукописи

Калязина София Евгеньевна

**Математическое и инструментальное обеспечение системы
поддержки принятия решений в многопроектных средах**

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург
2025

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

- Научный руководитель: **Лёвина Анастасия Ивановна**
доктор экономических наук, доцент
- Официальные оппоненты: **Косоруков Олег Анатольевич**
доктор технических наук, профессор,
профессор Высшей школы управления и инноваций, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва
- Андреевский Игорь Леонидович**
доктор экономических наук, доцент, начальник отдела анализа данных, профессор кафедры информационных систем и технологий, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», г. Санкт-Петербург
- Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург

Защита состоится «30» июня 2025 года в 16:00 на заседании диссертационного совета У.5.2.2.51 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (194021, г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, 50, корпус 50, аудитория 2405).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте <https://www.spbstu.ru/> федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого».

Автореферат разослан «_____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат экономических наук

 А.С. Дубгорн

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Управление проектной деятельностью в компаниях требует скоординированных и эффективных действий по формированию и реформированию портфеля проектов, обеспечению и контролю их выполнения. Управление проектной деятельностью подразумевает прежде всего принятие своевременных решений по распределению и перераспределению ресурсов между проектами, по отбору проектов в портфель и определению параметров реализации отобранных проектов. Подобная комплексная задача нуждается в соответствующей методологической поддержке в виде методов и моделей организации деятельности, математического аппарата, а также ИТ-решений.

Традиционные подходы к управлению проектами долгое время концентрировались на среде единого проекта, предполагая, что организации реализуют один или несколько изолированных проектов. Однако на практике зачастую возникает ситуация, когда количество текущих, запланированных и потенциальных инициатив различной направленности превышает управляемый без специальных средств автоматизации уровень, что требует систематизированного формирования, адаптации и контроля портфеля проектов для достижения стратегических целей. Это формирует многопроектную среду. Под многопроектной средой будем понимать организационную или социо-экономическую систему, в которой одновременно реализуется значительное количество проектов (превышающее эмпирически управляемое без формализованных методов), конкурирующих за единый пул ограниченных ресурсов и требующих системной координации для обеспечения их взаимной согласованности и соответствия стратегическим целям системы (компании, отрасли, экосистемы и т. д.) в динамично меняющихся условиях. Важно подчеркнуть, что подобная среда характерна не только для отдельных компаний, но и для более сложных социо-экономических систем, таких как отрасли, регионы или экосистемы, где множественные проекты взаимосвязаны и требуют координации в рамках единой стратегии.

В такой среде необходимо соблюдать баланс между показателями и ограничениями каждого конкретного проекта и долгосрочной стратегией, реализуемой посредством всей совокупности проектов. В литературе выделяются понятия зависимой и независимой многопроектной среды. Далее в работе рассматривается более сложный вариант зависимой многопроектной среды (*dependent multi-project environment*) – среда, требующая совместного использования ресурсов между проектами.

Компаниям, осуществляющим управление проектами в зависимых многопроектных средах, требуется единое комплексное решение, поддерживающее системный подход к управлению, которое увязывало бы в едином модельном пространстве параметры принятия решений по задачам разного уровня управления проектной деятельностью.

Для решения задачи эффективного управления проектной деятельностью предлагается разработать архитектуру системы поддержки принятия решений (СППР) по управлению проектной деятельностью, в основе которой будет лежать комплекс математического, инструментального и организационного обеспечения, поддерживающий управление на всех уровнях – от распределения ресурсов между задачами одного проекта до балансировки между проектами и обеспечения достижения стратегических целей через реализацию портфеля проектов. Такая СППР за счет создания единого информационного пространства проектной деятельности предприятия создаст предпосылки для эффективного распределения и использования ресурсов предприятия в многопроектных средах и обеспечит достижение его стратегических целей посредством реализации портфеля проектов.

Степень разработанности научной проблемы. Вопросы управления проектной деятельностью организаций занимают значительное место в современной научной литературе, отражая как эволюцию теоретических подходов, так и практические аспекты их применения, охватывая темы разработки методологий, моделей и инструментов, направленных на повышение эффективности реализации проектов в различных организационных контекстах. Значительный вклад в развитие теории управления проектами внесли такие ученые, как Балашова И.В., Баришпольц В.А., Бурков В.Н., Грей К.Ф., ДеМарко Т., Керцнер Г., Ларсон Э.У., Листер Т., Мазур И.И., Олсон Н., Ольдерогге Н.Г., Петров М.Н., Поспелов Г.С., Шапиро В. Д.

Исследования в области управления портфелем проектов организации представляют собой важное направление в современной теории и практике управления, направленное на обеспечение стратегической согласованности между множеством проектов, и охватывают разработку методологий, моделей и инструментов, способствующих оптимизации портфельного управления в условиях неопределенности и динамично меняющейся внешней среды. В этом вопросе следует отметить таких ученых, как Аньшин В. М., Бакланова Ю.О., Демкин И. В., Кендалл Д. И., Кузнецова Е.В., Никонов И.М., Роллинз С. К., Царьков И.Н., Шаповалов А.В. Также стоит отметить вклад Project Management Institute (PMI), разработавшего «The Standard for Portfolio Management», который служит международным стандартом в области управления портфелем проектов и предоставляет рекомендации по лучшим практикам в этой сфере.

Вопросы управления проектами охватывают широкий спектр аспектов, включая планирование, организацию, мотивацию и контроль над ресурсами для достижения конкретных целей в рамках заданных ограничений. Развитие данной области обусловлено вкладом как отечественных, так и зарубежных ученых, чьи исследования способствовали формированию теоретических основ и практических инструментов управления проектами: Барроуз М., Гант Г., Иммельт Д., Коттер Д., Лауфер А., Мартин Р., Никаноров С.П., Новиков

Д.А., Одонкор А.А., Портер М., Тебекин А.В., Тейлор Ф., Шиллинг М. В работах этих ученых раскрыты вопросы управления рисками в проектах, применения инструментов и методов управления, управления изменениями, развития инноваций и создания конкурентных преимуществ в динамичной бизнес-среде.

Вопросы использования математических методов в управлении проектной деятельностью занимают важное место в современной научной литературе, отражая стремление к формализации и оптимизации процессов планирования, контроля и принятия решений в рамках проектного менеджмента. Формированию теоретических основ и практических инструментов управления проектами способствовали исследования таких авторов, как Анисимов В.Г., Горбатков С.А., Колпачев В.Н., Малинецкий Г.Г., Усков А.А., Царьков И.Н.

Теория и применение мультиагентных систем (МАС) представляют собой одно из ключевых направлений в области искусственного интеллекта и распределённых вычислений, направленное на моделирование и управление сложными системами, состоящими из взаимодействующих автономных агентов. Исследования в данной области охватывают разработку архитектур, алгоритмов взаимодействия и координации агентов, а также применение МАС в различных прикладных задачах. Значительный вклад в развитие теории и практики МАС внесли Бахтизин А.Р., Ванг Л., Вулдридж М., Городецкий В.И., Дженнингс Н.Р., Дорри А., Кузнецов Н.В., Лихтенштейн В.Е., Морозов А.А., Скобелев П.О. Наиболее часто применение мультиагентных систем рассматривается для таких сфер, как транспортная логистика (Хамиди Х.), робототехника (Дрю Д.), распределенные энергетические системы (Гонзалес А., Махела О.), системы планирования (Торрено А.).

Агентный подход в управлении проектной деятельностью представляет собой перспективное направление, позволяющее моделировать и анализировать сложные организационные процессы с учетом взаимодействий между автономными агентами. Вклад в развитие этой области внесли как российские, так и зарубежные ученые, чьи исследования способствовали формированию теоретических основ и практических приложений агентного моделирования в контексте управления проектами: Акопов А.С., Рохас-Вильяфане Х. А., Светлов Н.М., Секки Д., Чусавитина Г.Н.

Вопросы инструментального обеспечения проектной деятельности отражают стремление к интеграции цифровых инструментов в процессы управления проектами. Развитие данной области обусловлено вкладом таких ученых, как Ильин И.В., Сухомлин В.А., Терехов А.Н., Хоа К.Д.

Теория управления проектами в многопроектных средах представляет собой направление исследований, ориентированное на разработку методов и инструментов для эффективного управления несколькими проектами одновременно, учитывая их взаимосвязи и конкуренцию за ресурсы. Значительный вклад в развитие теории по этому вопросу внесли Бурков В.Н., Йонес Р., Кондратьев В.В.

Анализ приведенных источников показывает, что в целом имеется достаточное количество научных материалов, отдельно описывающих разные элементы проектной деятельности, но при этом можно констатировать отсутствие комплексных решений, объединяющих в рамках единого модельного пространства стандарты управления, подходы к формированию бизнес-архитектуры, математический аппарат, информационные системы. В отношении управления проектной деятельностью в многопроектных средах имеющиеся исследования показывают положительные результаты по оптимизации по одному критерию (расписание, задержки, распределение ресурсов при условии выделения ресурса и т.д.). Также видно, что применение мультиагентных систем в задачах технического характера рассматривается в научной литературе достаточно давно. Применение агент-ориентированного подхода в комплексном управлении проектной деятельностью предприятия является недостаточно изученным, но в настоящее время есть основания для развития этого направления.

Целью диссертационного исследования является разработка комплексной системы управления проектной деятельностью на основе системы поддержки принятия решений, объединяющей математическое и инструментальное обеспечение управления проектной деятельностью для повышения качества принимаемых решений по управлению проектами и их совокупностями в многопроектных средах для обеспечения реализации стратегии проектно-ориентированных компаний. Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. Проанализировать имеющиеся подходы к математическому, инструментальному и организационному обеспечению проектной деятельности и выявить задачи принятия решений на каждом этапе и уровне управления;
2. Разработать структуру методико-инструментального комплекса поддержки принятия решений, включающего математическое, инструментальное и организационное, обеспечение при управлении проектной деятельностью;
3. Разработать онтологическую модель проектной деятельности предприятия;
4. Разработать модель комплексного математического обеспечения проектной деятельности;
5. Разработать модель комплексного инструментального обеспечения проектной деятельности;
6. Предложить модель комплексного организационного обеспечения проектной деятельности;
7. Провести апробацию разработанного комплексного решения в проектно-ориентированной компании.

Объектом диссертационного исследования являются многопроектные среды.

Предметом диссертационного исследования являются математическое, инструментальное и организационное обеспечение поддержки принятия решений по управлению проектной деятельностью в многопроектной среде.

Теоретической основой исследования являются работы ведущих ученых и специалистов, а также стандарты и сборники лучших практик, издаваемые специализированными ассоциациями, в области управления проектами, портфелями, стратегией организации, включая аспекты использования математического, инструментального и организационного обеспечения для реализации всех необходимых этапов управления.

Методологической основой исследования является архитектурный подход к проектированию деятельности предприятий, агент-ориентированный подход, информационный менеджмент и управление ИТ-сервисами, управление проектами, программами и портфелями, управление проектным офисом. Для достижения поставленных целей и задач исследования использован метод экономико-математического моделирования. В ходе исследования применены методологии управления проектами, портфелями проектов, стратегического управления (в том числе методология управления портфелем MoP®, метод управления проектами PRINCE2, модель структурированного подхода к управлению проектами, программами и портфелями P3O), методология TOGAF с применением языка Archimate. С учетом многомерной структуры разрабатываемого комплекса в качестве основы методологии исследования использована модель Захмана.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа выполнена в соответствии с пунктами: «2. Типы и виды экономико-математических и эконометрических моделей, методология их использования для анализа экономических процессов, объектов и систем» и «18. Развитие и применение инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем в интересах субъектов экономической деятельности» паспорта специальности 5.2.2. «Математические, статистические и инструментальные методы в экономике»

Научная новизна диссертационного исследования заключается в синтезе существующих подходов к управлению проектной деятельностью организации и в формировании единой системы поддержки принятия решений по управлению проектной деятельностью на базе методико-инструментального комплекса, объединяющего различные виды обеспечения проектной деятельности. Предлагаемый комплекс обеспечивает целостный и системный подход к управлению проектами, позволяя организациям эффективно планировать, исполнять, контролировать и завершать проекты в соответствии с их стратегическими целями. Новизна исследования заключается в интеграции различных подходов и инструментов в единую комплексную систему, которая повышает эффективность и результативность управления проектами на организационном уровне.

Новизна исследования с точки зрения математических методов заключается в применении известного математического аппарата (агентное

моделирование) к новому объекту (многопроектные среды, предполагающие управление проектами и их совокупностями в динамично меняющихся условиях).

Новизна исследования с точки зрения инструментальных методов заключается в разработке модели архитектуры СППР в многопроектной среде, интегрируемой с существующей ИТ-архитектурой, поддерживающей проектное управление в организациях.

Более подробно научная новизна раскрывается в **основных положениях, выносимых на защиту:**

- Предложен методико-инструментальный комплекс управления проектной деятельностью, охватывающий все уровни и этапы управления, и основанный на согласованных между собой моделях математического, инструментального и организационного обеспечения. Отличительной особенностью комплекса является сквозная согласованность составляющих его гетерогенных компонентов (разных видов обеспечения) в рамках единого модельного пространства проектной деятельности, что создаёт предпосылки для разработки комплексной СППР проектной деятельности на основе разработанного комплекса.
- Предложен алгоритм взаимосвязанного анализа требований к математическому и инструментальному обеспечению проектной деятельности на основе выявления ключевых задач каждого этапа управления проектами и их группами. Отличительной особенностью предложенного алгоритма является то, что он расширяет понимание аспектов проектного управления, зафиксированных в существующих стандартах и сборниках лучших практик, дополняя их требованиями к сервисам математического и инструментального обеспечения.
- Разработана модель комплексного математического обеспечения управления проектной деятельностью на основе агентного моделирования, обеспечивающая возможность адаптивного формирования и реформирования портфеля проектов с учётом стратегических установок и ресурсных ограничений. Отличительная особенность заключается в адаптации и применении агентного моделирования к управлению проектами и их совокупностями в условиях динамично изменяющейся многопроектной среды.
- Разработана система моделей комплексного инструментального обеспечения проектной деятельности, включающая модель онтологии проектного управления, модель архитектуры сервисов СППР проектной деятельности и модель интеграции СППР в архитектуру существующих информационных систем. Отличительной особенностью предлагаемого инструментального обеспечения является уникальный набор ИТ-сервисов, поддерживающих проектную деятельность на всех уровнях управления и этапах и реализующих в том числе разработанную систему математического обеспечения.

Теоретическая значимость состоит в том, что предложен методико-инструментальный комплекс управления проектной деятельностью, реализуемый в форме СППР, включающий и взаимоувязывающий модели математического, инструментального и организационного обеспечения проектной деятельности для решения задач, возникающих на разных уровнях управления проектами и их совокупностями в многопроектных средах.

Практическая значимость заключается в том, что предлагаемый методико-инструментальный комплекс по управлению проектной деятельностью на практике позволяет реализовать эффективную систему поддержки принятия решений по формированию и реформированию портфеля проектов и по управлению отдельными проектами и их задачами.

Достоверность полученных результатов подтверждается опытом практического применения разработанного методико-инструментального комплекса на конкретном предприятии, а также описанием отдельных элементов разработанного комплекса в рецензируемых научных журналах.

Апробация результатов исследования. Результаты работы были изложены в материалах: Технологическая перспектива в рамках евразийского пространства: новые рынки и точки экономического роста (Санкт-Петербург, 07–08 ноября 2019 года), Цифровые технологии в логистике и инфраструктуре (Санкт-Петербург, 10–11 октября 2019 года), 33-я международная конференция IBIMA Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020 (Гранادا, 2019 г.), International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies (Воронеж, 2019), Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service (Санкт-Петербург, 2020), Algorithms and Solutions based on Computer Technology (ASBC 2021) (Санкт-Петербург, 2021), Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли (Санкт-Петербург, 27–29 мая 2020 года; 30 мая – 02 июня 2022 года, 15 – 18 мая 2024).

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования изложены в 29 научных работах, общим объемом 108 п.л. (авторский вклад составляет 21 п.л.), из которых 13 статей опубликованы в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы. В первой главе рассмотрены теоретические положения проектного подхода к управлению деятельностью, особенности управления проектной деятельностью в проектно-ориентированных компаниях и в многопроектных средах, а также представлены результаты анализа стандартов, методологий и фреймворков управления проектами, программами, портфелями применительно к управлению проектной деятельностью в проектно-ориентированных компаниях. Вторая глава посвящена обзору процессов проектного, портфельного и стратегического управления, подходов к организационному,

математическому, инструментальному обеспечению проектной деятельности. Также в главе проанализированы задачи этапов проектного, портфельного и стратегического управления, математическое и инструментальное обеспечение, рассматриваемое в различных источниках на всех этапах проектной деятельности. В третьей главе представлены результаты разработки методико-инструментального комплекса управления проектной деятельностью предприятия на основе цикла непрерывного совершенствования, а также моделей математического, инструментального и организационного обеспечения проектной деятельности. В четвертой главе представлены результаты апробации методико-инструментального комплекса управления проектной деятельностью предприятия в ресурсоснабжающей организации.

Объем диссертации составляет 182 страницы с 44 рисунками, 5 таблицами и 1 приложением. Список литературы содержит 225 наименований.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Предложен методико-инструментальный комплекс управления проектной деятельностью, охватывающий все уровни и этапы управления, и основанный на согласованных между собой моделях математического, инструментального и организационного обеспечения.

В качестве основы для выделения структурных элементов создаваемой системы поддержки принятия решений с учетом многомерной структуры разрабатываемого методико-инструментального комплекса была использована модель Захмана. Модель была адаптирована под цели настоящего исследования (рис.1):

	Данные ЧТО	Функции КАК	Люди КТО	Время КОГДА	
Сфера действия (КОНТЕКСТУАЛЬНЫЙ)	Список важных понятий и объектов Онтология проектного управления	Список основных бизнес-процессов Стратегическое управление Управление портфелем Управление проектом	Ключевые организации Особенности проектно-ориентированных компаний	Важнейшие события PDCA-цикл проектной деятельности	Планировщик
Модель предприятия (КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ)	Концептуальная модель данных Задачи уровней и этапов проектной деятельности и требования к ИТ-сервисам	Модель бизнес-процессов Процессы управления стратегией Процессы управления портфелем Процессы управления проектом	Модель потока работ (workflow) Структура ролей и ответственностей проектной деятельности	Мастер-план реализации Этапы реализации стратегии, портфеля, проекта	Владелец, менеджер
Модель системы (ЛОГИЧЕСКИЙ)	Логические модели данных Мат.методы (агент-ориентир. модель) управления проектной деятельностью	Архитектура приложений Архитектура системы управления проектной деятельностью, включающая СППР на основе MAC	Архитектура интерфейса пользователя Модели архитектуры сервисов для ролей проектной деятельности	Структура процессов MAC для СППР на этапах PDCA-цикла проектной деятельности	Конструктор, архитектор
	Данные	Функции, процессы	Люди, организации	Время, расписание	

Рисунок 1 – Структура методико-инструментального комплекса поддержки принятия решений при управлении проектной деятельностью

По аспекту «Данные» в качестве основы для структурирования и категоризации предметной области выступает онтология проектного управления. На основе онтологии как общего понимания предметной области формируется концептуальная модель данных (в исследовании определены

требования к ИТ-сервисам по предоставлению этих данных - см. Приложение А). В указанных таблицах отражен результат исследования взаимосвязи уровней управления и видов обеспечения.

На логическом уровне выделены математические методы, требуемые для оперирования данными, их обработки.

По аспекту «Функции, процессы» выделены ключевые процессы, которые рассмотрены на всех уровнях управления. На логическом уровне взаимосвязь ИТ сервисов, реализующих рассмотренные функции, и исполняемых процессов отражена в виде моделей архитектуры системы управления проектной деятельностью.

По аспекту «Люди, организации» рассмотрены особенности организационного обеспечения проектного управления в проектно-ориентированных компаниях на основе проектного/портфельного офиса. На концептуальном уровне выделена структура ролей и сфер ответственности персонала портфельного офиса на всех этапах и уровнях проектного управления. На логическом уровне это нашло отражение в моделях организационного обеспечения проектного управления.

По аспекту «Время, расписания» в основе разрабатываемого комплекса лежит PDCA цикл проектной деятельности. На контекстуальном уровне рассмотрены этапы проектной деятельности на всех уровнях управления. На логическом уровне взаимосвязь всех видов рассматриваемого обеспечения проектной деятельности с этапами проектного управления и этапами цикла PDCA отражена в структуре методико-инструментального комплекса управления проектной деятельностью.

Архитектурное представление разрабатываемого комплекса визуализировано с использованием положений методологии TOGAF ADM и с применением в качестве инструмента языка моделирования Archimate (рис. 2).

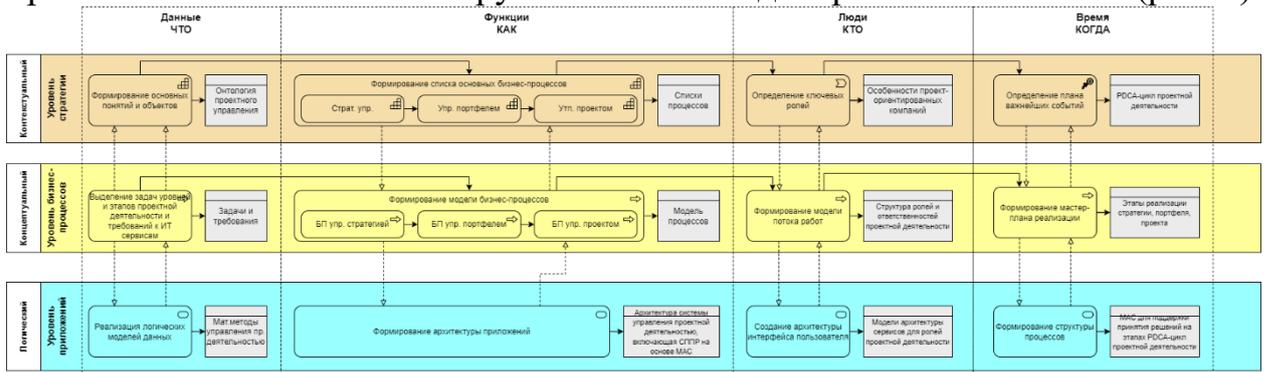


Рисунок 2 – Архитектурное представление разрабатываемого комплекса
Структура методико-инструментального комплекса строится на:

- С точки зрения иерархии управления – на выделении трёх уровней управления в соответствии с уровнем решаемых управленческих задач – стратегическое управление компанией, управление портфелем проектов, управление отдельными проектами;
- С точки зрения последовательности реализации функции управления – на этапах цикла непрерывного совершенствования PDCA.

Для решения поставленной задачи исходя из проведенного анализа существующих подходов представляется целесообразным опираться на следующие подходы в реализации каждого из видов обеспечения:

- Математическое обеспечение – агентное моделирование и МАС;
- Инструментальное обеспечение – архитектура предприятия и иерархия информационных систем;
- Организационное обеспечение – основы организационного управления и лучшие практики управления проектной деятельностью.

2. Предложен алгоритм взаимосвязанного анализа требований к математическому и инструментальному обеспечению проектной деятельности на основе выявления ключевых задач каждого этапа управления проектами и их группами.

Для формирования требований к математическому и инструментальному обеспечению управления проектной деятельностью необходимо понимание всего спектра задач, по которым требуется принятие решений на всех уровнях управления проектной деятельностью и на каждом этапе управления. Предложен следующий алгоритм для формирования этих требований (рис. 3):

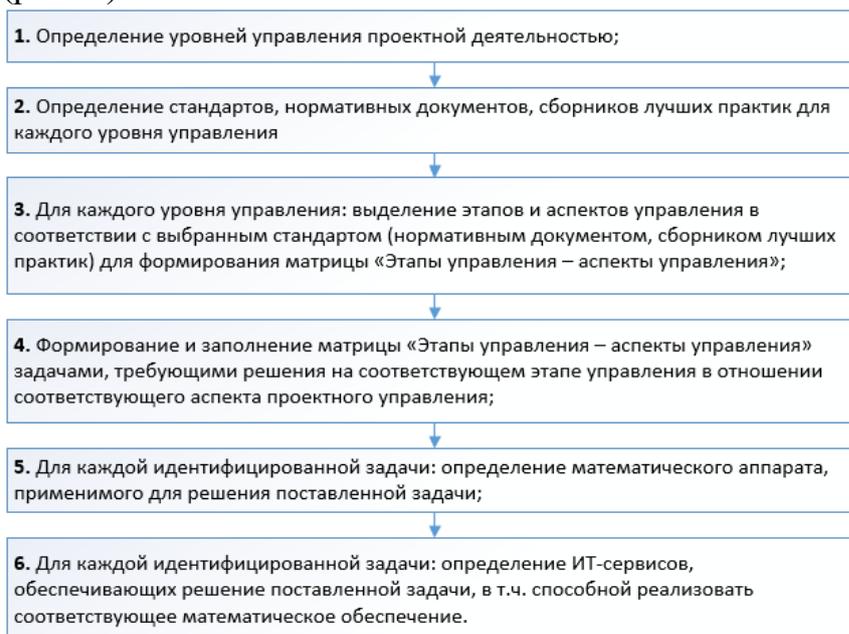


Рисунок 3 – Алгоритм формирования требований

Применение предложенного алгоритма к задаче настоящего диссертационного исследования опиралось на следующие предпосылки:

- выделяется 3 уровня управления проектной деятельностью;
- для выделения этапов управления на каждом уровне управления проектной деятельностью использовались следующие стандарты:
 - стратегическое управление – положения из методологии РЗО и признанные подходы стратегического управления из научной литературы,
 - управление портфелем проектов – MoP (Axelos),
 - управление отдельными проектами – PRINCE2 (Axelos).

В итоге анализа было составлено 9 матриц для определения требований к математическому и инструментальному обеспечению управления проектной деятельностью.

Проведенный анализ показал, что с одной стороны на разных уровнях проектной деятельности выделяются свои специфические задачи и методы их решения, с другой – существует задача синхронизации и обеспечения учёта взаимосвязи и взаимозависимости всех элементов проектной деятельности на всех уровнях. Для специфических задач проектного управления существуют отработанные и показавшие свою эффективность методы, модели, ИТ-решения, ролевые модели. В то же время нет единого комплексного подхода, позволяющего синхронизировать всю проектную деятельность компании в рамках единой системы планирования, реализации, анализа, мониторинга, контроля и изменений на всех уровнях и этапах проектной деятельности. То есть существует и применяется широкий спектр математических методов и видов инструментального обеспечения на всех уровнях проектной деятельности, но как правило данные виды обеспечения в конкретной компании не объединены в комплексное решение, которое обеспечит гибкое управление, позволяющее реагировать на изменения в режиме реального времени.

3. Разработана модель комплексного математического обеспечения управления проектной деятельностью на основе агентного моделирования, обеспечивающая возможность адаптивного формирования и реформирования портфеля проектов с учётом стратегических установок и ресурсных ограничений.

Проведенный анализ применяемых математических методов для обеспечения проектной деятельности показал, что на некоторых этапах возможные к применению математические методы имеют избыточное разнообразие, при этом отсутствует сквозной математический инструментарий, поддерживающий реализацию проектной деятельности на всех уровнях управления в динамично меняющихся условиях. В качестве ответа на стоящую задачу предложена модель СППР на базе МАС. Применение агент-ориентированного подхода в данном случае решает задачу комплексного сквозного управления проектной деятельностью на уровне всего портфеля и отдельных проектов (рис. 6).

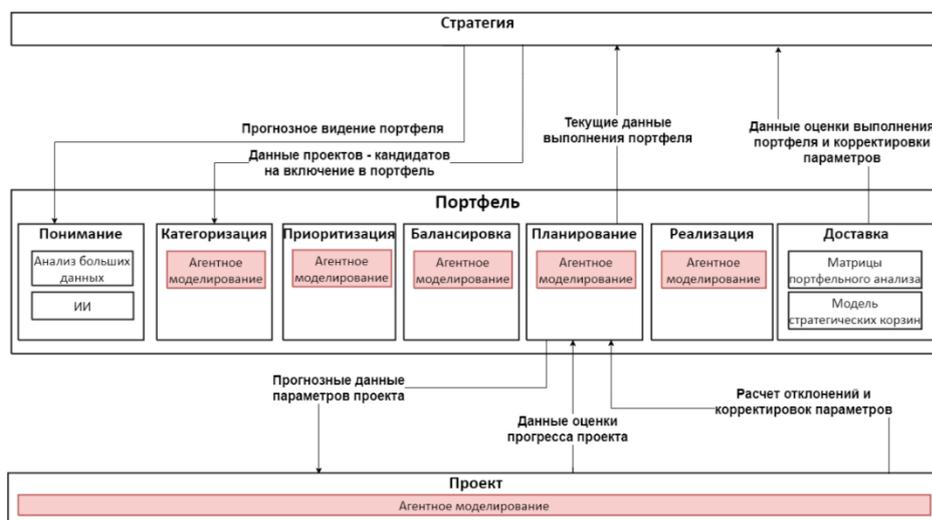


Рисунок 6 - Модель комплексного математического обеспечения проектной деятельности

Агент-ориентированный подход подразумевает, что каждому объекту системы ставится в соответствие программный агент, реализующий его поведение при принятии решений (рис. 7). Описать задачу поддержки принятия решений по управлению проектной деятельностью в агентной постановке означает:

1. Выделить типы агентов;
2. Описать характеристики агентов и их функции принятия решений;
3. Описать события, влекущие потребность принятия управленческого решения, и типы принимаемых решений;
4. Описать правила поведения агентов при возникновении событий, требующих принятия управленческого решения.

Определённая таким образом МАС представляет собой адаптивную систему поддержки принятия решений, учитывающую изменения условий реализации проектов и ограничений доступных ресурсов.

Типы и характеристики агентов

Агент портфеля	Агент проекта	Агент задачи	Агент ресурса
$F = \{f_1, \dots, f_h, \dots, f_n\}$ – набор критериев качества сформированного портфеля, где $\langle s \rangle$ – точностью до перенумерации, $h = 1, \dots, H$ $f_1, \dots, f_{h, \min}$ – минимизируемые критерии $f_{h, \min}, \dots, f_{n, \max}$ – максимизируемые критерии $\{\alpha_1, \dots, \alpha_h, \dots, \alpha_n\}$ – весовые коэффициенты значимости критериев, C – финансовый результат реализации портфеля C_{p_i} – финансовый результат текущего портфеля, принимаемого за базовый, до включения проекта p_i	$P = \{p_1, \dots, p_l, \dots, p_n\}$ – множество потенциальных проектов $i = 1, \dots, n$ p_i^{dur} – длительность проекта p_i p_i^{start} – момент начала проекта p_i $p_i^{start, \min} \leq p_i^{start} \leq p_i^{start, \max}$ – диапазон допустимого времени начала проекта p_i $p_i^{t, \text{fin}}$ – момент окончания проекта p_i $p_i^{t, \text{fin}, \min} \leq p_i^{t, \text{fin}} \leq p_i^{t, \text{fin}, \max}$ – диапазон допустимого времени окончания проекта p_i p_i^{cost} – затраты на реализацию проекта p_i p_i^{rev} – валовый финансовый результат от реализации проекта p_i x_i – бинарная переменная, обозначающая факт включения проекта в портфель $x_i = \begin{cases} 1, & \text{если проект включён в портфель} \\ 0, & \text{если проект не включён в портфель} \end{cases}$	$O_i = \{o_{i,1}, \dots, o_{i,k}, \dots, o_{i,m_i}\}$ – множество задач проекта p_i , $k = 1, \dots, m_i$ $o_{i,k}^{dur}$ – длительность задачи $o_{i,k}$ проекта p_i $o_{i,k}^{start}$ – момент начала задачи $o_{i,k}$ проекта p_i $o_{i,k}^{start, \min} \leq o_{i,k}^{start} \leq o_{i,k}^{start, \max}$ – диапазон допустимого времени начала задачи $o_{i,k}$ проекта p_i $o_{i,k}^{t, \text{fin}}$ – момент окончания задачи $o_{i,k}$ проекта p_i $o_{i,k}^{t, \text{fin}, \min} \leq o_{i,k}^{t, \text{fin}} \leq o_{i,k}^{t, \text{fin}, \max}$ – диапазон допустимого времени окончания задачи $o_{i,k}$ проекта p_i $o_{i,k}^{rev} = o_{i,k}^{t, \text{fin}} - o_{i,k}^{start}$ $o_{i,k}^j$ – потребность задачи $o_{i,k}$ проекта p_i в ресурсе r_j $o_{i,k}^{r_j, t}$ – потребность задачи $o_{i,k}$ проекта p_i в ресурсе r_j в момент времени t	$R = \{r_1, \dots, r_j, \dots, r_l\}$ – множество видов ресурсов, необходимых для реализации проектов, $j = 1, \dots, l$ r_j^{stock} – совокупный запас ресурса r_j $r_j^{stock, t}$ – совокупный запас ресурса r_j в момент времени t r_j^{pen} – штраф за простой ресурса r_j в единицу времени $r_j^{t, \text{pause}}$ – время простоя ресурса r_j

Типы событий и типы решений

<p>Событие 1: Появление нового проекта-pretendenta на включение в портфель Решение 1.1: Включение или невключение проекта в портфель. Участники: агент портфеля, агент проекта Горизонт планирования: $[t^0, t^{fut}]$, где $t^0 = \min_i\{o_{i,k}^{start}\}$, $t^{fut} = \max_i\{o_{i,k}^{t, \text{fin}}\}$</p>	<p>Событие 2: Появление нескольких конкурирующих проектов-pretendентов на включение в портфель. Решение 2.1: Включение или невключение проектов в портфель в зависимости от проектов-pretendентов друг от друга Решение 2.2: Выбор между конкурирующими проектами Участники: агент портфеля, агенты проектов Горизонт планирования: $[t^0, t^{fut}]$, где $t^0 = \min_i\{o_{i,k}^{start}\}$, $t^{fut} = \max_i\{o_{i,k}^{t, \text{fin}}\}$</p>	<p>Событие 3: Перепланирование задач реализуемых проектов Решение 3.1: Формирование обновлённого плана выполнения задач Участники: агенты задач, агенты ресурсов Горизонт планирования: $[t^0, t^{fut}]$, где $t^0 = \min_i\{o_{i,k}^{start}\}$, $t^{fut} = \max_i\{o_{i,k}^{t, \text{fin}}\}$</p>
--	---	--

Рисунок 7 – Типы, характеристики агентов, типы событий и решений

Типы событий и типы решений в МАС представлены на рисунке 8:

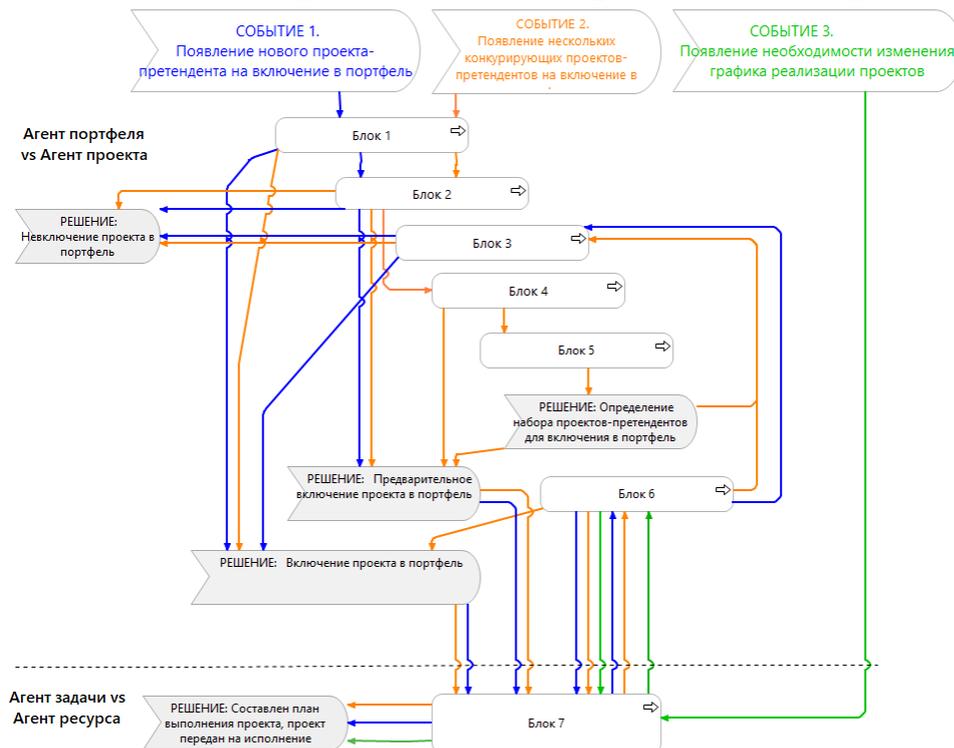


Рисунок 8 – Типы событий и типы решений в МАС

Правила поведения агентов:

Алгоритм работы СППР описан ниже в виде сценариев, реализуемых в зависимости от возникающих событий, требующих принятия управленческого решения. Отклик на каждое инициирующее событие подразумевает реализацию определённого набора действий, для удобства сгруппированных в блоки, из которых формируются сценарии работы СППР.

Событие 1. Блок 1. Если проект имеет наивысшую стратегическую важность, то он включается в портфель вне зависимости от значений финансовых показателей проекта:

$$\forall str_i = 1: x_i = 1 \quad (1)$$

Принятие решения переходит на Блок 7.

Блок 2. Предварительное решение о включении проекта в портфель принимается на основе проверки условий:

- о превышении доходов по проекту над расходами:

$$p_i^{rev} - p_i^{cost} > 0 \quad (2)$$

- достаточности запасов ресурса каждого вида для выполнения проекта:

$$\sum_k o_{i,k}^{r_j} < r_j^{stock} \quad (3)$$

- характеристики портфеля при условии включения проекта в портфель должны быть не хуже, чем до включения проекта в портфель (минимум одно из приведённых ниже неравенств должно принимать форму строгого неравенства):

$$\forall f_h, \text{ г д е } h \in [1, h.min]: f_h \leq f_h \setminus p_i, \quad (4)$$

$$\forall f_h, \text{ г д е } h \in [h.min, h.max] : f_h \geq f_h \setminus p_i \quad (5)$$

Если перечисленные условия выполняются, проект предварительно включается в портфель и осуществляется переход к Блоку 7 со значением $x_i = 1$.

$$C_{prelim} = C_{\setminus p_i} + (p_i^{rev} - p_i^{cost}) \quad (6)$$

Если перечисленные условия не выполняются, проект не включается в портфель.

Блок 3. Окончательное решение о включении проекта в портфель принимается на основании результатов выполнения Блока 7, после получения результатов которого проверяется выполнение следующих условий (хотя бы одно из неравенств (7-8) относительно f_h должно принимать форму строгого неравенства), (7-10):

$$\forall f_h, \text{ где } h \in [1, h.min] : f_h \leq f_h \setminus p_i \quad (7)$$

$$\forall f_h, \text{ где } h \in [h.min, h.max] : f_h \geq f_h \setminus p_i \quad (8)$$

$$C = \sum_i (p_i^{rev} - p_i^{cost}) - \sum_j r_j^{pen} \cdot r_j^{t.pause} \quad (9)$$

$$C > C_{\setminus p_i} \quad (10)$$

Если перечисленные условия выполняются, проект включается в портфель и принимается к реализации в том виде (распределение задач в расписании), в котором был передан на согласование из Блока 7 в текущий Блок 3. В противном случае принимается решение о невключении проекта в портфель.

Если перечисленные условия не выполняются, то необходим индивидуальный для каждой многопроектной среды алгоритм дальнейшей реализации процесса, который может включать:

- формирование сигнала о нецелесообразности включения проекта в портфель в текущем виде и остановка процесса;
- принятие решения лицом, принимающим решения (ЛПР) о возможности изменения параметров проекта в «ручном» режиме;
- формирование набора формализованных правил для подобных ситуаций.

Событие 2. Для каждого проекта-претендента сначала выполняются Блок 1 и Блок 2, описанные выше. По итогам Блока 2 для проектов-претендентов, которые удовлетворяют условиям выполняется Блок 4.

Блок 4. Проверка проектов-претендентов на возможность совокупного включения в портфель

Предварительное решение о включении проектов-претендентов в портфель принимается на основе проверки условий:

- о превышении доходов над расходами по каждому проекту-претенденту;
- достаточности запасов ресурса каждого вида для выполнения всех проектов-претендентов;

- характеристики портфеля при условии включения каждого проекта в портфель должны быть лучше (не хуже), чем до включения проекта в портфель;

Если перечисленные условия выполняются, все проекты-претенденты предварительно включаются в портфель и осуществляется переход к Блоку 7 со значением $x_i = 1$.

$$C_{prelim} = C_{\setminus p_i} + \sum_i (p_i^{rev} - p_i^{cost}) \quad (11)$$

Если перечисленные условия не выполняются, то требуется сделать выбор между проектами-претендентами и осуществляется переход к Блоку 5.

Блок 5. Отбор проектов-претендентов для включения в портфель происходит на основании сопоставления добавленной ценности портфеля, которую могут обеспечить разные комбинации проектов-претендентов.

Необходимо найти такой набор значений булевых переменных x_i , отражающих набор включаемых в портфель проектов-претендентов, при котором:

- будут выполняться ресурсные ограничения;
- значения целевых функций будут оптимальны;

По итогам реализации данного блока будет найден набор $x_i = 1$ – набор проектов, предварительно одобренных для совместного включения в портфель проектов. Далее необходимо проверить целесообразность включения отобранных проектов в портфель при доступных вариантах распределения задач в расписании – переход к Блоку 7.

Блок 6. Анализ данных о возможности совместного включения предварительно отобранных проектов в портфель на основании результатов, полученных от Блока 7.

Окончательное решение о включении проектов $x_i = 1$ в портфель, отобранных как целесообразные в Блоке 5, принимается на основании результатов выполнения Блока 7, после получения результатов которого проверяется выполнение следующих условий (минимум одно из приведённых ниже неравенств относительно f_h должно принимать форму строгого неравенства):

$$\forall f_h, \text{ где } h \in [1, h.min] : f_h \leq f_h \setminus p_i \quad (12)$$

$$\forall f_h, \text{ где } h \in [h.min, h.max] : f_h \geq f_h \setminus p_i \quad (13)$$

$$C = \sum_i x_i \cdot (p_i^{rev} - p_i^{cost}) - \sum_j x_j \cdot r_j^{pen} \cdot r_j^{t.pause} \quad (14)$$

$$C > C_{\setminus p_i} \quad (15)$$

Если перечисленные условия выполняются, набор проектов $x_i = 1$, предварительно одобренных для совместного включения в портфель, включается в портфель и принимается к реализации в том виде (распределение задач в расписании), в котором они были предложены на согласование из Блока 7 в текущий Блок 6.

Если перечисленные условия не выполняются, то необходим индивидуальный для каждой многопроектной среды алгоритм дальнейшей реализации процесса.

Событие 3. Происходит перепланирование расписания задач в соответствии с информацией о вновь появившихся задачах или задачах, параметры которых изменились для всех проектов, переданных в Блок 7 с параметром $x_i = 1$. В Блоке 7 значения x_i «сбрасываются» и решается следующая задача: Найти такие значения $x_i = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$, при которых выполняются следующие ниже ограничения и целевые функции достигают своего оптимального значения. Для проектов, реализация которых обязательна, $x_i = const = 1$.

Ограничения:

- для каждого ресурса r_j в каждый момент времени $t \in [t^0, t^{fut}]$ выполняется требование достаточности ресурса;

- для каждого проекта p_i выполняется требование выполнения проекта в срок;

Целевые функции:

- Время простоя между последовательными задачами одного проекта должно быть минимальным (16):

$$\sum_k x_i \cdot (o_{i,k}^{t.start} - o_{i,k-1}^{t.fin}) \rightarrow \min \quad (16)$$

- Время простоя временных ресурсов должно быть минимальным (17):

$$r_j^{t.pause} = \sum_t x_i \cdot (r_j^{stock_t} - \sum_{i,k} o_{i,k}^{r_{j,t}}) \rightarrow \min \quad (17)$$

- Необходимо реализовать максимально возможное число проектов из предварительно отобранных (18):

$$\sum_i x_i \rightarrow \max \quad (18)$$

По итогу реализации Блока 7 получается новый набор проектов $x_i = 1$, которые могут быть включены в план реализации проектов с учётом всех совместных ограничений активных проектов, и форма их реализации. Эти данные передаются в Блок 3 или Блок 6 (в зависимости от того, по какому алгоритму начал выполняться Блок 7) для вычисления уточнённых значений критериев качества сформированного портфеля и принятия окончательного решения о включении проектов в портфель.

На практике для выполнения данного алгоритма для целей решения задач перепланирования рекомендуется использовать разработанные решения, например, варианты работы алгоритмов перепланирования, детально проработанные в работах Скобелева П.О, Ларюхина В.Б., которые могут быть эффективно интегрированы в приведённый выше алгоритм.

Учет специфики конкретных многопроектных сред и конкретных проектов относится к вопросам адаптации предложенного алгоритма СППР под требования и особенности конкретной многопроектной среды.

Выбор механизма взаимодействия агентов и критериев принятия решения в случае конфликта зависит от существа проектов, используемых в них ресурсов, принятой практики проектного управления, особенностей системы принятия решений и прочих факторов. Так, при выборе агентом

ресурса задачи, которой отдать приоритет при распределении ограниченного ресурса, могут быть использованы следующие механизмы: механизмы контрактов, аукционов, правил приоритетов, «критичность» задачи (критический путь проекта), минимизация дисперсии загрузки ресурса, постановка задачи в очередь и др.

4. Разработана система моделей комплексного инструментального обеспечения проектной деятельности, включающая модель онтологии проектного управления, модель архитектуры сервисов СППР проектной деятельности и модель интеграции СППР в архитектуру существующих информационных систем.

Для описания многопроектной среды как объекта исследования следует создать набор онтологий (от верхнего уровня представления до онтологий на каждом уровне управления портфелем проектов/проектом), включающих классы, понятия и отношения предметной области. Данный набор онтологий должен отражать систему агентов, характер их взаимоотношений и другие, связанные с ними сущности. Онтология верхнего уровня такой системы представлена на рис. 4, 5:

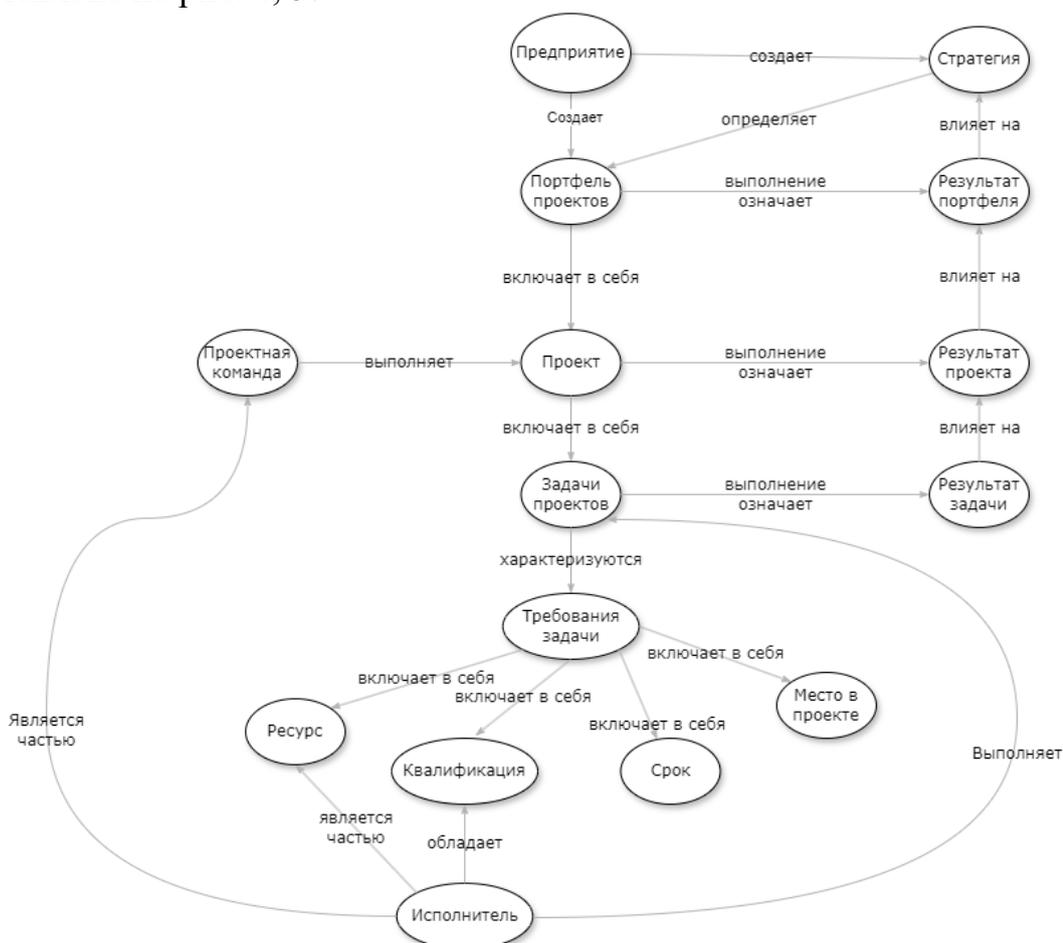


Рисунок 4 – Онтология предметной области проектируемой СППР

Понятие	Функция
Предприятие	Условная проектно-ориентированная организация
Стратегия	План действий для достижения глобальных целей условной проектно-ориентированной организации
Портфель проектов	Набор проектов и программ проектов, составленный с учетом требований оптимальности для достижения стратегии.
Проект	Конкретный набор задач, входит в утвержденный в соответствии со стратегией портфель проектов
Задачи проектов	Набор связанных работ, выполнение которых необходимо для получения результата проекта
Требования задачи	Основные параметры задачи, обеспечение которых необходимо для ее успешного выполнения
Ресурс	Количественно измеряемый источник для выполнения задачи проекта (включ. финансовые, материальные, трудовые и прочие составляющие)
Квалификация	Характеристика уровня ресурса (трудового)
Срок	Требуемая дата и продолжительность выполнения задачи проекта
Место в проекте	Требуемая последовательность выполнения задачи в проекте
Исполнитель	Конкретный трудовой ресурс, необходимый для выполнения задачи проекта. Обладает требуемой квалификацией.
Результат задачи	Достигнутые показатели, позволяющие перейти к выполнению следующей задачи в проекте.
Результат проекта	Достигнутые показатели, позволяющие перейти к выполнению следующего проекта в портфеле.
Результат портфеля	Достигнутые показатели для оценки соответствия стратегическим целям компании.

Рисунок 5 - Основные понятия онтологии предметной области проектируемой СППР

Предлагаемая онтологическая модель управления проектами в многопроектной среде служит концептуальной основой для разрабатываемой СППР, обеспечивая формализованное описание ключевых сущностей, их атрибутов и взаимосвязей. Она критически важна для устранения терминологической и структурной неоднозначности в предметной области. Это необходимо, в том числе, для последующего проектирования МАС, где согласованное взаимодействие компонентов требует единого семантического пространства. Модель позволяет выявить и наглядно показать зависимости между элементами проектного управления, структурировать базу знаний предметной области, повышая обоснованность управленческих решений в условиях динамичной среды.

Для реализации выявленных задач на всех этапах управления проектной деятельностью и функций предложенного математического обеспечения составлена модель комплексного инструментального обеспечения проектной деятельности, представленная на рисунках 9-12.

На рисунке 9 представлена модель ИТ-сервисов, обеспечивающих ИТ-поддержку проектной деятельности, на которой показаны все необходимые ИТ системы, их сервисы, данные, которыми эти системы обмениваются, а также направления обмена данными.

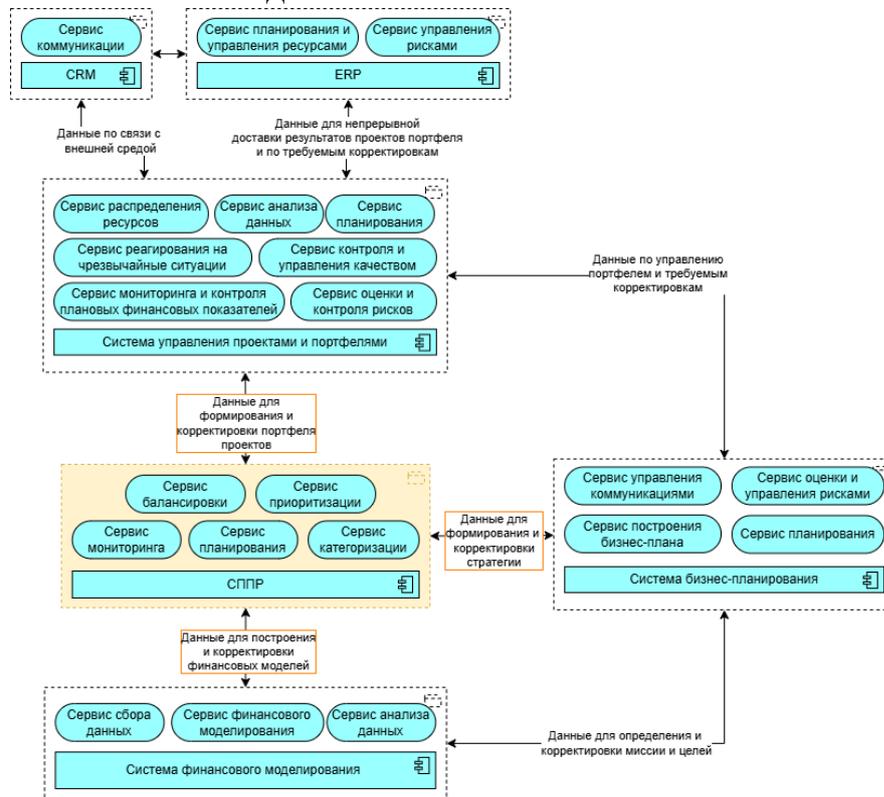


Рисунок 9 – Модель ИТ-сервисов, обеспечивающих ИТ-поддержку проектной деятельности

На рисунках 10-12 представлены модели инструментального обеспечения проектной деятельности по уровням управления организацией: стратегический, управления портфелем, управления проектом. Отображена связь ИТ систем, их сервисов и соответствующих бизнес-процессов, а также данные, которые используются и передаются сервисами.



Рисунок 10 – Инструментальное обеспечение процесса управления проектами

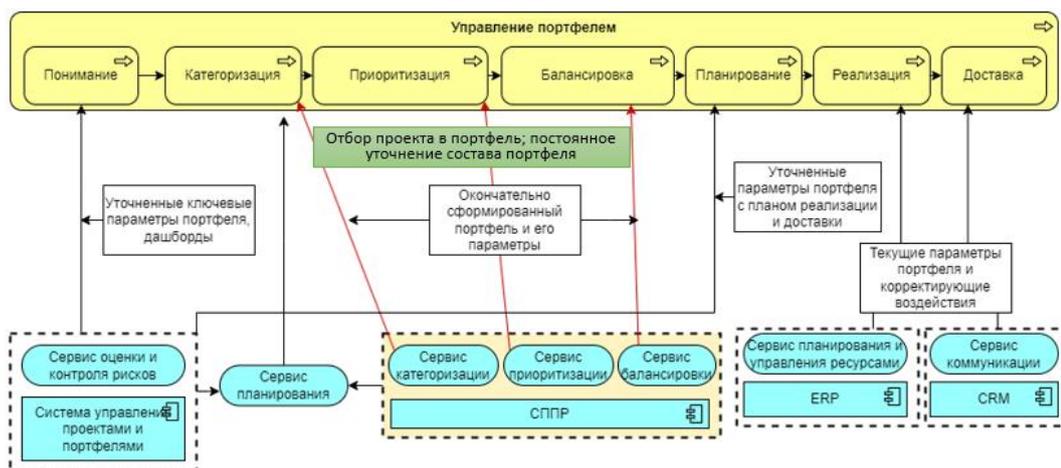


Рисунок 11 - Инструментальное обеспечение процесса управления портфелем

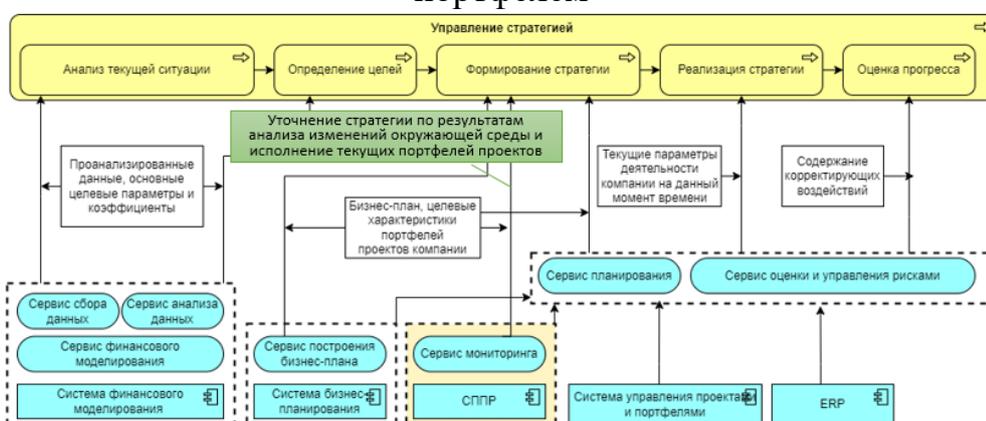


Рисунок 12 - Инструментальное обеспечение процесса управления стратегией

III. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ (ЗАКЛЮЧЕНИЕ)

Управление проектами в многопроектных средах представляет собой сложную задачу, значительно отличающуюся от управления отдельными проектами. Традиционные подходы, эффективные для изолированных проектов, часто оказываются нерелевантными при попытке масштабирования на многопроектное окружение, приводя к снижению эффективности, задержкам и перерасходу ресурсов. Эффективное управление проектами в многопроектных средах требует не просто суммирования методов управления отдельными проектами, но принципиально иного подхода, основанного на системном анализе взаимосвязей и динамическом распределении ограниченных ресурсов. Полученные результаты подтверждают сложность, но и критическую важность разработки и внедрения интегрированных стратегий управления на всех уровнях проектного управления.

В компаниях с большим количеством взаимозависимых проектов с помощью существующих решений зачастую сложно распределять ресурсы между проектами в режиме реального времени, а также сложно обеспечивать выполнение всех назначенных проектов с соблюдением графиков. В проектном управлении разработано и успешно используется достаточное количество методов, ИТ решений, применяемых специализированно для

соответствующей области управления проектом, но в ходе исследования констатировано, что они не объединены в комплексное решение на всех уровнях проектного управления. Исследование подтвердило наличие существенного пробела в области интеграционных механизмов, охватывающих математическое моделирование, ИТ-поддержку и организационно-управленческие аспекты, на всем пути от формирования стратегии до исполнения задач в рамках отдельных проектов и отсутствие связующих механизмов во всей цепи управления проектной деятельностью - стратегия-портфель-проект-задачи проекта. Таким образом, актуальной является задача разработки комплексного подхода к управлению проектами в проектно-ориентированных компаниях в многопроектных средах.

В целях построения системы поддержки принятия решений в качестве ее основы разработана структура методико-инструментального комплекса. В качестве фреймворка для описания проектной деятельности предприятия в структурном, функциональном, иерархическом, процессуальном и тд. аспектах использована модель Захмана. Так как модель Захмана не задаёт последовательность реализации основных объектов, дополнительно было разработано архитектурное представление методико-инструментального комплекса, отражающее сущностную и хронологическую взаимосвязь объектов при их реализации.

Таким образом, была определена логическая структура СППР в виде комплекса методов и моделей и взаимосвязей между ними.

Для построения моделей математического, инструментального и организационного обеспечения проектной деятельности выявлены требования к ним. Требования анализировались по следующему алгоритму:

1. Определение уровней управления проектной деятельностью;
2. Определение стандартов, нормативных документов, сборников лучших практик для каждого уровня управления;
3. Для каждого уровня управления: выделение этапов и аспектов управления в соответствии с выбранным стандартом (нормативным документом, сборником лучших практик) для формирования матрицы «Этапы управления – аспекты управления»;
4. Формирование и заполнение матрицы «Этапы управления – аспекты управления» задачами, требующими решения на соответствующем этапе управления в отношении соответствующего аспекта проектного управления;
5. Для каждой идентифицированной задачи: определение математического аппарата, применимого для решения поставленной задачи;
6. Для каждой идентифицированной задачи: определение ИТ-сервисов, обеспечивающих решение поставленной задачи, в т.ч. способной реализовать соответствующее математическое обеспечение.

Для описания компании как объекта планирования создан набор онтологий (от верхнего уровня представления до онтологий на каждом уровне

управления портфелем проектов/проектом), включающих классы, понятия и отношения предметной области.

Для разработки модели комплексного математического обеспечения проектной деятельности проведен анализ альтернативных применяемых на данный момент методов математического обеспечения. Предложено представить СППР в виде мультиагентной системы (МАС), так как агентно-ориентированный подход имеет ряд существенных преимуществ для применения на всех этапах управления проектной деятельностью. При реализации агентно-ориентированного подхода каждому объекту системы ставится в соответствие программный агент, реализующий его поведение при принятии решений. В работе описаны типы, цели и предпочтения, а также ограничения агентов, требуемых для задачи. Разработана структура МАС, концептуальная последовательность действий в ней и определены принимаемые решения.

Предложенная СППР на основе агентного моделирования встраивается в существующий набор информационных систем и использует создаваемую и передаваемую ими информацию. Для реализации комплексного решения должна быть сформирована релевантная структура проектного офиса.

Апробация предложенного методико-инструментального комплекса управления проектной деятельностью показала системные улучшения, выходящие за рамки простого ускорения отдельных проектов, повышение уровня достижения стратегических целей предприятия, улучшение качества реализации портфелей проектов в компании.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Калязина, С. Е. Перспективы применения агентно-ориентированного подхода в управлении проектной деятельностью организации/С. Е. Калязина // Наука и бизнес: пути развития. – 2024. – № 12(162). – С. 132-139.

2. S. E. Kalyazina. Function-oriented approach to mining enterprise automation / I. V. Ilin, A. I. Levina, S. E. Kalyazina//Journal of Applied Informatics. – 2022. – Vol. 17, No. 2(98). – P. 5-19.

3. Калязина С.Е. Методика оценки эффективности архитектурных решений/И. В. Ильин, А. И. Левина, С. Е. Калязина//Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 9(134). – С. 1134-1138.

4. Калязина С.Е. Цифровая архитектура цепочки создания ценности нефтеперерабатывающей отрасли / Н. Н. Коронатов, И. В. Ильин, С. Е. Калязина // Бизнес. Образование. Право. – 2021. – № 3(56). – С. 11-18.

5. Калязина С.Е. Координация деятельности водоканалов региона: тенденции и формы / Д. А. Серов, А. И. Левина, С. Е. Калязина // Бизнес. Образование. Право. – 2021. – № 3(56). – С. 158-164.

6. Калязина С.Е. Критерии и показатели оценки качества водоснабжения / Д. А. Серов, С. Е. Калязина // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 5(118). – С. 943-947.

7. Калязина С.Е. Бизнес-архитектура управления водопользованием / Д. А. Серов, С. Е. Калязина // Экономика и предпринимательство. – 2020. – № 9(122). – С. 1046-1049.
8. Калязина С.Е. Мета-модель архитектуры предприятия в цифровую эпоху / И. В. Ильин, А. И. Левина, А. Д. Борреманс, С. Е. Калязина // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 3(105). – С. 36-40.
9. Калязина С.Е. Ключевые цифровые технологии для российского бизнеса / Н. В. Павлов, И. В. Ильин, С. Е. Калязина, Е. А. Зотова // Наука и бизнес: пути развития. – 2020. – № 4(106). – С. 83-88.
10. Калязина С.Е. Формирование проектного офиса ресурсоснабжающей организации / А. И. Левина, И. В. Ильин, Д. А. Сергеев, С. Е. Калязина // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 10(100). – С. 86-90.
11. Калязина С.Е. Организация и ИТ-поддержка серийного производства с применением аддитивных технологий / Л. А. Нефедова, С. Е. Калязина, А. А. Лепехин // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 3(93). – С. 53-56.
12. Калязина С.Е. Основные тренды цифровой трансформации российского бизнеса / И. В. Ильин, С. Г. Светуньков, С. Е. Калязина, И. В. Багаева // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – № 7(97). – С. 137-143.
13. Калязина С.Е. Оценка готовности российских промышленных предприятий к цифровой трансформации / Д. Чапо, С. Е. Калязина, И. В. Багаева, Е. А. Зотова // Глобальный научный потенциал. – 2019. – № 9(102). – С. 140-145.

Монографии

14. Калязина С.Е. Проектное управление / И. В. Ильин, С. В. Широкова, А. И. Левина [и др.]. – Санкт-Петербург : Политех-Пресс, 2021. – 352 с.
15. Калязина С.Е. Цифровая трансформация российского бизнеса / И. В. Ильин, А. И. Левина, А. С. Дубгорн [и др.]. – Санкт-Петербург : Политех-пресс, 2021. – 315 с.

Публикации в других изданиях

16. Kalyazina S. Business requirements to the IT architecture: a case of a healthcare organization / Ilin, I., Levina, A., Lepikhin, A., Kalyazina, S. //Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. – Cham : Springer International Publishing, 2018. – С. 287-294.
17. Kalyazina S. Conceptual model of IT-infrastructure for production company: Target vision and development approach / Lyovina, A., Kalyazina, S., Sinelnikov, M., Poljanskihh, A. //Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. – 2019. – С. 8728-8735.
18. Kalyazina S. Additive manufacturing and its IT support within the enterprise architecture / Levina A., Lepikhin A., Kalyazina S. //Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2019: Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020. – 2019. – С. 5122-5128.

19. Kalyazina S. The evolution of enterprise architecture in scopes of digital transformation / Levina, A. I., Borremans, A. D., Lepekhin, A. A., Kalyazina, S. E., Schröder, K. M. //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – T. 940. – №. 1. – C. 012019.

20. Kalyazina S. IIOT within the architecture of the manufacturing company / Levina, A., Kalyazina, S., Ershova, A., Schuur, P. C. //Proceedings of the International Scientific Conference-Digital Transformation on Manufacturing, Infrastructure and Service. – 2020. – C. 1-6.

21. Kalyazina S. Key digital technologies for national business environment / Pavlov, N., Kalyazina, S., Bagaeva, I., & Iliashenko, V. //International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019: Volume 2. – Springer International Publishing, 2021. – C. 143-157.

22. Kalyazina S. Enterprise architecture modeling in digital transformation era / Ilin, I., Levina, A., Borremans, A., Kalyazina, S. //Energy management of municipal transportation facilities and transport. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – C. 124-142.

23. Kalyazina S. Value-Based Concept in the Architecture Model of a Water Supply Company / Serov D., Ilin I., Kalyazina S. //Digitalization of Society, Economics and Management: A Digital Strategy Based on Post-pandemic Developments. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – C. 85-95.

24. Kalyazina S. Smart hospital architecture: IT and digital aspects / Levina, A., Iliashenko, V. M., Kalyazina, S., Overes, E. //Algorithms and Solutions Based on Computer Technology: 5th Scientific International Online Conference Algorithms and Solutions based on Computer Technology (ASBC 2021). – Cham : Springer International Publishing, 2022. – C. 235-247.

25. Kalyazina S. Identification and Classification of the Effects of Digital Transformation on Business / Gugutishvili D., Kalyazina S., Reiff-Stephan J. //Algorithms and Solutions Based on Computer Technology: 5th Scientific International Online Conference Algorithms and Solutions based on Computer Technology (ASBC 2021). – Cham: Springer International Publishing, 2022. – C. 391-401.

26. Kalyazina S. Application of Digital Twins for Digital Transformation of Oil and Gas Enterprises / Levina, A., Kalyazina, S., Levaniuk, D., Zaitsev, A. //International Scientific Conference Digital Technologies in Logistics and Infrastructure. – Cham : Springer International Publishing, 2021. – C. 129-137.

27. Kalyazina S. Multi-Agent System in the IT Architecture of Project Portfolio Management of an Energy Company / Ilin I., Levina A. A //Digital Systems and Information Technologies in the Energy Sector. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2025. – C. 261-273.

28. Калязина С.Е. Применение мультиагентных систем в управлении проектами// Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сборник трудов всероссийской научно-практической и учебно-методической конференции, Санкт-Петербург, 2024

29. Калязина С.Е. Управление проектами в области возобновляемых источников энергии /Калязина С.Е., Дерди Е.А.// Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: сборник трудов всероссийской научно-практической и учебно-методической конференции, Санкт-Петербург, 2024