

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

На правах рукописи

**Филиппов Евгений Валерьевич**

**Разработка методов воспроизведения организационных процессов и  
управленческих решений ИТ-компаний на основе технологий нагрузочного  
тестирования**

**Специальность: 2.3.4 Управление в организационных системах**

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Научный руководитель:**

**Шорникова Наталья Юрьевна,  
к.э.н., Ученый секретарь ЭМИТ**

Москва 2026

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Моделирование систем массового обслуживания: от классических подходов к методологии нагрузочного тестирования 1С:Предприятия 8 .....	17
1.1. Введение к первой главе .....	17
1.2. Основные подходы к изучению систем массового обслуживания .....	17
1.3. Нагрузочный тест 1С. Вендорский и альтернативный подходы.....	30
1.4. Нагрузочное тестирование по методике 1С – суть мультиагентное имитационное моделирование. Определение его места в классификации.....	43
1.5. Заключение по первой главе .....	50
Глава 2. Предложение и описание метода проектирования, разработки, внедрения и использования моделей произвольных (в том числе организационных) систем.....	52
2.1. Введение ко второй главе .....	52
2.2. Концепция системы.....	52
2.3. Модель с двухуровневой системой блокировок .....	56
2.4. Проведение динамического моделирования в системе с двухуровневой системой блокировок .....	60
2.5. Модель с проектной системой блокировок .....	68
2.6. Заключение по второй главе.....	72
Глава 3. Альтернативно-обоснованные решения .....	73
3.1. Введение к третьей главе .....	73
3.2. Обзор трех ключевых подходов к принятию решений .....	73
3.3. Ограничения рационального подхода. Альтернативно-обоснованное решение .....	81
3.4. Шаблоны альтернативно-обоснованных (иррациональных) решений применительно к управлению в ИТ-компаниях .....	86
3.5. Фактор «второго ЛПР». Данные индикативных опросов .....	99
3.6. Ключевые факторы альтернативно-обоснованных решений и их системно-значимые атрибуты .....	101
3.7. Заключение по третьей главе .....	109

Глава 4. Описание визуальной и математической моделей.....	110
4.1. Введение к четвертой главе.....	110
4.2. Обзор классических методов принятия решений.....	110
4.3. Описание моделей и алгоритмов.....	115
4.3.1. Концепция.....	115
4.3.2. Геометрия пространства.....	116
4.3.3. Зоны доверия и их интерпретация.....	118
4.3.4. Технические детали – буферы, стартовые условия, дискредитация, хранение истории.....	119
4.3.5. Динамика движения.....	122
4.3.6. Принятие решений.....	127
4.4. Эвристики и ограничения модели.....	133
4.5. Демонстрационный пример и контрольные примеры.....	134
4.6. Включение модели и алгоритма принятия решений в систему воспроизведения.....	143
4.7. Заключение по четвертой главе.....	147
Глава 5. Проверка масштабируемости системы и практико-ориентированная технология ее запуска на реалистичной размерности.....	148
5.1. Введение к пятой главе.....	148
5.2. Ключевые параметры для высоконагруженной модели.....	148
5.3. Организация масштабирования системы и проведения испытаний на 1200 агентов. Выбор оснастки моделирования, выбор варианта оркестровки. ....	151
5.4. Технологический шум как фактор неустойчивости.....	155
5.5. Неопределенности параллелизма как фактор неустойчивости.....	157
5.6. Заключение по пятой главе.....	159
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	161
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	163
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	165
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	186

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования**

Актуальность диссертационного исследования обусловлена возрастающей сложностью и масштабом ИТ-проектов, что приводит к возникновению узких мест в проектных и производственных процессах. Указанные процессы допускают формализацию в виде систем массового обслуживания (СМО). Одновременно распространена практика назначения высококвалифицированных технических специалистов на управленческие должности без достаточной подготовки в области управления. Это не только снижает качество принимаемых решений, но и приводит к системному переносу в управленческие процессы специфических поведенческих алгоритмов (выхода за рамки экономической рациональности), свойственных технической экспертизе, тем самым усугубляя существующие проблемы. В этих условиях возрастает потребность в разработке методов проектирования организационных структур, основанных на имитационном моделировании их функционирования.

Применение традиционных методов исследования операций и специализированных инструментов имитационного моделирования сопряжено с рядом ограничений: высокой стоимостью лицензирования программных платформ, сложностью их освоения и дефицитом квалифицированного персонала. Кроме того, коммерческие решения обладают ограниченной гибкостью, что затрудняет адаптацию моделей организационных систем для включения в них не только экономически рациональных поведенческих алгоритмов, но и иных.

Альтернативным подходом является использование для целей моделирования той же программной платформы, которая внедряется организацией у своих заказчиков в рамках основной деятельности. Такой подход обеспечивает доступность инструментария и возможность модификации программного кода модели. Наибольший потенциал в данном контексте имеют встроенные средства нагрузочного тестирования, являющиеся неотъемлемой частью многопользовательских платформ. Эти средства позволяют эмулировать

работу значительного числа параллельных потоков, что создаёт предпосылки для построения масштабируемых моделей не только технических, но и организационных систем.

В то же время анализ современной научной литературы показывает отсутствие комплексной методологической основы, интегрирующей технические, процессные и поведенческие аспекты моделирования организационных систем ИТ-компаний.

Таким образом, отсутствие такой основы для построения моделей организационных систем ИТ-компаний, сочетающих техническую реализуемость, процессную корректность и учёт альтернативно-обоснованного поведения, обуславливает актуальность настоящего исследования.

### **Степень проработанности темы**

Исследуемая проблематика характеризуется достаточно высокой степенью детализации отдельных её компонентов, однако отсутствует системное объединение этих компонентов в единую методологическую основу. В частности, каждый из ключевых блоков, составляющих комплексное решение – теория массового обслуживания, методы нагрузочного тестирования, модели принятия решений и организационное поведение – разработан в научной литературе достаточно подробно. Вместе с тем, интеграция указанных направлений в рамках единого подхода к моделированию и анализу сложных ИТ-систем, включая их организационные аспекты, остаётся недостаточно изученной.

Так, в теории анализа систем массового обслуживания (СМО) выделяются два основных методологических подхода: методы исследования операций и методы имитационного моделирования. Сравнительный анализ этих подходов представлен в работах А. Борщёва и А. Филиппова. Первый подход получил развитие в трудах Т. Саати, Е.С. Вентцель, Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко, Ф. Морзе, Д. Кэмпбелла, Г. Гуда, Р. Макола, Д. Кендалла, Х. Таха. Второй – в работах Р. Шеннона, Р. Акоффа, М. Сасиени, С. Рассела и П. Норвига, Дж. Фербера, К. Иглесиаса, В.Б. Тарасова, В.А. Судакова, М. Вулдриджа, А.В. Кузнецова, К. Хьюитта.

Применительно к задачам выявления и устранения узких мест в технических ИТ-системах широко используются методы нагрузочного тестирования. Однако в доступной научной литературе практически отсутствуют исследования, рассматривающие нагрузочные тесты как реализацию моделей систем массового обслуживания, особенно с учётом организационных факторов. Устранение данного пробела стало одной из центральных задач настоящего исследования.

Прикладные аспекты организации и интерпретации результатов нагрузочного тестирования, в частности, для платформы 1С, детально освещены в методических работах и практических руководствах таких отраслевых экспертов, как В. Гилёв, А. Морозов, К. Рупасов, А. Писаренко и др. В этих работах подробно рассматриваются как технические аспекты проведения тестов, так и типичные побочные эффекты параллелизма – в первую очередь таймауты и взаимные блокировки. Проблематика третьего эффекта – неопределённостей параллелизма – в общесистемном контексте исследована Л. Лэмпортом, а в прикладных ИТ-средах – в том числе в работах А. Лобачёва.

При моделировании систем, включающих процессы принятия решений, особое значение приобретает адекватное отражение этих процессов в модели. Часть решений может быть задана статически через параметры модели или вводиться оператором, однако значительная их часть принимается динамически в ходе функционирования системы. Для обеспечения валидности модели требуется воспроизведение не случайного, а осознанного поведения, что предполагает внедрение в модель соответствующих алгоритмов принятия решений.

Классическая теория принятия решений развита в трудах В.В. Бомаса, В.А. Судакова, О.Т. Романова, М. Абделрахмана, О. Оланирана, Т. Саати, В.В. Подиновского, С.А. Пиявского. Однако указанные подходы, основанные на предпосылке полной рациональности, оказываются недостаточными для описания реального поведения участников сложных систем. Уже Н. Макиавелли отмечал, что люди в стремлении к цели руководствуются не только рациональными соображениями, но и личными склонностями, опытом и историей успеха.

Современные исследования в области поведенческой экономики (А. Тверски, Э. Шафир, Д. Канеман, Р. Шиллер, Д. Акерлоф, Р. Талер), квантовой теории принятия решений (Ч. Ван, Дж. Бусмейер, З.-Х. Шан), теории организаций (Г. Саймон) и когнитивной психологии (Г. Гигеренцер) демонстрируют, что реальное поведение часто отклоняется от идеалов рациональности и может быть охарактеризовано как «ограниченно рациональное» или «иррациональное». В работе используется термин «альтернативно-обоснованное поведение», поскольку термин «иррациональное» обладает дополнительными коннотациями, которые могут привести к неверной интерпретации происходящего.

Важно отметить, что подавляющее большинство перечисленных исследований фокусируется на индивидуальном поведении. Факторы, обуславливающие альтернативно-обоснованное поведение на организационном уровне – со стороны коллективов, структур и процессов управления, – в научной литературе остаются слабо представленными. Исключение составляет работа Г. Саймона, заложившего основы теории ограниченной рациональности в организационном контексте. Прикладной аспект множественности лиц, принимающих решения (включая влияние «второго ЛПР»), рассмотрен в работах отраслевых экспертов, в частности, в работах И. Б. Манна, где подчеркивается необходимость учета ролей и интересов нескольких участников процесса принятия решений.

Проблематика организационного поведения и управления получила развитие в трудах Ф.У. Тейлора, Ф. Гилбрета, Г.Л. Гантта, Х. Мюнстерберга, Х. Эмерсона, Г.Л. Тауна, М.Л. Кука, А. Файоля, Дж.Д. Лизни, А.С. Рейлца, Л. Урвика, Б.З. Мильнера, Р.Л. Дафта. Отдельные аспекты, такие как гиперквалификация персонала и роль доверия в организационных системах, рассмотрены соответственно в работах Р. Гальперина, Д. Мэйнарда, Т. Джозефа, Л. Хана, П. Морроу, Б. Эрдоган, Б.З. Мильнера, П.Н. Шихирева.

Таким образом, несмотря на значительный вклад отечественных и зарубежных исследователей в развитие теории управления организационными системами, теории принятия решений, методов моделирования систем массового

обслуживания и практики нагрузочного тестирования информационных систем, в научной литературе отсутствует общая научная задача – создание методологических основ для эмпирического моделирования поведения социально-экономических систем на цифровых двойниках, интегрирующих технические, процессные и поведенческие аспекты функционирования.

В рамках этой общей задачи – частной научной задачей настоящего исследования выступает разработка методов воспроизведения организационных процессов и управленческих решений в ИТ-компаниях посредством нагрузочного тестирования информационных систем (на примере платформы «1С») для последующего анализа поведения таких систем на цифровых двойниках.

**Объект исследования** – организационные процессы ИТ-компаний и управленческие решения, принимаемые в них или их структурных элементах в процессе производственной и проектной деятельности.

К такой деятельности относятся: разработка ПО, консультирование и обучение заказчиков, техподдержка. Речь, во-первых, идет о решениях по выбору исполнителей на работы в условиях наличия истории взаимодействия с конкретными исполнителями и наличия параллельных задач у исполнителей, во-вторых, о решениях по определению плановой трудоемкости работ. Решения могут быть альтернативно-обоснованными, то есть могут не выглядеть рационально с точки зрения ИТ-компаний.

**Предмет исследования** – воспроизведение этих процессов и решений с применением технологий нагрузочного тестирования.

**Цель исследования** – разработка методов воспроизведения организационных процессов и управленческих решений в ИТ-компаниях на основе технологий нагрузочного тестирования информационных систем (на примере платформы 1С) для анализа поведения организационных систем на цифровых двойниках.

Достижение поставленной цели основано на последовательном решении следующих **основных задач исследования**:

1. Сопоставить известные методы моделирования систем, которые могут быть интерпретированы как СМО, и подход нагрузочного тестирования 1С; классифицировать этот подход как метод моделирования.

2. Разработать методы воспроизведения поведения организационных систем на базе такого подхода, построить и испытать систему воспроизведения моделей бизнес-процессов, использующую эти методы.

3. Проанализировать шаблоны альтернативно-обоснованных управленческих решений в контексте управления в ИТ-компаниях, выделить и операционализировать их ключевые факторы и системно-значимые атрибуты в виде параметров, пригодных для использования в цифровых двойниках организационных систем.

4. Разработать модель, использующую, в том числе, эти параметры и факторы принятия решений, и позволяющую перейти к технической реализации воспроизведения управленческих решений.

5. Спланировать, подготовить и провести эксперименты по проверке масштабируемости системы, воспроизводящей организационные процессы и управленческие решения при числе участников свыше 1000.

Решение каждой из поставленных задач приводит к получению частного научного результата. В совокупности их последовательная и итеративная проработка позволяет решить основную научную задачу – создание и верификацию методов построения цифровых двойников организационно-управленческих систем ИТ-компаний на базе доступных ИТ-платформ. Эти цифровые двойники предназначены для анализа и прогнозирования поведения организационных систем в условиях принятия людьми альтернативно-обоснованных управленческих решений. Работа предлагает методологическую основу для интеграции феномена иррациональности в процессы точного цифрового моделирования организационных систем.

### **Область исследования**

Диссертация выполнена в соответствии с Паспортом специальности 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки): п.2 «Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем», п.3 «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах», п.5 «Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации» и п. 10 «Разработка новых информационных технологий для решения задач управления организационными системами».

### **Методология и методы исследования**

Общей методологической основой исследования является системный подход: управленческие решения рассматриваются как часть сложной системы. В дополнение к нему используется поведенческий подход к принятию решений. Часть решаемых задач включает работу со слабо формализованными проблемами.

Теоретические методы: анализ и синтез, моделирование (имитационное, математическое, визуальное), уточнение классификации.

Способы контроля количественных и качественных показателей: количественный контроль, качественный контроль, механизм логирования.

Методы исследования: методы теории принятия решений, имитационное моделирование, наблюдение, опросы, предметно-ориентированное и декларативное программирование.

### **Теоретическая основа исследования**

Исследование операций, теория массового обслуживания, теория принятия решений, теория организации. В шаблонах альтернативно-обоснованного поведения – поведенческая экономика и элементы квантовой теории принятия решений (в части выбора в условиях неопределенности).

### **Эмпирическая / практическая основа исследования**

Эмпирические данные: результаты наблюдений, данные опросов сотрудников и руководителей ИТ-компаний.

Практические инструменты: конкретные имитационные модели на базе нагрузочного тестирования, программные методы (предметно-ориентированное и декларативное программирование), логирование работы системы воспроизведения.

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

1. Разработана классификация основных подходов по нагрузочному тестированию решений на платформе 1С как методов мультиагентного имитационного моделирования систем, которые могут быть интерпретированы как системы массового обслуживания (СМО). Виртуальные пользователи рассматриваются как упрощенные агенты, взаимодействующие через общую информационную среду. Классификация формирует теоретико-модельный базис для прогнозирования поведения как технической, так и организационной системы, обеспечивая переход от оценки технических метрик к анализу показателей эффективности бизнес-процессов и управленческих решений (*п.5 «Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации»*).

2. Разработаны методы имитационного моделирования организационных систем, основанные на адаптации подходов нагрузочного тестирования универсальных платформ (на примере 1С) для анализа различных моделей занятости ресурсов (двухурвневой и проектной). Показано, что предложенные методы обеспечивают корректное воспроизведение поведения сложных организационных структур – показывают очереди, простои персонала и формирование задолженностей по работам. Методы позволяют решать конкретную задачу управления – анализ и прогнозирование поведения исполнителей в организационной системе (*п.3 «Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах»*).

3. На основе содержательного переосмысления шаблонов альтернативно-обоснованных решений выявлены системно-значимые атрибуты слабо формализованных гуманитарных понятий в контексте управления

организационными системами, что позволило выполнить их операционализацию и инженерную интерпретацию для цифровых двойников организационных систем. Введенные бинарные и категориальные переменные, шкала, траектория и дополнительное пространство принятия решений позволяют построить адекватную математическую модель, учитывающую поведенческие факторы (п.2 *«Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем»*).

4. Разработана модель и описан алгоритм принятия альтернативно-обоснованных управленческих решений в организационном поведении по шаблонам, большая часть которых рассматривалась авторами ранее только для индивидуального поведения лиц, принимающих решения. Модель и алгоритм позволяют решать конкретную управленческую задачу – выбор исполнителя с учётом поведенческих факторов, а не только рациональных критериев, при этом производится ретроспективное моделирование или прогнозирование на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации (п.3 *«Разработка методов и алгоритмов решения задач управления в организационных системах»* и п.5 *«Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации»*).

5. Обоснована и экспериментально подтверждена концепция масштабируемости метода моделирования организационных процессов, основанного на интеграции подходов нагрузочного тестирования универсальных ИТ-платформ и воспроизведения процессов принятия решений. Концепция легла в основу новой информационной технологии, позволяющей решать интегрированную задачу – анализа и прогнозирования поведения исполнителей в организационной системе и самой системы в условиях наличия поведенческих факторов на реалистичном объеме – в интересах последующей оптимизации организационных систем (п.10 *«Разработка новых информационных технологий для решения задач управления организационными системами»*).

### **Теоретическая значимость работы**

Сформирован теоретический фундамент (классификация), дополняющий аппарат методов мультиагентного имитационного моделирования. Этот фундамент позволяет целенаправленно выбирать и адаптировать инструменты нагрузочного тестирования (например, оснастку 1С) для воспроизведения бизнес-процессов.

Предложен метод сепарации технологического шума системы-носителя от логики организационной модели за счет различия в длительности событий. Формализованы критерии оценки поведения модели.

Выявлены системно-значимые атрибуты слабо формализованных гуманитарных понятий, применяемых к индивидуальному поведению и не учитываемых в моделях рационального принятия решений в организациях, выполнена их операционализация и инженерная интерпретация, что позволило научно обоснованно перейти к построению математической модели принятия решений, включающей поведенческие аспекты.

Проведен синтез атрибутов альтернативно-обоснованных решений в единую математическую и логическую модель, в которой описано взаимодействие этих факторов между собой и с рациональными параметрами, определены правила влияния этих факторов на управленческое решение.

Обоснована и экспериментально подтверждена концепция масштабируемости интегрированного метода, что позволяет расширить рассмотренную в рамках первой задачи классификацию методов мультиагентного моделирования. Выявлены факторы неустойчивости: величина технологического шума, эффекты неопределенности параллелизма, проявляющиеся при росте размерности. Это определяет границы применимости метода и позволяет прогнозировать его поведение в новых предметных областях.

### **Практическая значимость работы**

Разработанные методы воспроизведения организационных процессов и управленческих решений позволяют строить цифровые двойники организаций с помощью доступных ИТ-инструментов.

Эти методы применимы также для создания цифровых двойников ИТ-компаний, где решения основаны не только на рациональных факторах. Заложенная в методы концепция операционализирует и теоретически обосновывает практику комитета по стратегическим инвестициям крупной российской ИТ-компания, где при оценке заявок исключаются субъективные критерии – личность инициатора, его прошлые достижения. Это позволяет перевести такую практику из разряда эмпирических в разряд научно обоснованных управленческих решений и подтверждает практическую релевантность подхода для повышения качества стратегических решений.

Полученные зависимости между параметрами как модели, так и среды ее функционирования (размерность, величина технологического шума, время работы модели, аппаратные ресурсы) позволяют конфигурировать симуляции под реальные масштабы команд, обеспечивая баланс между точностью воспроизведения процессов, временем на настройку и временем на моделирование.

Научные и практические результаты диссертационного исследования внедрены в следующих учреждениях и организациях:

1. Учебный центр 1 фирмы 1С (УЦ1 1С, ЧОУ ДПО «1С-Образование») – результаты использованы в программе курса «Основы ремесла 1С:Эксперта» – классификация, полученная в исследовании, помогает понять суть подготовки нагрузочных тестов.

2. Российская ИТ-компания «IBS» – в организационной деятельности во внутренней программе повышения квалификации управленческих кадров слушатели изучают влияние альтернативных факторов на принятие управленческих решений в ИТ-компаниях.

**На защиту** выносятся следующие положения:

1. Классификация подхода нагрузочного тестирования на платформе 1С как метода мультиагентного имитационного моделирования систем, интерпретируемых как СМО, что расширяет область его применения на задачи анализа и оптимизации организационных систем.

2. Методы воспроизведения организационных процессов на основе адаптации технологий нагрузочного тестирования, позволяющие моделировать процессы распределения и выполнения задач, формирования очередей, простоев и задолженностей при двухуровневой и проектной занятости исполнителей.

3. Системно-значимые атрибуты слабо формализованных гуманитарных понятий – факторов принятия решений (доверия к исполнителю, истории взаимодействия) и фактора второго ЛПР, выявленные на основе шаблонов альтернативно-обоснованных решений; их операционализация и инженерная интерпретация в виде параметров, пригодных для использования в моделях принятия управленческих решений и в цифровых двойниках организационных систем.

4. Математическая модель принятия альтернативно-обоснованных управленческих решений, в которой поведенческие шаблоны, ранее описанные для индивидуального поведения, адаптированы на задачи организационных систем и объединены с рациональными критериями.

5. Обоснованная и экспериментально подтвержденная концепция масштабируемости интегрированного подхода к моделированию организационных процессов при численности агентов свыше 1000, выявленные факторы, влияющие на устойчивость и производительность системы воспроизведения процессов и решений.

### **Достоверность научных результатов**

Представленные в диссертации научные положения, теоретические выводы и практические рекомендации подтверждаются внедрением результатов исследования в организационные системы и апробацией результатов на конференциях различного уровня.

### **Личный вклад автора**

Все научные результаты, представленные в диссертации, принадлежат лично автору.

### **Апробация работы**

Положения диссертации апробированы на международных конференциях: XXII международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» (Москва, Россия, 2024 г.) и на I Международной научно-практической конференции «Педагогика, психология и экономика: вызовы современности и тенденции развития» (Москва, Россия, 2024 г.). Кроме того, они апробированы на отраслевых конференциях: «Анализ & Управление в IT-проектах 2024» (Санкт-Петербург, Россия, 2024 г.), XI международной IT-конференции «Стачка» (Ульяновск, Россия, 2024 г.), «Infostart event 2017 community» (Санкт-Петербург, Россия, 2017 г.).

### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 6 статей в издании категории К2 из перечня ведущих рецензируемых научных журналов, рекомендованных ВАК РФ (все 6 – по специальностям 2.3.4 Управление в организационных системах (технические науки), в предыдущей классификации – 05.13.10 Управление в социальных и экономических системах (технические науки)) и 2 доклада на международных конференциях.

### **Объем и структура диссертации**

Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, библиографического списка, включающего 186 наименований, приложений. Текст изложен на 162 страницах, содержит 20 рисунков и 20 таблиц. Каждая глава диссертации посвящена решению отдельной научной задачи, что обеспечивает последовательность получения научных результатов: выводы и решения, полученные в предыдущих главах, используются в последующих и в итоге интегрируются в единую комплексную концепцию.

# **Глава 1. Моделирование систем массового обслуживания: от классических подходов к методологии нагрузочного тестирования 1С:Предприятия 8**

## **1.1. Введение к первой главе**

В первой главе решается первая научная задача, а именно – сопоставление известных методов моделирования систем, которые могут быть интерпретированы как СМО, с подходом нагрузочного тестирования 1С и классификация этого подхода как метода моделирования.

## **1.2. Основные подходы к изучению систем массового обслуживания**

Существует два основных подхода к изучению поведения систем массового обслуживания с помощью математики: это методы исследования операций и методы имитационного моделирования. Нагрузочное тестирование не является самостоятельным подходом, а представляет собой метод технической реализации определенного рода исследований.

На основе экспертного понимания предметной области можно сформулировать разумные связи понятий «Система массового обслуживания» («Теория массового обслуживания»), «Имитационное моделирование» и «Нагрузочное тестирование». Имитационное моделирование представляется как динамический прогон модели какой-либо системы (Н.Н. Лычкина) [61, стр.28-29], в том числе логичным является включение систем массового обслуживания в понятие «системы». Многопользовательская информационная система функционирует как СМО и может быть смоделирована методами теории массового обслуживания, а нагрузочное тестирование такой системы – это форма её динамических испытаний. Вследствие этого появляется гипотеза, что нагрузочное тестирование представляет собой специфический вид имитационного моделирования системы массового обслуживания.

Однако такие связи, основанные на прикладном понимании вопроса, не учитывают особенности развития каждого из этих трех понятий в литературе, где каждое из них раскрывается обособленно.

Для уточнения фактических особенностей раскрытия тем классифицируем имеющиеся источники по наличию в них трех ключевых понятий:

- теория массового обслуживания и системы массового обслуживания;
- имитационное моделирование;
- нагрузочное тестирование.

Проанализируем частоту упоминаний указанных понятий в одних и тех же работах. При выявлении работ, где встречаются несколько понятий, определим, рассматриваются ли эти понятия совместно, или же автор разделяет их, помещая в разные разделы или иным способом.

Кроме этого, исследуем ссылки из работ, рассматривающих одно из понятий, на работы, рассматривающие другое понятие, и индикативно оценим, можно ли это считать устойчивой практикой для разных пар понятий.

Теория массового обслуживания и понятие систем массового обслуживания берут начало в работах по исследованию операций и начинаются с работ А.К. Эрланга [143], а дальнейшее развитие теории связано с вкладом А.Я. Хинчина [123] и других ученых.

В СССР в 50-х–60-х годах XX века сформировалось как минимум две школы: школа Академии Жуковского – ее представитель Е.С. Вентцель, и школа АН УССР – ее представитель Б.В. Гнеденко. Впоследствии эти школы во многом обогатили друг друга.

Работа Е.С. Вентцель [28] содержит описание теории массового обслуживания и прямо решает задачи, связанные с ведением боевых действий. Эти же задачи решает работа Морза и Кимпбелла, указанная ею в составе источников [71], тем не менее, в работе Морза и Кимпбелла не обнаружено терминов, связанных с массовым обслуживанием, а также с очередями. Из списка приведенных Е.С. Вентцель работ теория массового обслуживания рассматривается в другой (не связанной с оружием и управлением войсками)

работе Гуда и Макола [37]. Гуд и Макол, в свою очередь, как обязательную для изучения указывают работу Кендалла [153].

Работа Б.В. Гнеденко и И.Н. Коваленко [36] основана на других источниках: на работах Т. Саати. Сам Саати в своей работе [92] в составе источников указывает уже упомянутую работу Кендалла [153]. При этом у Саати библиография составляет около тысячи позиций.

Последующие работы этих и других школ дополнили первоначальный фундамент и обогатили его. Например, книга Бочарова П.П. и Печинкина А.В. [23] ссылается на работу Б.В. Гнеденко и И.Н. Коваленко, но также и на более позднюю работу Л. Клейнрока [155]. Сам Клейнрок ссылается на уже упомянутую работу Кендалла. Последующие работы самой Е.С. Вентцель [29], [30], как и ее классические учебники по теории вероятностей [31], впоследствии отходят от военной тематики. Е.С. Вентцель также начинает ссылаться на работы Т. Саати и Б.В. Гнеденко, а Б.В. Гнеденко – на работы А.Д. Вентцеля [27].

Следует отметить, что и Е.С. Вентцель, и Б.В. Гнеденко прекрасно владели аппаратом теории вероятностей. Они являются (независимо друг от друга) авторами книг по теории вероятностей. Эти книги снискали признание, выдержали испытание временем, переиздавались и в 2000-х годах. Книги, на которые они ссылаются, а затем и их собственные книги, сводили описания системы к совокупности случайных процессов, что позволяло как решить основные имевшиеся на тот момент (и в том числе военные) задачи развиваемым авторами способом, так и изложить это решение для читателей.

Этой же особенности не лишены и работы иностранных авторов. На первый взгляд, исключением является современная зарубежная книга Х. Таха [100], которая помимо раздела, посвященного классической теории массового обслуживания (ТМО), содержит раздел, посвященный имитационному моделированию, но и в этой книге имитация сводится к генерации случайных процессов. Авторы и советских, и зарубежных книг по исследованию операций отлично владели именно аналитическими, вероятностными методами анализа.

Время разработки работ по теории массового обслуживания пришлось на тот период, когда общая теория систем и системный подход еще только формировались (см., например, предисловие к пятому тому ежегодника АН СССР «Системные исследования», 1973 [85], а также статьи Л. фон Берталанфи [16] и Э.Г. Юдина [133] в нем).

Весь проведенный анализ литературы по исследованию операций показывает, что развитие теории массового обслуживания в литературе имеет объяснимый уклон в сторону вероятностных методов исследования операций и законов больших чисел.

Выводы: фундамент теории массового обслуживания (ТМО) и исследования операций был заложен раньше, чем фундамент остальных рассматриваемых понятий. Аналитическое решение первых задач ТМО основывается на вероятностных методах. Методы моделирования, в первую очередь статистические, приводятся как альтернатива аналитическим решениям, но за рамками теории вероятностей эта тема раскрывается без подробностей. В литературе по исследованию операций не освещаются вопросы проведения нагрузочных тестов, хотя и упоминаются большие системы, работающие под высокой нагрузкой.

Особо отметим, что для части задач, связанных с описанием, воспроизведением и особенно с предсказанием поведения систем, законы больших чисел не подходят. Например, как отмечал В.В. Бомас (1995), существующие вероятностные модели не позволяют гарантировать успех единичного события, например, такого как запуск ракеты, даже при полном знании статистических параметров надежности ее элементов. П. Д. Т. О'Коннор и А. Клейнер [163, стр. 7, стр. 65-66, стр.135-136] подтверждают, что результат не может быть гарантирован статистическими расчетами надежности, и что фактическая надежность может значительно отличаться от прогнозируемой. В частности, нельзя спрогнозировать, когда именно произойдет отказ, поскольку в реальности известно не фактическое значение параметра долговечности, а лишь его распределение относительно ожидаемой величины. Е.В. Гусев и

А.А. Пронкин [38], описывая сложную систему (ракету) отмечают, что к отказам собственно элементов и подсистем добавляются отказы, вызванные неучтенными факторами их взаимодействия, таким образом в сложной системе проблема выходит на новый уровень. Современный иллюстративный пример можно найти в [74]. Авторы обучающего ролика по обслуживанию автомата Калашникова [74, ключевой момент 05:10–05:33] проводят четкую границу между двумя ситуациями. Первая – когда требуется кучность выстрелов согласно техническому заданию для условий обычного боя по грудной мишени и работает теория вероятностей. Вторая – когда требуется единичный выстрел высокой точности на рекордную дистанцию и требуется максимальная повторяемость условий выстрела: чистый, холодный ствол.

Рассмотрим далее литературу, посвященную имитационному моделированию. Особое место в этой литературе занимает работа Р. Шеннона «Имитационное моделирование систем – искусство и наука» [126]. Эта работа включена в библиографию большинства (а косвенно – всех) рассмотренных далее материалов, в свою очередь, она ссылается на монографию Р. Акофа и М. Сасиени [9].

Остальная литература делится на две группы: первая группа явно содержит описание положений теории массового обслуживания, вторая группа делает это опосредованно.

К первой группе относятся работы, тяготеющие к математике:

- Работа Л.Ф. Вьюненко, М.В. Михайлова, Т.Н. Первозванской [33]. Эта работа в явном виде содержит раздел, посвященный СМО, а в качестве источника знаний о ТМО содержит ссылку на другую работу Сасиени [169], но также ссылается и на работу Шеннона.

- Работа В.Д. Боева «Имитационное моделирование систем» [19] в явном виде содержит раздел, посвященный СМО, и ссылки на работы Е.С. Вентцель и книгу Шеннона. Отметим, что в книге также рассматриваются «распределенное имитационное моделирование» и «агентное моделирование»,

что в отдельных случаях позволяет рассматривать связь и с работой нагрузочного теста.

- Работа А.В. Королева [53] в явном виде содержит раздел, посвящённый СМО, а в качестве источника знаний о ТМО содержит ссылку на работу Таха [100].

Ко второй группе относятся работы, тяготеющие к менеджменту.

- Работа Н.Н. Лычкиной [61] не содержит описания ТМО и СМО, ссылается на работу Шеннона.

- Работа Ю.Г. Дрекса и В.В. Золотарева [42] ссылается на работы Е.С. Вентцель и книгу Шеннона.

- Работа А.С. Акопова «Имитационное моделирование» [8] ссылается на Шеннона через ссылку на работу [61] Н.Н. Лычкиной.

- Работа О.К. Альсовой [10] ссылается на Шеннона через ссылку на работу В.Д. Боева [19].

- Работа Б.Я. Советова и С.А. Яковлева [95] ссылается на Гнеденко и на Шеннона.

- В.Д. Боев в другой работе «Компьютерное моделирование в среде AnyLogic» [20] также ссылается на Шеннона.

Таким образом, все рассмотренные работы явно или опосредованно (то есть через один-два источника) ссылаются на работы по исследованию операций (в том числе по теории массового обслуживания). Имитационное моделирование эволюционным путем выросло из задач, которые вначале решались методами статистического моделирования (начиная с метода Монте-Карло).

Отдельно отметим ряд работ именно по мультиагентному имитационному моделированию. Работа С.Н. Малыгиной и Е.О. Неупокоевой [63], показывает отставание прочих систем от флагмана – AnyLogic [20, 136]. Не забудем указать работы М. Вулдриджа [184] и А.В. Кузнецова [54], посвященные мультиагентному имитационному моделированию, к этим работам еще вернемся. Агентное моделирование, как полезное дополнение к двум другим парадигмам

имитационного моделирования – системной динамике и дискретным событиям – приводится в докладе А. Борщева и А. Филиппова [139].

Классификация мультиагентного моделирования будет рассматриваться далее, здесь отметим, что в задачах агентного моделирования можно выделить два больших направления: это непосредственное решение задач оптимизации и решение задач собственно имитации поведения субъектов предметной области. Имитация впоследствии также может служить инструментом для оптимизации отдельных аспектов моделируемой системы (как в данной диссертации), но опосредованно.

Примером первого направления является работа М.В. Кузьменко [55], в которой с помощью роевого алгоритма решается задача оптимального размещения сложных технических систем обработки информации на цифровой карте местности, и работа А. Лопез-Санчеца с коллегами [159], в которой решается задача мультиагентной маршрутизации с критериями эффективности и справедливости, что формально относится к распределённой многокритериальной оптимизации, поскольку агенты выступают вычислительными единицами, а не симуляционными прототипами. Примером второго направления – работа Г. Л. Бекларян [15], в которой с помощью модели, построенной в AnyLogic, решается задача исследования характеристик региональной социально-экономической системы, и работа Ж. В. Бурлуцкой с соавторами [25], в которой мультиагентный подход во взаимосвязи с онтологической моделью используется и для имитации поведения субъектов в организационной системе технологических процессов, и как инструмент для разработки метода моделирования системы с учётом её специфики.

Новым трендом становится использование больших языковых моделей (БЯМ) для «программирования» поведения агентов в различных предметных областях. Об этом пишут в работах К. Чинкуш с коллегами [140] (рассматривается проектная деятельность), Р. Хашимото с коллегами [146] (рассматривается индивидуальное поведение людей как экономических субъектов), А.А. Вакушин и Б.И. Клебанов [26] (рассматривается рекурсивное

использование БЯМ для формирования промптов моделирования агентов в самой БЯМ). Такие модели на текущий момент имеют ограничения по масштабируемости, в частности, этим вопросам посвящена работа Чжицяна Се с коллегами [185].

Теперь проанализируем работы, посвященные нагрузочному тестированию.

Нагрузочное тестирование изначально развивалось как натурный эксперимент на реальной системе, при этом моделировалась не сама система (в силу того, что использовалась реальная система), а только специфический для нее входной поток. Поэтому большинство работ базируется на отраслевых или вендорских методиках и не содержит упоминаний ни теории массового обслуживания, ни имитационного моделирования. Далее будет показано, что методика и инструментарий нагрузочных тестов решений на платформе 1С:Предприятия 8 [1] стоят особняком от более универсальных подходов. Методика изложена в работах и публикациях, продвигаемых самой компанией 1С [87], а также существуют методики для решений 1С, альтернативные вендорской или развивающие ее, за авторством В. Гилева [35], А. Дорошкевича [41] и Е. Филиппова [110, 111].

Особый интерес представляют работы, где обсуждаемые понятия все же встречаются вместе.

В работе М. Нейгарда [75, стр. 251] достаточно убедительно описывается необходимость проведения нагрузочных тестов, а специалисты по исследованию операций противопоставляются основной аудитории книги как люди, решающие рассмотренные проблемы другими способами за другие деньги.

Е.П. Зараменских [48] в том числе рассматривает место задач нагрузочных тестирований для других вендоров (Microsoft, SAP, IBM). Имитационное моделирование он предлагает использовать лишь для некоторых частных задач.

Похожая ситуация в книге В.В. Трофимова [106]. В разделе, посвященном подходам IBM, автор упоминает нагрузочные тесты, но имитационное моделирование рассматривается в другом разделе, для смежных задач.

Важное замечание: в литературе не встретилось каких-либо примеров, явно указывающих, как применять технологии нагрузочного тестирования для имитационного моделирования. Если оценивать приближение к этой задаче, то ближе всего к этому находится В.Д. Боев.

Также отметим упоминавшуюся выше работу Чжицяна Се с коллегами [185] по масштабированию мультиагентной имитационной модели. В данной работе термин «нагрузочное тестирование» в явном виде не используется, однако авторы проводят обширные эксперименты по оценке производительности и масштабируемости системы с агентами, основанными на больших языковых моделях, и, по сути, охватывают аспекты, характерные для нагрузочного тестирования.

Проведенный анализ литературы позволяет сделать вывод, что имитационное моделирование имеет в числе предков исследование операций (теорию массового обслуживания), а нагрузочное тестирование – нет. Также можно сделать вывод, что существуют области, где для методов имитационного моделирования и нагрузочного тестирования могут встречаться пересекающиеся или смежные задачи, но при этом в рассмотренных работах нет явного указания, что нагрузочное тестирование – это техническая реализация подхода по имитационному моделированию.

Далее проанализируем, допустимо ли рассматривать подход, основанный на нагрузочном тестировании, как имитационное моделирование системы массового обслуживания.

Рассмотрим классический нагрузочный тест реальной системы (натурный эксперимент) в рамках модели СМО.

По Саати [92], СМО состоит из:

- входного потока;
- очереди;
- элементов обслуживания;
- выходов.

В классическом нагрузочном тесте всё указанное присутствует:

- входной поток (имитация действий пользователей роботами);
- очереди (на уровне сервера приложений и сервера СУБД есть ожидания на блокировках, а значит, есть очереди, на уровне оборудования есть способы замеров очередей к процессору и очередей к дискам);
  - элементы обслуживания (на разных уровнях абстракции разные сущности можно считать такими элементами; это отдельно рассматривается ниже);
  - выходы (помимо собственно обслуженных роботов, это отчеты по внесенной в информационную систему в ходе нагрузочного теста информации), при этом выход произвольно взятого элемента может направляться на выход из системы, на другой элемент, на тот же элемент.

Охарактеризуем подробнее входной поток (применительно к нагрузочным тестам 1С-систем).

Во-первых, он не марковский. Это можно доказать тем фактом, что в системе, представляющей собой информационную базу, возникают взаимоблокировки, а значит, будущее состояние системы зависит не только от настоящего, но и от прошлого (были ли уже заблокированы ресурсы, и если да, то кем и как).

Во-вторых, он не простейший. Напомним свойства простейшего потока: стационарность, ординарность и отсутствие последствия.

Поток могут сделать стационарным (но тогда, в противовес ТМО, чаще делают его не случайным, а регулярным – через равные промежутки времени, чтобы обеспечить воспроизводимость прогонов). Но может быть и такое, что конфликтующие операции сближают во времени, если хотят расследовать ошибки – а такой поток уже не является стационарным, поскольку вероятность событий неодинакова в разное время.

Поскольку в системах в ходе нагрузочного теста возможны взаимоблокировки, это значит, что заявки влияют друг на друга помимо выстраивания в очереди, а значит, входной поток нельзя назвать ординарным.

Выше отмечено, что входящий поток редко делают случайным. Одно это уже означает, что поток не является потоком без последствия.

Следовательно, входящий поток не является простейшим (пуассоновским).

Другие характеристики системы чистого нагрузочного теста как СМО согласно классификации по работам Т. Саати [92] и Е.С. Вентцель [28-31] (уровни ОС и оборудования здесь не рассматриваем):

- система с отказами или с ожиданием – с ожиданием;
- система однофазная или многофазная – многофазная;
- система открытая или замкнутая – открытая, но новые заявки могут инициироваться и внутри системы;
- дисциплина очередей – FIFO;
- приоритеты заявок – равные;
- вытеснение – нет;
- выбор очереди на обслуживание – детерминированный;
- отказ клиентов становиться в очередь – нет;
- это система с нетерпеливым клиентом – да (время ожидания в очереди = 20 с);
- длина очереди не ограничена – да;
- переход заявки из одной очереди в другую – нет;
- обслуженная заявка может попасть в следующую очередь – да;
- немарковская и непуассоновская модель – да;
- элементы обслуживания одноканальные или многоканальные – возможны оба варианта внутри одной системы (для многоканального случая возможна ситуация как ограниченного, так и неограниченного количества каналов);
- влияние очередей друг на друга – да (взаимоблокировки);
- циклы и рекурсии – возможны, бесконечные циклы и бесконечные рекурсии технически возможны, но должны быть выявлены и устранены.

Приведенный анализ показывает, что аналитическое предсказание поведения такой системы если вообще и возможно, то выходит за рамки типовых компетенций производственного персонала ИТ-компаний. Это соотносится с ранее упомянутой работой Нейгарда [75], а также с работой Дафта [39]. А вот моделирование с помощью нагрузочного теста для персонала ИТ-компаний проще и понятнее, поскольку находится в его компетенции.

Перейдем к элементам обслуживания. В самой системе элементы можно выделять по-разному: либо блоки программного кода, либо строки программного кода, либо блокируемые объекты сервера приложений и сервера СУБД, либо ресурсы ОС и оборудования. Отметим важные моменты:

- Время обслуживания – это часто не заданная величина, а исследуемая.
- Обслуживающее звено *может само оказаться в очереди*.

Если под элементом системы понимать строку программного кода, мы будем иметь дело с «супермоделью». Этот термин применен в книге Н.Н. Лычкиной [61, стр.12] – так там названа модель, сложность которой равна сложности системы. Это является существенной преградой на пути замены полноценного нагрузочного тестирования другой имитационной моделью, хотя на общем уровне код, приводящий к конфликтам блокировок, можно свести к 3, иногда – к 4 блокам, и это делают при обучении персонала расследованию ошибок.

Но можно выделить группировку в элементы обслуживания *над* системой: например, если пользователь (робот) выполняет последовательность бизнес-операций, последующие из которых невозможны без выполнения предыдущих, выполненных несколькими пользователями (расчет налога на прибыль не имеет смысла до внесения всей первичной информации за период). В этом случае совершится качественный переход от натурального эксперимента над информационной системой именно к имитационной модели бизнес-процессов. Пример: технические отказы при внесении какой-то первичной информации не дадут посчитать налог на прибыль, даже если сами механизмы расчета налога на

прибыль работают безупречно при любой нагрузке – они просто не дождутся нужных данных.

Описанный переход позволяет трансформировать натурный эксперимент над системой-носителем в имитационную модель бизнес-системы. Не меняя технических средств и технологий, мы можем совершить его, просто агрегировав обслуживающие элементы на более высоком организационном уровне и нужным образом организовав входной поток. Из концепции перехода также следует, что это может быть модель произвольной бизнес-системы, и в том числе модель процессов проектной деятельности в ИТ-компании.

В ходе такого перехода мы можем поменять характеристики системы как СМО. С другой стороны, их можно оставить такими же (далее так и поступим, убрав только нетерпеливость клиентов, а также убрав внешние заявки и оставив только заявки, рождаемые внутри системы).

По Н.Н. Лычкиной [61, стр. 17], в процессе имитационного моделирования исследователь имеет дело с 4 элементами:

- Реальная система;
- Логико-математическая модель объекта;
- Имитационная (машинная) модель;
- ЭВМ, на которой осуществляется имитация – направленный вычислительный эксперимент.

Система, полученная переходом из нагрузочного теста на бизнес-уровень, имеет в себе все эти элементы. До полностью классической имитационной модели не хватает только специализированного языка имитационного моделирования, но это требование не является необходимым.

Таким образом, нагрузочное тестирование крупных информационных систем, являясь по своей сути методом изучения поведения систем на моделях, до настоящего времени не было систематизировано в контексте теории СМО и имитационного моделирования – нагрузочное тестирование и мультиагентное имитационное моделирование в научной литературе рассматриваются разрозненно. Данный разрыв преодолевается с помощью ключевого перехода: за

счёт введения агрегированных элементов обслуживания (с уровня технических сущностей СУБД и сервера приложений на уровень бизнес-операций) нагрузочный тест трансформируется в имитационную модель, допускающую интерпретацию в терминах организационного поведения. Это исключает необходимость сложного аналитического решения для систем с памятью и неэкспоненциальной динамикой, для которых неприменимы стандартные марковские и пуассоновские модели. Также это обходит рассмотренную выше проблему "супермодели", не позволяющую проводить практические исследования сложных систем на характерном для нее уровне детализации.

### **1.3. Нагрузочный тест 1С. Вендорский и альтернативный подходы**

Нагрузочные тесты применительно к ПО 1С необходимо проводить, если известно, что во внедряемой в ходе проекта информационной системе предполагается одновременная работа свыше 50 пользователей. Это же справедливо и для тиражных решений. В проектах с помощью нагрузочных тестов снимают риски, связанные с инфраструктурой, а также решают вопросы технологического качества системы. В тиражных решениях вопрос относится в первую очередь к технологическому качеству. В понятие технологического качества включают производительность, устойчивость и стабильность функционала, а также отсутствие ошибок параллельной работы: так называемых «таймаутов», взаимных блокировок, и, в некоторых специфических ситуациях, неопределенностей параллелизма (состояний гонок).

Также нагрузочные тесты могут использоваться в исследовательских и маркетинговых целях для определения границ применимости программных продуктов при решении задач автоматизации. Исследования также могут проводиться для уточнения факторов, влияющих на расчет сайзинга (сайзинг – требуемые характеристики) инфраструктуры.

В проектах нагрузочные тесты проводятся либо на этапе разработки, либо между приемосдаточными испытаниями и началом опытно-промышленной

эксплуатации, либо, помимо прочего, также и в ходе опытно-промышленной эксплуатации. Выбор этапа зависит от особенностей конкретного проекта. На этапе тиража в проектах и для тиражных решений нагрузочные тесты проводятся в соответствии с релизной политикой.

В данном разделе изложим основы вендорского и альтернативного подхода к нагрузочным тестам решений на платформе 1С:Предприятия 8. В адаптированном виде они изложены также в работе [119].

Вендор (1С), а затем и его партнеры с самого начала развивали собственную методику нагрузочных тестирований [87, 110], поскольку требовалось получать данные и о поведении платформы, и о поведении инфраструктуры, и о поведении прикладного решения (конфигурации). Поскольку 1С содержит возможность писать код на встроенном языке, а методика должна была быть доступной как для сотрудников самой 1С, так и для сотрудников фирм-франчайзи, важной частью этой методики стало правило, что нагрузочные тесты для 1С надо писать на встроенном языке 1С, а не на оснастке универсальных инструментов. Это имело свои последствия. С одной стороны, это избавило специалистов по 1С от необходимости закупать сторонние лицензии и изучать чужие продукты, например Apache JMeter [137], HP LoadRunner [149] и прочие [80]. С другой стороны, команды, которые профессионально занимаются нагрузочными тестами других продуктов [103], испытывают большие сложности при входе на задачи проведения таких тестов для 1С, но со временем с этим справляются [72]. И наоборот, команды, формирующиеся в фирмах-партнерах, на старте имеют преимущество, состоящее в уже известной им технологической платформе.

### **Программа и методика нагрузочных испытаний**

Нагрузочные тесты проводятся по согласованным с заказчиком сценариям, которые включают в документ «Программа и методика нагрузочных испытаний». Документ содержит:

- Сведения о заказчике, исполнителе, проекте и его этапе.
- Цели и задачи данного нагрузочного тестирования.

- Основные параметры задания на нагрузочные испытания: сроки проведения, стартовая версия платформы, настройки кластера серверов, тестовая оснастка, вид запускаемых клиентов, способ запуска клиентов, количество пользователей, участие живых пользователей как элементов нагрузки, длительность основной/содержательной фазы теста. Считается, что *количество пользователей – это основной драйвер моделируемой нагрузки. Вторым драйвер – это интенсивность работы, она задается при описании сценариев, о чем ниже.*
- Общие сведения о методике, включая методику APDEX [81], если она применяется.
- Сведения о тестовой информационной базе (базах): имена и назначения, размещение, версия и разрядность платформы, прикладное решение и его версия, количество пользователей в данной базе, используемая СУБД, стартовый размер базы. Считается, что *размер базы – это третий драйвер моделируемой нагрузки.*
- Состав тестового стенда: имена и назначения серверов, аппаратные ресурсы, операционные системы, СУБД, прочее ПО.
- Требования по начальному заполнению базы (баз). Выполнение этих требований обеспечивает как размер базы, так и размерность отдельных таблиц. Считается, что размер отдельных таблиц базы, то есть *количество элементов в обозначенных справочниках и количество документов определенных типов – это четвертый драйвер моделируемой нагрузки.* Генерация начальных данных является важной частью работ по подготовке нагрузочного теста, и иногда занимает времени не меньше, чем программирование тестовых обработок.
- Сценарии теста: верхнеуровневое описание, расчет пользователей по ролям, детальные описания сценариев, интенсивность работы. Интенсивность задается в операциях в час или в операциях за тест, а регулируется паузами между операциями внутри итерации и паузами между итерациями. Иногда используют понятие «пейсинг» – это минимальная длительность итерации: если итерация даже с паузами внутри выполнилась быстрее заданного пейсинга, следующая не начнется, пока время пейсинга не истечет. Сценарии обычно делают

реалистичными (с паузами), а не стрессовыми (без пауз). Кроме того, считается, что правильнее выполнить действие на целевом количестве пользователей, нежели сжимать количество пользователей, взаменкратно увеличивая интенсивность работы каждого из них: такой подход дороже, но позволяет выявлять проблемы, не моделируемые при сжатии. Подход со сжатием, тем не менее, может использоваться на промежуточных этапах.

- Операции вне сценариев: обычно принципиально однопользовательские, сложные для программного моделирования или чрезмерно длительные действия.

- Ключевые операции с указанием приоритета и целевого времени: это тот ограниченный список операций, по которому принимается решение об успешной или неуспешной работе проверяемой системы.

- Собираемые показатели: обязательные и необязательные, где к обязательным обычно относят время выполнения ключевых операций и подсчет APDEX; возникшие исключительные ситуации; показатели устойчивости (дампсы, перезапуски серверных процессов); загрузку оборудования; ожидания на управляемых блокировках, конфликты управляемых блокировок; конфликты блокировок СУБД, долгие запросы к СУБД.

- Критерии приемки: рекомендуется разделять критерии приемки на три части: *для самого нагрузочного теста* – должен быть обеспечен старт всего сценария и отсутствие ошибок самой тестовой оснастки и самих тестовых обработок; *для испытываемой прикладной системы* – отсутствие функциональных ошибок, делающих продолжение работы невозможным, отсутствие проблем производительности и проблем параллельности; *и для инфраструктуры*: изначально не стоит задача 100%-ной загрузки оборудования, если только она не произойдет по причине нехватки ресурсов, но если такое случится, это будет отдельная ветка мероприятий.

В дополнение к особенностям сценариев следует также отметить, что для проведения нагрузочного теста требуется знать и понимать сами моделируемые бизнес-процессы. Каждый из них, как правило, состоит из цепочки

взаимосвязанных шагов – хозяйственных операций. Более сложные сценарии могут содержать так называемую «синхронизацию»: передачу работы от одного пользователя другому и обратно, что требует не только хаотичной имитации вводимой информации, но и функционально правильного заполнения полей ввода. По этой же причине базы для тестирования могут иметь некоторое начальное состояние, в которое их надо возвращать после теста, и восстановление из бэкапа – это не всегда лучшая практика, поскольку при этом часть логов теряется.

В дополнение к драйверам нагрузки следует отметить, что, помимо трех обозначенных, есть драйверы следующего уровня: это количество баз, размер самой конфигурации (прикладного решения), особенности организации документооборота – эти драйверы не являются универсальными, но их игнорирование не всегда оправдано, а задействование может серьезно удорожить моделирование.

### **Концепция имитации работы пользователей**

Имитация работы пользователей производится с помощью так называемых виртуальных рабочих мест (ВРМ). ВРМ – это клиентское приложение 1С, запущенное под заданным пользователем информационной базы 1С. Если ВРМ представляют собой не клиентские приложения, а серверные фоновые задания, то они запускаются чаще всего от имени их инициатора – от администратора, но в параметрах сеанса могут содержать привязку к конкретному пользователю базы. Каждому ВРМ назначается обработка (тестовая обработка), которая в нем выполняется. Тестовая обработка и совокупность параметров для нее составляют роль виртуального пользователя: так как бывает такое, что обработка одна и та же, а параметры (например, организация, по которой создаются документы) – разные. Интенсивность работы и количество итераций также задается в настройках роли. Сценарий состоит из совокупности выбранных ролей, количества исполнителей каждой роли, прав исполнителей и ограничений собственно сценария по длительности его этапов.

Единый представитель роли, с заданной привязкой к правам пользователя информационной базы, называется виртуальным пользователем.

Виртуальные пользователи работают асинхронно, каждый сам по себе.

В некоторых случаях вместо виртуальных пользователей работают люди. Их обычно не более 5 человек даже в тестах на 800-1600 виртуальных пользователей. Они вручную выполняют ограниченный набор действий, технически сложных для программного моделирования, и притом не массовых. Также перед ними может стоять задача независимой внешней оценки времени реакции системы на произвольные интерактивные действия: валидировать замеры, сделанные внутри системы.

Как уже обозначалось, тестовые обработки пишут программисты на встроенном языке 1С. Именно в тестовых обработках содержится код, выполнение которого имитирует действия пользователей: открытие форм, заполнение полей, старт выполнения команд, привязанных к кнопкам. Программисту не требуется писать весь код с нуля. Тестовая оснастка уже содержит необходимые механизмы, и для правильного взаимодействия с ними обработка должна быть создана по шаблону, см., например, работу Д. Бавыкиной [13]. Но содержательная часть – работа пользователей – в большинстве случаев под каждый проект пишется индивидуально. Переиспользование не всегда возможно, и даже в этом случае обычно требуется адаптация кода. Чтобы выполнить задачу по имитации работы пользователя, разработчик может использовать всю номенклатуру средств встроенного языка: внутренние переменные, реквизиты обработки, реквизиты формы, чтение данных из базы и запись их в базу, и пр.

Важной частью написания тестовых обработок является логирование, которое производится как на экран, если это возможно, так и в журнал регистрации – в обязательном порядке. Замеры производительности обычно выполняются средствами подсистемы «Оценка производительности», имеющейся во многих прикладных решениях. Если этого недостаточно, разработчику нужно вызывать ее методы через программный интерфейс самостоятельно.

Формирование отчета по итогам теста часть тестовых оснасток берет на себя, формат и полнота отчета зависят от требований основного потребителя, под которого оснастка разрабатывалась.

Если обработки предполагают синхронизацию между собой, то есть бизнес-процесс переходит с одного виртуального пользователя на другого, и работа одних пользователей передается другим, то в настройках ролей и сценария должна быть выполнена оркестровка: количество выполняемой работы на выходе шага процесса должно равняться количеству принимаемой работы на входе следующего шага процесса. Оркестровка выполняется путем согласования количества пользователей роли, количества итераций у каждого пользователя роли, а также количества действий внутри роли, если оно вдруг отвязано от счетчика итераций. Если оркестровка не выполнена, часть пользователей на последующих этапах могут оказаться без работы.

Синхронизация может выполняться через комментарий в документе – один робот, с ролью менеджера, может установить документу «Заказ клиента» комментарий «#КПередаче#», второй, имитирующий кладовщика, найти его по комментарию, очистить комментарий и продолжить с ним работу. Такой механизм подразумевает также использование дополнительных мер защиты, предотвращающих одновременный захват передаваемого документа более чем одним получателем помимо очистки комментария (так как одного этого бывает недостаточно). В сценариях, где требуется не попарная, а более сложная синхронизация, может использоваться более жесткая структура, хранящаяся в отдельном регистре сведений, с полным расписанием всех действий, и с отметками о начале и завершении их выполнения.

### **Варианты технической реализации**

Существует несколько технических реализации всей описанной выше концепции. Основная реализация – вендорская («Тест-центр 1С»), но есть и альтернативные варианты.

Вендорский подход. Чтобы его понять, нужно иметь в виду, что вендора интересует проверка всех механизмов, как его платформы, так и прикладного решения.

- Ключевой момент: требуется именно запуск полного числа клиентов (сейчас обычно тонких), что обычно производится на терминальных серверах в RDP-сессиях. В одной RDP-сессии обычно запускают не более 40–50 клиентов 1С, это связано с ограничениями оконного интерфейса Windows. Запуск большого количества клиентов – это наиболее ресурсоёмкий участок большого (от 700 пользователей) нагрузочного теста и причина дороговизны тестов по лицензиям.

- Старт с клиентов позволяет использовать существующих пользователей базы с их правами и настройками.

- Чтобы система «поняла», что в данных RDP-сеансах нужно запускать клиентов 1С, в каждом из них нужно запустить «агента Тест-центра» – это еще один сеанс 1С с запущенной служебной обработкой, выполняющий только функции передачи команд и отчетов об исполнении.

- После запуска полного количества клиентов начинается инициализация и выполнение содержательной части теста, команду на это передают также «агенты Тест-центра».

Альтернативный подход. Чтобы его понять, нужно иметь в виду, что тестировщиков, не являющихся сотрудниками вендора, проверка механизмов платформы не особенно интересует, так как они им неподконтрольны. Таких тестировщиков интересует в основном проверка прикладного решения в конкурентной зоне – то есть в его серверной части.

- Ключевой момент: вместо клиентов используются серверные фоновые задания, требуется запуск полного числа фоновых заданий и одного управляющего клиентского рабочего места. Это производится сразу на сервере приложений, терминальный сервер не нужен. Запуск даже большого количества фоновых заданий требует весьма незначительных ресурсов. Кроме того, фоновые задания не потребляют клиентские лицензии.

- Фоновые задания нельзя запустить от имени пользователей базы с их правами и настройками, но можно сделать формальную привязку – кто какого пользователя имитирует.

- Фоновые задания запускаются в единственном месте – на сервере приложений, поэтому не нуждаются в «агентах Тест-центра» для указания, где им запускаться.

После запуска фоновые задания начинают опрашивать базу на предмет появления данных о разрешении на начало работы. После появления такого разрешения (его дает централизованно оператор – одно на всех) они в конкурентном режиме разбирают имеющийся в сценарии пул работ (имена обработок, имена пользователей, номера) и приступают к выполнению инициализации и выполнения содержательной части теста. В ходе выполнения теста они периодически опрашивают базу на появление флагов завершения теста и выгрузки фоновых заданий, эти флаги также ставит оператор, а иногда – автоматика, но тоже централизованно, не через агентов.

Оба подхода едины в том, что тест должен быть реалистичным, т.е. на полное число пользователей и с паузами.

Подытоживая, нагрузочный тест – это работа в одной или нескольких базах нужного количества пользователей с рабочих мест четырех видов:

1. Основные – клиентские приложения или серверные фоновые задания, выполняющие тестовые обработки.

2. Служебные: например, оснастка «Тест-центра» требует запуска клиентов 1С в режиме «Агент Тест-центра» (это обработка, обеспечивающая управление приложениями 1С в RDP-сессии). В других оснастках могут отсутствовать. Не учитываются в составе полезной нагрузки.

3. Рабочее место оператора теста. Обычно одно.

4. Рабочие места людей для выполнения операций вне сценария. Не требуются, если таких операций нет.

Актуальные требования предметной области к нагрузочным тестам 1С ориентированы, как правило именно на количество пользователей, как на основной драйвер нагрузки.

Ошибки параллельной работы возникают при работе двух и более пользователей в одной базе. Практически нагрузочный тест имеет смысл проводить, начиная с 20-50 пользователей, так как грубые ошибки могут проявиться и быть выявлены уже на этом уровне. Замеры длительно выполняющихся однопользовательских операций часто тоже относят к нагрузочным тестам, но это происходит в основном из-за наличия навыков воспроизведения и решения таких проблем у персонала, занимающегося нагрузочными тестами. На корпоративном рынке есть несколько уровней ожиданий заказчиков: свыше 10 000 пользователей в базе, до 10 000, до 3 000 и до 1 000. Существуют продуктивные инсталляции 1С, имеющие свыше 8 000 пользователей в одной базе, их единицы, но они есть. Сама платформа 1С уже достаточно давно обеспечивает возможность работы в одной информационной базе порядка 10 000 пользователей, но возможность по параллельной работе с платформой и возможность по параллельной работе в конкретном прикладном решении на платформе 1С – это разные вещи. Есть «легкие» решения, которые выдерживают такую нагрузку. Но, например, основное прикладное решение 1С для корпоративного рынка, 1С:ERP (ERP – Enterprise Resource Planning – Управление ресурсами предприятия), без дополнительных усилий обеспечивает параллельную работу только 400-700 пользователей в одной базе 1С. Вывести ее на более высокие показатели – задача уже другого уровня, требующая и некоторых архитектурных решений при внедрении, и серьезной техподдержки, и пересмотра технической реализации отдельных механизмов, и регулярных нагрузочных тестов.

Примеры крупных нагрузочных тестов 1С:

1. 1 000 пользователей, 2009 год [109]. Первый крупный тест 1С, перед которым ставились задачи верификации масштабируемости платформы для работы в корпоративном сегменте, а также исследовательские задачи.

Эксперимент показал, что снижение количества виртуальных пользователей в модели не позволяет выявить ряд системных ограничений. В частности, ограничение пропускной способности аппаратного ключа защиты проявлялось только при достижении целевого числа пользователей, что подтверждает необходимость тестирования на полной, а не на упрощенной модели нагрузки. В ходе работ по тестированию влияние этого узкого места удалось купировать, но затем фирма 1С начала развивать системные пути обхода этой проблемы. Кроме того, пробные запуски теста показали необходимость корректировки первоначальной архитектуры стенда, в частности, распределения серверных ролей. Ожидалось, что наиболее ресурсоемким оборудованием станет сервер приложений или сервер СУБД. Но по факту самое большое количество ресурсов потребовалось отдать под терминальные сервера.

2. 350 пользователей, 2012-2013 гг., один из этапов работ [47]. Нагрузочный тест, проведенный на ранее согласованное количество пользователей за несколько дней до старта продуктивной системы, позволил обнаружить элементы критической неготовности инфраструктуры и оперативно их устранить до подключения живых пользователей.

3. 650 пользователей, 2012-2014 гг. [65, 66]. Регулярные нагрузочные тесты позволили управлять технологическими рисками, давая обратную связь по работе новой платформы 1С 8.3. Получаемая с тестов обратная связь предотвратила выход нестабильных релизов. Кроме того, аналогичные риски была сняты и для ряда прикладных решений, в первую очередь для решения 1С:Больница.

4. 1600 пользователей, 2015 год, продолжение работ, обозначенных в [5]. Именно в ходе этих работ появилась необходимость использования оснастки, альтернативной вендорской оснастке «Тест-центр» [102]. Необходимость возникла из-за невозможности начать тест при незначительных погрешностях количества стартовавших рабочих мест, а также из-за возможности работы (на тот момент) только в синхронном режиме («замороженный интерфейс»).

Впоследствии сделанные наработки привели и к возможности переноса тестовых обработок с клиентов в фоновые задания.

5. 15 000 и 25 000 пользователей, 2016-2017 гг. [52]. В первую очередь исследовательское мероприятие, показавшее границы возможностей платформы в максимально облегченных условиях. Для этого была применена альтернативная технология тестирования без использования Тест-центра 1С и клиентских приложений 1С. Многопоточность выполняемых действий обеспечивалась только фоновыми заданиями [111] на сервере. Вендор не поддержал данное направление, поскольку способ работы не задействовал ряд важных для него механизмов.

6. 9 900 пользователей, 2020 год [141]. Тестирование проводилась в целях снижения технологических рисков для заказчика ЕАМ-системы (Enterprise Asset Management, Управление активами предприятия) перед внедрением, а также для оценки пределов масштабируемости решения. Недостижение отметки в 10 000 пользователей, обусловленное техническими и лицензионными ограничениями (исследователи располагали 10 000 лицензиями, но 100 из них были заняты служебными клиентами, необходимыми для работы вендорской оснастки «Тест-центр», а не имитировали работу людей), продемонстрировало системное ограничение. Ограничение состоит в том, что архитектурах с частично централизованным управлением агентами накладные расходы ресурсов самой системой координации могут ограничивать максимально достижимый уровень нагрузки.

7. Заранее не установленное количество пользователей, 2022-2023 годы [150]. Проводилось исследование для сравнения применимости и выявления технических требований ядер различных вендоров, включая 1С, на задачах построения импортозамещенных ИТ-решений в рамках программы «Федерация» Результаты тестов были использованы для уточнения параметров расчета оборудования («сайзинга») и в целях демонстрации возможности масштабирования.

8. 12 000 пользователей, 2024 год [108]. Результат позволяет предположить, что исследователи достигли практического предела

производительности решения 1С:ERP для условий, приведенных в рассматриваемой статье (1С:ERP, RLS (Row-level Security – ограничение доступа к данным базы на уровне записей), клиент-серверное взаимодействие), на использовавшемся оборудовании. В пользу этого свидетельствует низкое количество операций на 1 пользователя (3.33 операции в час) и значение APDEX (0.85), что ниже уровня, классифицируемого как отличный.

9. 30 000 пользователей, 2025 год [121]. Результаты исследования позволяют предположить, что модернизация аппаратной платформы сервера СУБД позволила достичь нового практического предела производительности для аналогичных условий. Ключевыми факторами, обеспечившими увеличение общего объема выполненных операций в 2.2 раза (885 000 против 400 000), стали:

а. увеличение вычислительной мощности (в 3 раза больше ядер процессора);

б. переход на архитектуру Ampere Altra Max, оптимизированную для работы с экстремально большим количеством параллельных потоков, в отличие от использовавшейся ранее архитектуры Intel® Xeon® Gold;

с. применение высокопроизводительных накопителей SSD NVMe Samsung PM1733a вместо стандартных твердотельных дисков.

Показателен переход от модели, использующей клиентские приложения, к модели, использующей фоновые задания, обусловленный практическими ограничениями масштабирования и предвосхитивший достижение того же уровня вендорским способом только спустя 7 лет. Этот переход воспроизводит этап эволюции имитационного моделирования от частично централизованных к децентрализованным (агентным) архитектурам. Реальные кейсы (вплоть до 30 000 виртуальных пользователей) подтверждают, что только агентная интерпретация, пусть и с частичной централизацией, позволяет объяснить масштабируемость и устойчивость таких тестов.

#### **1.4. Нагрузочное тестирование по методике 1С – суть мультиагентное имитационное моделирование.**

##### **Определение его места в классификации**

Обоснование интерпретации нагрузочного тестирования как мультиагентного имитационного моделирования проведено на основе строгого сопоставления с определениями М. Вулдриджа (автономия и социальное взаимодействие агентов) и К. Хьюитта (концепция акторов). В ее основу положен принцип сопоставления атрибутов мультиагентных систем с характеристиками нагрузочного тестирования на платформе 1С.

Если рассматривать основной подход к нагрузочным тестам ПО 1С, в том числе продвигаемый вендором, можно увидеть, что он содержит признаки, позволяющие сопоставить его с теми принципами и подходами, что используются при мультиагентном имитационном моделировании.

Здесь изложен расширенный и доработанный вариант сопоставления подходов и классификации. Первоначальный вариант был опубликован в [119].

Согласно определению, данному Майклом Вулдриджем [184], мультиагентная система – это система, состоящая из множества агентов, которые взаимодействуют друг с другом, как правило, путем обмена сообщениями через некоторую компьютерную сетевую инфраструктуру. Агенты – это компьютерные системы, обладающие двумя важными способностями. Во-первых, они, по крайней мере, в какой-то степени способны к автономным действиям – сами решают, что им нужно делать. Во-вторых, они способны взаимодействовать с другими агентами – не просто обмениваясь данными, но участвуя в некоторых видах общественной деятельности: речь о сотрудничестве, координации, переговорах и тому подобном. В самом общем случае агенты в мультиагентной системе действуют от имени пользователей или владельцев с совершенно разными целями. Существуют две ключевые проблемы: первая проблема связана с проектированием агентов, а вторая – с проектированием общества.

Кроме определения Вулдриджа, необходимо рассмотреть понятие «актора», которое ввел Карл Хьюитт [147]. Актор – это сущность, во многом родственная «обычному» агенту. Но «обычный» агент взаимодействует с базой данных, и в других агентах может и не нуждаться, а акторы взаимодействуют друг с другом, отправляя друг другу сообщения. Поведение актора определяется не его собственной программой, а другой логикой:

- во-первых, тем действием, которое он должен выполнить при получении сообщения,
- во-вторых, тем конечным набором акторов, о которых актор непосредственно знает, которым он может что-то передать.

И вся логика поведения акторов строится вокруг получения и передачи сообщений, создания новых акторов (или тех, кого система к ним приравнивает), определения того, как поступать со следующим сообщением, и пр.

Рассмотрим «Агента Тест-центра» в контексте концепции акторов. Это клиенты 1С с работающей служебной обработкой, которая так и называется: «Агент Тест-центра». Эти клиентские приложения не задействованы в создании полезной нагрузки в сценарии тестирования. Они обеспечивают запуск других клиентов 1С в своей RDP-сессии, передают им команду на начало работы, на прекращение работы, на выгрузку и на выполнение некоторых других действий. Таким образом, «Агент Тест-центра 1С» – это не «обычный» агент, а именно актор. «Агент Тест-центра 1С» нужен, например, чтобы явно указать, в каких RDP-сессиях создавать «обычных» агентов. А в оснастке, использующей фоновые задания, такой актор не нужен, поскольку распределение сеансов не требуется.

### **Пошаговая связь с положениями мультиагентного подхода**

На этой основе разработаем многоаспектную классификацию, расширяющую существующие схемы за счёт новых критериев (тип оснастки, расположение агентов) и позволяющую систематизировать существующие подходы. Ключевыми критериями классификации выступают:

- архитектурные признаки (степень самостоятельности агентов, использование концепции акторов, расположение агентов);

- функциональные признаки (направление моделирования, гомогенность/гетерогенность);
- практико-ориентированные признаки (тип оснастки, количество агентов).

Для ее составления повторим факты о работе нагрузочного теста, сведя данные в Таблицу 1, схожая таблица есть также в [119]. Таблица 1 основана на приведенном выше определении М. Вулдриджа и на концепции акторов. В таблице фрагменты определений повторены в ячейках в левом столбце, а в правом столбце показано, как с этим обстоит дело в технологии 1С, включая также оснастку тестирования фоновыми заданиями.

Таблица 1 – Сопоставление определений мультиагентного подхода и фактической технологии 1С

Фрагмент определения	Реалии фактической технологии 1С
Система, состоящая из множества агентов.	Зафиксированное количество – от 1 до 25 000.
Агенты – это компьютерные системы	Это обработка на языке 1С, запущенная в тонком клиенте 1С или в серверном фоновом задании 1С, то есть это работающая компьютерная программа, которая в совокупности со средой ее исполнения составляет компьютерную систему.
Агенты, по крайней мере, в какой-то степени способны к автономным действиям. Сами решают, что им нужно делать	Обработка выполняет действия в соответствии с бизнес-ролью данного пользователя. Для этого обработка использует данные информационной базы 1С и значения переменных, находящихся в ее памяти.
Агенты взаимодействуют друг с другом, как правило, путем обмена сообщениями	Обработки могут передавать работу от пользователя одной роли пользователю другой роли. Для этого они используют сообщения, которые получатели могут найти запросом к базе. На практике их обычно пишут в реквизит «Комментарий» того документа 1С, который хотят передать на другого пользователя. Другая, жесткая практика: «циклограмма» на основе регистра сведений с отметками о старте и финише действий

Агенты действуют от имени пользователей или владельцев с совершенно разными целями	Обработка запускается в тонком клиенте 1С от имени конкретного пользователя информационной базы 1С с его правами (Менеджер по продажам, кладовщик, мастер цеха, рабочий цеха и пр.) В фоновом задании она запускается не от имени конкретного пользователя, но содержит привязку к нему в своих внутренних переменных.
Речь может идти о сотрудничестве, координации, переговорах и тому подобном	Есть конкуренция за ресурсы информационной базы, серверов приложений и СУБД, а также за аппаратные ресурсы. «Переговоры» регулируются правилами механизмов блокировок и очередей.
Проблема проектирования агентов.	Это программный код тестовых обработок на языке 1С.
Проблема проектирования общества.	Каждый делает свою работу в общей базе 1С, иногда синхронизируя действия с другими агентами. Очереди и простои показывают узкие места.
Концепция «актеров».	Вендорская оснастка «Тест-центр 1С» использует акторов в служебных целях (они называются «агенты Тест-центра»). Рассматриваемая альтернативная оснастка в акторах не нуждается, поскольку место запуска фоновых заданий не регулируется извне.

Из Таблицы 1 можно сделать вывод, что технология нагрузочного тестирования по методике 1С с использованием как вендорской, так и альтернативной оснастки, является примером мультиагентного имитационного моделирования. Модель не имеет единого центра принятия решений, она состоит из совокупности обработок, запущенных в каждом из множества клиентов 1С или фоновых заданий. Модель меняет свое состояние на основании решений и действий, которые исходят от каждого из агентов независимо.

### **Место технологии 1С в классификации мультиагентных подходов**

Для классификации воспользуемся Таблицей 2, построенной исходя из признаков, указанных в работе А.В. Кузнецова [54]. Признакам соответствуют и их значения для систем нагрузочного тестирования 1С. Более ранняя редакция таблицы приведена в работе [119].

Таблица 2 – Сопоставление классификаций мультиагентных подходов и систем нагрузочного тестирования технологии 1С

Классифицирующий признак	Значение для систем нагрузочного тестирования 1С
Степень самостоятельности агентов [168, стр.67].	Либо системы с простыми рефлекторными агентами, либо системы с рефлекторными агентами, основанными на модели (агенты действуют в полностью или частично наблюдаемом окружении, могут хранить историю, собственной цели не имеют, не обучаются, полезность не максимизируют).
Агент как актер [147].	Это не единственный для системы режим работы, хотя и достаточно важный. Например, «агент Тест-центра» – это именно актер.
По сущности агентов [151].	Это системы, в которых агенты рассматриваются как активные объекты (в противовес методологии инженерии знаний, формальным подходам и смешанным вариантам).
Гомогенность /гетерогенность.	Обычно – системы с гомогенными объектами, играющими разные роли. Возможна гетерогенность, если для выполнения операций вне сценария привлекают людей.
Количество агентов.	От 1 до 25 000.
По направлению моделирования [98].	Моделирование индивидуального и коллективного поведения агентов в мультиагентной системе. Коллективное поведение состоит в конкуренции за ресурсы информационной базы и аппаратного обеспечения.
Отношение к специализированным классам систем.	К системам распределенного искусственного интеллекта или системам распределенного вычисления не относится. Для сетевого управления [88] не применяется.
Время в системе.	Система с непрерывным временем. Точность определения времени (1 миллисекунда) значительно меньше времени протекающих процессов. Время – общее для всех агентов системы и для среды их коммуникации (базы 1С).
Описание пространства.	Агенты перемещаются по шагам бизнес-процессов. Бизнес-процессы определяются в сценариях тестирования, являющихся частью программы и методики нагрузочного тестирования.
Агенты – виртуальные сущности или реальные устройства.	С одной стороны, это реальная сущность, так как <i>Агент = Клиентское приложение 1С (или Фоновое задание 1С) + тестовая обработка + ее окружение,</i> с реальным кодом и работой с реальными объектами базы. С другой стороны, концептуально каждый агент соответствует одному виртуальному пользователю тестируемой системы.

Дерево классификации основных подходов по нагрузочному тестированию решений на платформе 1С как методов мультиагентного имитационного моделирования систем, которые могут быть интерпретированы как системы массового обслуживания (СМО), имеет следующий вид:

### **1. По степени самостоятельности агентов**

1.1. Рефлекторные простые. Полностью наблюдаемое окружение –  
Применение: тесты без синхронизации.

1.2. Рефлекторные на модели. Частично наблюдаемое окружение –  
Применение: тесты с синхронизацией.

1.3. Основанные на цели/полезности/обучении – Не применяются.

### **2. Акторы vs Не-акторы**

2.1. Акторы: служебные функции (агенты Тест-центра) – Применяется в вендорской оснастке.

2.2. Не-акторы: виртуальные пользователи – Применяется.

### **3. По сущности агентов**

3.1. Объектно-ориентированные методологии – Активные объекты –  
Применяется.

3.2. Методологии инженерии знаний – Не применяется.

3.3. Формальные подходы – Не применяется.

3.4. Методы на опыте разработчиков – Требуется уточнения.

### **4. По гомогенности/гетерогенности**

4.1. Гомогенные: Однородные агенты – Полностью автоматические тесты.

4.2. Гетерогенные: Неоднородные агенты – автоматика + операции вне сценария + ручное тестирование.

### **5. По количеству агентов**

5.1. 1–30 000.

### **6. По направлению моделирования**

6.1. Моделирование индивидуального/коллективного поведения –  
Применяется с ограничениями.

6.2. Организационное моделирование – Возможно при расширении на организационное поведение.

6.3. Остальные направления (5 направлений) – Не применяются.

## **7. По расположению агентов (Новая ветка, связанная с 1С)**

7.1. На клиенте – Применяется.

7.2. На сервере – Применяется.

7.3. Гибридное – Технически возможно, но не встречалось.

7.4. Внешние нагрузчики – В итоге это тестирование через веб-клиентов, с централизованной логикой, это не мультиагентное моделирование.

## **8. По оснастке (Новая ветка, связанная с 1С)**

8.1. Вендорская, 1С – Применяется.

8.2. Альтернативная, на 1С – Применяется.

8.3. Иная – Применяется, но это не мультиагентное моделирование.

## **9. По другим признакам**

9.1. Отношение к специализированным системам:

9.1.1. Относится к распределенному ИИ – нет.

9.1.2. Относится к сетевому управлению – нет.

9.1.3. Самостоятельная ветвь – да.

9.2. Время в системе:

9.2.1. Дискретное или непрерывное свое для каждого – нет.

9.2.2. Непрерывное, общее для всех – да.

9.3. Описание пространства:

9.3.1. Агенты перемещаются по бизнес-процессам – да.

9.3.2. Агенты не перемещаются – да, если процессы редуцированы до единственной операции в процессе.

9.3.3. Иное пространство – нет.

9.4. Виртуальность агентов:

9.4.1. Виртуальные сущности – да, если не тестируются клиенты.

9.4.2. Реальные устройства (при проверке клиентских компонент) – да, если тестируются клиенты и клиент-серверное взаимодействие.

## 1.5. Заключение по первой главе

Получен научный результат, обладающий новизной: разработана классификация основных подходов по нагрузочному тестированию решений на платформе 1С как методов мультиагентного имитационного моделирования систем, которые могут быть интерпретированы как системы массового обслуживания (СМО).

Методика нагрузочного тестирования 1С успешно попадает под классифицирующие признаки мультиагентных систем, что позволяет уверенно утверждать, что речь идет о мультиагентном подходе к моделированию.

Агенты – это активные сущности, действующие рефлексивно в зависимости от наблюдаемого ими состояния информационной базы 1С. Они перемещаются по шагам бизнес-процессов, описанных для этой базы и обычно соответствующих шагам бизнес-процесса ее реальных пользователей.

Разработанная классификация позволяет расширить парадигму применимости нагрузочных тестирований. Она служит основой для формирования методологии, которая позволяет целенаправленно перенастраивать технические инструменты (такие как Тест-Центр 1С) для решения задач системного анализа и имитационного моделирования организационного поведения. Таким образом, нагрузочное тестирование на одной платформе (1С) оценивает производительность информационной системы или имитирует процессы управления – в зависимости от цели моделирования. Оно рассматривается не как технический инструмент, а как дополнительный метод системного анализа организационного поведения, в соответствии с принципом множественности моделей.

Результат имеет теоретическую и практическую научную значимость.

Теоретическая значимость:

- Подход через нагрузочное тестирование дополняет традиционные методы, классификация уточняет позиционирование этого дополнения.

- Классификация позволяет выбирать и адаптировать инструменты нагрузочного тестирования (например, оснастку 1С) под моделирование бизнес-процессов.

Практическая значимость:

- понимание классификации помогает понять суть подготовки нагрузочных тестов.

- блок включен в курс «Основы ремесла 1С:Эксперта» УЦ1 1С.

Прикладной аспект результата:

- эксперименты на цифровом двойнике без риска для бизнеса и для людей;

- возможность прогнозного моделирования.

## **Глава 2. Предложение и описание метода проектирования, разработки, внедрения и использования моделей произвольных (в том числе организационных) систем**

### **2.1. Введение ко второй главе**

Во второй главе решается вторая научная задача, а именно – разработка методов воспроизведения поведения организационных систем на базе такого подхода, построение и испытание системы воспроизведения моделей бизнес-процессов, использующей эти методы.

### **2.2. Концепция системы**

В рамках рассматриваемых в работе задач целью изучения поведения систем на моделях является оптимизация этих систем. Еще раз следует отметить, что термин «оптимизация» употребляется в работе в контексте повышения производительности систем и устранения узких мест в них. Под «оптимизацией» в настоящей работе понимается не поиск строго математически оптимального решения, а прикладная задача целенаправленного улучшения системы до приемлемого или желаемого уровня эффективности (например, «хорошо/отлично» по шкале APDEX). Такой подход может быть интерпретирован как поиск локального оптимума в условиях слабо формализуемых и динамически изменяющихся ограничений, характерных как для эксплуатируемых информационно-технических систем, так и для организационных систем. Реализация указанной оптимизации осуществляется посредством построения цифрового двойника – под которым в данном контексте понимается адекватная имитационная модель – и последующего воспроизведения поведения системы на его основе. При этом срабатывание слабо формализуемых и динамически изменяющихся ограничений может привести к принятию изначально неочевидного решения о том, что оптимизация нецелесообразна.

С этой точки зрения некоторые процессы в организационных системах и в информационных технических системах математически однотипны и могут описываться одинаковыми моделями, а значит, архитектурно и технологически эти модели могут быть реализованы схожим образом.

Концепция системы впервые изложена в [115], здесь приводится переработанное и дополненное ее изложение, адаптированное к целям исследования всей работы.

Ядро разработанных методов включает в себя:

- концепцию метода – нагрузочное тестирование применяется не к системе-носителю, а к надстройке, моделирующей организационное поведение, о чем, в том числе шла речь в первой главе;
- критерии оценки корректности поведения – по прохождению этапов бизнес-процесса, по образованию очередей, простоев, заданий на отработку долга, а также по разделению технологического шума (этим термином названы задержки выполнения операций, вызванных работой системы-носителя) и работы модели бизнес-процесса.

Концепция (Рисунок 1) состоит в том, что нагрузка, которая подается на модель-надстройку, имитирующую организационную систему, подается на нее через уровень системы-носителя.

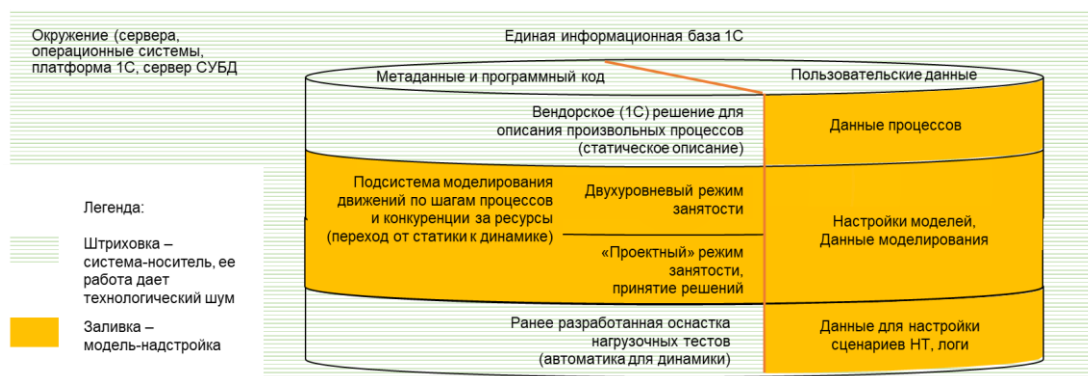


Рисунок 1 – Архитектурное разделение модели-надстройки и системы-носителя

Система-носитель сама является технической системой массового обслуживания. Она реагирует на эту же нагрузку схожим образом, а именно – возникновением очередей. Именно эта реакция интерпретируется как технологический шум и должна быть отделена от организационного поведения. С этой целью концепция предусматривает как архитектурное разделение модели-надстройки и системы-носителя, так и разделение процессов по длительности.

Систему моделирования нет необходимости строить с нуля. В 1С-сообществе есть готовые инструментальные решения, которые, правда, не предполагались для работы в рассматриваемой связке: для динамического имитационного моделирования системы массового обслуживания, но эта связка вполне возможна. По сути, требовалось три решения: решение для описания произвольных процессов, решение для масштабирования модели на размерность предметной области и решение для моделирования конкуренции за ресурсы прикладной модели. Первые два из них существовали в готовом виде, третье потребовалось спроектировать и реализовать в коде.

*Решение для описания произвольных процессов.* Тиражное решение 1С:Система проектирования прикладных решений, Редакция 2.0 (1С:СППР2) [94, 114] имеет функционал статического моделирования (описания) процессов в формате IDEF0 (Integrated Computer Aided Manufacturing Definition for Function Modeling – система понятий и определений для функционального моделирования интегрированного автоматизированного производства). Это хорошо подходит для описания предметной области. В IT-компаниях, которые ведут проектную деятельность, используются календарно-ресурсные планы в формате Microsoft Project. Эти планы обнаруживают высокую степень структурного сходства с моделями бизнес-процессов в нотации «поток объектов». Формат IDEF0 – это и есть нотация «поток объектов». Следовательно, календарно-ресурсные планы могут быть транслированы в эту нотацию без значимой трансформации.

*Решение для масштабирования модели на размерность предметной области.* В первой главе рассматривалась оснастка нагрузочных тестов по технологии 1С. Это и есть готовая оснастка для динамического моделирования

системы массового обслуживания с конкуренцией за ресурсы. Изначально она ориентирована на уровень системы-носителя (под которой понимаем информационную базу 1С:Предприятия и инфраструктуру, в которой она развернута: сервер приложений, сервер системы управления базами данных (СУБД), операционные системы, оборудование). В отраслевой литературе описаны технологии таких нагрузочных тестирований [13, 35, 72, 110]. Согласно этим технологиям, обычной практикой является реалистичный сценарий нагрузочного теста [110]: система работает в штатном режиме, в условиях отсутствия перегрузки, продолжительное время и с полным количеством пользователей. Плюсы реалистичного подхода состоят в том, что нагрузка на оборудование не зависит от сложности модели, количества связей и переходов, а первым значимым фактором нагрузки выступает число пользователей.

*Решение для моделирования конкуренции за ресурсы прикладной модели.* Для полноты картины потребовалось реализовать конкуренцию за ресурсы на уровне прикладной модели, поскольку работа сотрудников компании, в том числе консультантов, в режиме, когда один сотрудник занят на нескольких проектах, может быть интерпретирована как система массового обслуживания с конкуренцией за ресурсы. Одним из механизмов регулирования доступа к ресурсам системы-носителя является механизм блокировок. В 1С-системах механизмы блокировок существуют, они известны, и независимо друг от друга используются на уровнях управляемых блокировок 1С и блокировок СУБД. Помимо этого, есть возможность сделать самостоятельно свой механизм уровнем выше – в прикладной модели. В такой системе при попытке коллективного использования ресурсов, за которые идет конкуренция, появляются очереди. Кроме того, в ней возникает то, что называют проблемами параллельности: таймауты (выход из очереди из-за превышения ограничения времени ожидания), взаимные блокировки и «состояния гонки». И очереди, и проблемы параллельности возникают, только если есть конкуренция: множественные обращения к одним и тем же элементам системы и/или многопоточная работа.

В совокупности приведенные выше соображения позволили использовать уже имеющиеся подходы и инструменты и реализовать прикладную модель как программную реализацию нагрузочного теста системы особого рода (настройки над системой-носителем) в виде многопользовательской работы в одной базе 1С. То есть, аппаратные и программные узлы, реализующие решение задач нагрузочного тестирования, могут стать системой-носителем для произвольной прикладной модели. Алгоритмы предметной области могут быть внесены в прикладную модель как код на встроенном языке 1С. Данные предметной области – как данные информационной базы 1С. Это делает осуществимым переход от нагрузочного теста конфигурации и базы 1С («системы-носителя») к многоагентному моделированию произвольной системы, прикладная модель которой описана в этой базе.

Учитывая возможность адаптации компонентов ядра для подхода к специфике различных организационных контекстов, его корректнее трактовать не как единый метод, а как совокупность взаимосвязанных методов.

### **2.3. Модель с двухуровневой системой блокировок**

Прикладная компьютерная модель была построена на платформе 1С:Предприятие 8 [1] на базе программного продукта 1С:Система проектирования прикладных решений 2 (1С:СППР2) [94]. Основные факторы, повлиявшие на выбор ее в качестве системы-носителя:

- 1С:СППР2 изначально содержит возможность описания процессов в формате IDEF0 (а это нотация «поток событий», схожая с планом проекта);
- наличие компетенций по работе с продуктом;
- возможна доработка 1С:СППР2 силами команд, внедряющих 1С.

Было зафиксировано, что исполнитель в нотации IDEF0 – это участник проектной команды, сотрудник производственного подразделения ИТ-компании, или группа не отделяемых друг от друга участников проекта.

В соответствии с технологией реалистичного нагрузочного тестирования для имитации действий каждого исполнителя было запущено по одному клиентскому приложению (впоследствии – серверному фоновому заданию) в общей информационной базе 1С:СППР2. Состояние каждого исполнителя менялось с ходом времени в соответствии с описанной внутри базы схемой бизнес-процесса, для этого была разработана отдельная автоматика. Значение имел не характер действий, а совместное присутствие нужных исполнителей на этапах работы. Если кто-то из исполнителей был занят, то уже пришедшие его ждали. Реалистичность тестирования согласно технологии 1С заключалась в том, что действия выполнялись с нужными паузами, то есть процессы в модели должны были протекать (и протекали) гораздо медленнее, чем в системе-носителе (1С:СППР2 + сервера приложений и СУБД + операционная система + оборудование). Конфликты за ресурсы, приводящие к образованию очередей, моделировались с помощью механизма блокировок, внешнего по отношению к механизмам блокировок платформы 1С и СУБД.

Поскольку моделируемые процессы в реальности были существенно длиннее процессов системы-носителя (часы против секунд на низкой нагрузке, часы против минут – на высокой), это позволило дополнительно масштабировать время в прикладной модели относительно реального. Механизмы снижения длительности процессов системы-носителя подробнее рассмотрены в пятой главе.

### **Использование блокировок**

Блокировка – это информация о том, что ресурс занят. Технически информация о блокировке может являться, а может не являться реквизитом заблокированного ресурса, в последнем случае она хранится в таблицах механизма, который обычно называют менеджером блокировок. В прикладной модели менеджера блокировок нет, каждый исполнитель (точнее, тестовая обработка) хранит информацию о своих блокировках самостоятельно. Блокировки используются для организации упорядоченного доступа к ресурсам многопользовательских систем, таких как серверы приложений 1С или серверы СУБД. Блокировки могут быть совместимы или не совместимы друг с другом.

Наиболее простой способ организации совместимости – одноуровневый: блокировки друг с другом не совместимы, для тех механизмов, чей доступ регулируется, доступ к ресурсу возможен только последовательный. Одноуровневая схема блокировок гарантирует строгую согласованность данных, однако приводит к последовательному выполнению операций даже в случаях, когда параллелизм допустим. Альтернативой является двухуровневая схема совместимости блокировок, предусматривающая:

- Разделяемый уровень, S (от англ. Shared – разделяемый, общий). Блокировки с уровнем S совместимы друг с другом;
- Исключительный уровень, X (от англ. eXclusive – исключительный, монопольный). Блокировки с уровнем X не совместимы ни друг с другом, ни с блокировками с уровнем S.

Такой способ организации совместимости блокировок используется, например, в платформе 1С в «управляемом режиме» управления блокировками. Этот же способ использован и в прикладной модели. В ней есть свой механизм управления блокировками, который никак не связан с механизмами блокировок платформы 1С и СУБД (два последних между собой тоже не связаны). В прикладной модели блокировка устанавливается на исполнителей действия в привязке к конкретному действию (Рисунок 2, а, б, в, г) – два действия и по два исполнителя на закладке «Исполнители» – в модели с двухуровневой системой блокировок уровень блокировки был общим для всех исполнителей, в последующих версиях произведен переход на индивидуальное назначение. Блокировка устанавливается, когда действие, которое предстоит выполнять исполнителю, инициализировано, а сам он готов приступить к работе. Блокировка продолжает держаться, пока исполнитель ожидает других участников, а также в течение выполнения действия. Блокировка в привязке к конкретному действию снимается со всех его исполнителей, когда действие завершено всеми исполнителями.

Онлайн-материал 1 - освоение o1 (Функция системы)

Основное | Задачи | Присоединенные файлы | Версии объектов | Даты изменения | Контроль изменений | Регламенты | Результаты проверки | Сценарии

Записать и закрыть | Записать | Описание | Родитель | Старт экземпляра процесса | + Добавлено -

Описание | Схема функции | Входящие данные (1) | Потребители (1) | Исполнители (2) | Исходящие объекты метаданных | Отчеты, сервисные объекты

Наименование:

Длительность выполнения в секундах:

Уровень блокировки профиля:

а)

Онлайн-материал 1 - освоение o1 (Функция системы)

Основное | Задачи | Присоединенные файлы | Версии объектов | Даты изменения | Контроль изменений | Регламенты | Результаты проверки | Сценарии

Записать и закрыть | Записать | Описание | Родитель | Старт экземпляра процесса | + Добавлено -

Описание | Схема функции | Входящие данные (1) | Потребители (1) | Исполнители (2) | Исходящие объекты метаданных | Отчеты, сервисные объекты

Добавить | ↑ ↓ | Подбор

N	Исполнитель	Комментарий
1	Обучающийся 1	
2	Преподаватель 1	

б)

Онлайн-материал 1 - проверка o1 (Функция системы)

Основное | Задачи | Присоединенные файлы | Версии объектов | Даты изменения | Контроль изменений | Регламенты | Результаты проверки | Сценарии

Записать и закрыть | Записать | Описание | Родитель | Старт экземпляра процесса | + Добавлено -

Описание | Схема функции | Входящие данные (1) | Потребители (1) | Исполнители (2) | Исходящие объекты метаданных | Отчеты, сервисные объекты

Наименование:  Код:

Длительность выполнения в секундах:

Уровень блокировки профиля:

в)

Онлайн-материал 1 - проверка o1 (Функция системы)

Основное | Задачи | Присоединенные файлы | Версии объектов | Даты изменения | Контроль изменений | Регламенты | Результаты проверки | Сценарии

Записать и закрыть | Записать | Описание | Родитель | Старт экземпляра процесса | + Добавлено -

Описание | Схема функции | Входящие данные (1) | Потребители (1) | Исполнители (2) | Исходящие объекты метаданных | Отчеты, сервисные объекты

N	Исполнитель	Комментарий
1	Обучающийся 1	
2	Проверяющий 1	

г)

Рисунок 2 – Настройка уровней блокировок:

а – разделяемая в задаче «Онлайн-материал 1 – освоение o1»

б – исполнители в задаче «Онлайн-материал 1 – освоение o1» – у обоих  
«разделяемая»

в – исключительная в задаче «Онлайн-материал 1 – проверка o1»

г – исполнители в задаче «Онлайн-материал 1 – проверка o1» – у обоих  
«исключительная»

## **2.4. Проведение динамического моделирования в системе с двухуровневой системой блокировок**

Было проведено моделирование на компьютерной модели работы группы обучения компании-внедренца, работавшей у заказчика и выстроившей систему массового обучения с использованием системы управления обучением «1С:Корпоративный университет».

Примеры для первоначальных экспериментов не являлись частью реального проектного плана, но строились по мотивам работы группы обучения [112, 113] на проекте разработки и внедрения ERP-системы. Сам эксперимент и его результаты показаны в [115].

Работа реально существовавшей группы обучения представляла собой систему опережающего внутрипроизводственного обучения персонала заказчика. Группа обучения компании-внедренца, работавшая на проекте, выстроила систему массового обучения с использованием LMS-системы 1С:Корпоративный университет [2]. Это обучение действительно было опережающим: оно началось на этапе разработки, на активно развивающемся и во многом еще не созданном функционале. Пилотное обучение было проведено не только до начала опытно-промышленной эксплуатации, но даже до прохождения приемосдаточных испытаний, а началось оно сразу после прохождения сценариев интеграционного тестирования. Сама концепция обучения перекликается с ключевыми моментами основных положений развития трудового потенциала, сформулированных Н.Ю. Шорниковой [131]. Также проведенное обучение позволило выявить особенности переобучения на рабочем месте, использованные в дальнейшей работе компании-внедренца [116]. Кластер профессионального образования сформировался на основе инновационной инфраструктуры обучения внутри стратегического проекта корпорации-заказчика. Кластер включил в себя: команду обучения, команду поддержки инфраструктуры обучения, выделенных менеджеров из состава команды основного стратегического проекта, а также ответственных за обучение и ключевых пользователей поэтапно подключаемых предприятий

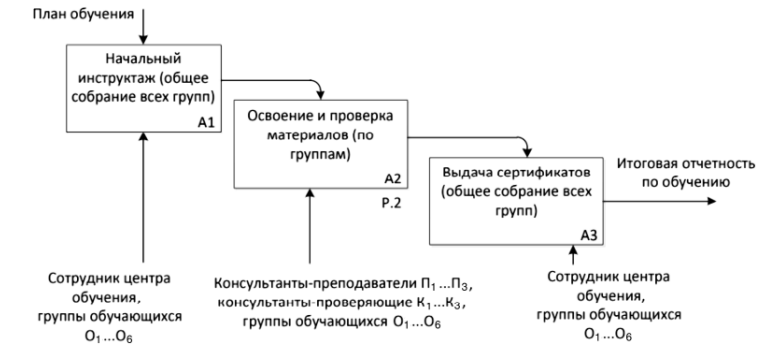
заказчика. До старта подготовки материалов работы вела команда-внедренец, затем, после старта – пошла работа совместной команды внедренца и заказчика, затем, после пилотного обучения около 2000 сотрудников, все функции были переданы командам-исполнителям со стороны заказчика, которые продолжили обучение вновь подключаемых предприятий на тираже.

В собранной модели с двухуровневой системой блокировок 13 пользователей, имитирующие участников проектной команды и группы обучаемых сотрудников на задачах онлайн-обучения и проверки практики, двигались по бизнес-процессу, внесенному в базу 1С:СППР2. Очереди организовывались с помощью двухрежимной блокировки (разделяемая S / исключительная X), процесс потенциально включал в себя каскад узких мест. Входы для системы с двухуровневой системой блокировок:

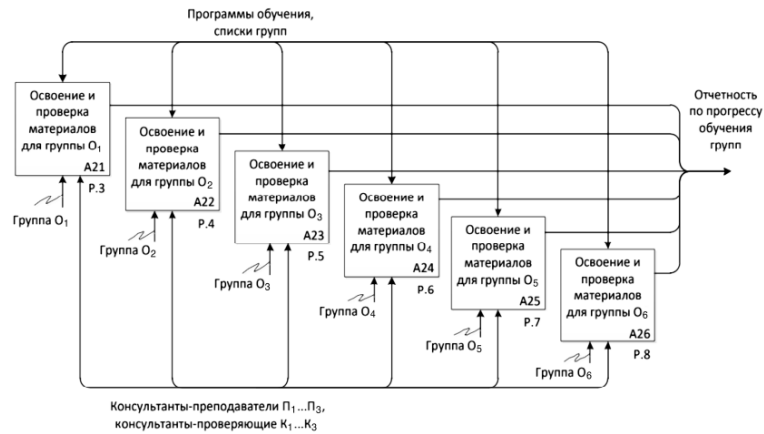
- Описанная модель бизнес-процесса (Рисунок 3, а, б, в), которая затем переносится в систему.
- Настройки длительностей этапов в модели (см. Таблицу 3).
- Настройки уровней совместимости блокировок (см. Таблицу 3).

Таблица 3 – Длительности этапов и режимы блокировок в вариантах 1, 2, 3

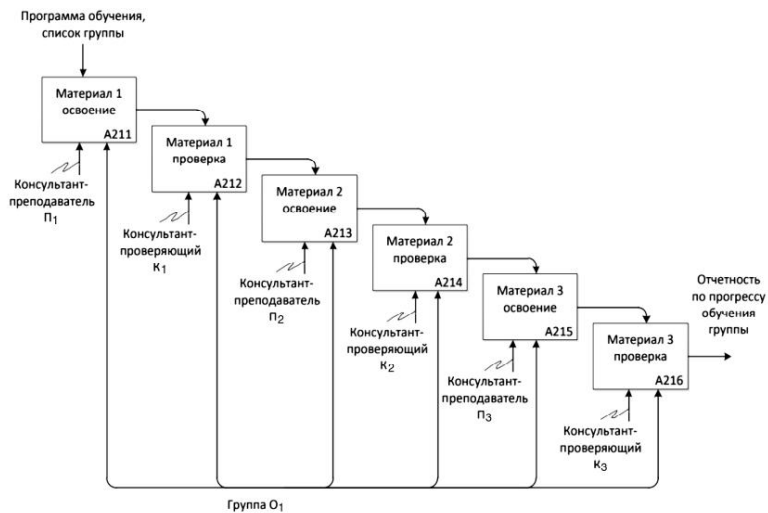
Действие	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
	Длительность, с	Режим блокировки	Длительность, с	Режим блокировки	Длительность, с	Режим блокировки
Начальный инструктаж	40	X	40	X	40	X
Материал 1 освоение	120	S	120	S	120	S
Материал 1 проверка	90	S	90	X	40	X
Материал 2 освоение	120	S	120	S	120	S
Материал 2 проверка	2	X	60	X	60	X
Материал 3 освоение	120	S	120	S	120	S
Материал 3 проверка	40	X	40	X	90	X
Выдача сертификата	40	X	40	X	40	X



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Бизнес-процесс обучения сотрудников заказчика на проекте:

а – Верхний уровень процесса обучения

б – Расшифровка процессов этапа обучения: у каждой группы свой процесс

в – Расшифровка процесса обучения и проверки на примере одной группы

Приведем повторно критерии оценки корректности поведения – по прохождению этапов бизнес-процесса, по образованию очередей, простоев, заданий на отработку долга, а также по разделению технологического шума и работы модели бизнес-процесса.

Выходом для системы с двухуровневой системой блокировок являются логи работы системы, по которым можно было построить диаграммы по количеству исполнителей в очередях и в простоях.

Для проверки соответствия поведения модели ожиданиям были проведены три варианта испытаний (варианты 1, 2 и 3). Они шли по одному и тому же бизнес-процессу, но местами различались длительности действий и режимы блокировок (Таблица 3):

- параметры Вариантов 2 и 3, отличные от Варианта 1, выделены темной заливкой,
- соответствующие им параметры Варианта 1 выделены более светлой заливкой.

Система не моделировала решений отдельных ЛПР, но моделировала решения по организации самого процесса, без выявления алгоритмов таких решений. В рамках предметной области такие решения соответствуют следующему:

- «Материал 1 проверка» – в первом варианте групповая организация проверки практических заданий, во втором и третьем – индивидуальная проверка, но разная по времени.
- «Материал 2 проверка» – в первом варианте автоматизированная проверка, во втором и третьем – ручная проверка (в остальных случаях проверка тоже ручная).
- «Материал 3 проверка» – индивидуальная ручная проверка, отличающаяся временем для третьего варианта.

Архитектурно:

Вариант 1 – устраненное узкое место в начале, короткое узкое место в середине, более длинное в конце.

Вариант 2 – каскад из трех узких мест убывающей длительности.

Вариант 3 – каскад из трех узких мест возрастающей длительности.

Наблюдение за экспериментом велось отслеживанием динамически формируемого лога, а также отслеживанием появляющихся и изменяющихся объектов, отражающих факт инициализации, а затем выполнения операций процесса (документов).

Анализ статистики позволил выявить места возникновения очередей, их размеры в зависимости от примененного управленческого решения, причины возникновения узких мест.

Всего было проверено 3 сценария моделирования модели, различие между сценариями заключалось в управленческом решении о длительности и режиме установки блокировок на ресурсы на некоторых задачах.

По итогам наблюдений и анализа, кроме очередей, были выявлены также простои, и сформулирована закономерность их появления и фиксации. Хотя простои появляются после узких мест, но обнаружить их можно там, где есть следующее событие, в котором для опаздывающих исполнителей между предыдущим и следующим действием существует прописанная связь бизнес-процесса. Если событие есть, но связи бизнес-процесса нет, то фиксируется снова очередь. Если далее события нет вовсе, ничего не фиксируется.

В [115] разница между очередями и простоями формулируется так:

*«Под очередями понимается ожидание исполнителями (ресурсами), уже готовыми стартовать, исполнителей (ресурсов), еще не завершивших свое предыдущее действие, в ситуации, когда уже пришедшие участники заблокированы в ожидании начала действия.»*

*Под простоями понимается ожидание исполнителями (ресурсами), уже готовыми стартовать, исполнителей (ресурсов), еще не завершивших свое предыдущее действие, в ситуации, когда уже пришедшие участники не заблокированы, а формально свободны»*

Моделирование позволило проверить работу двухуровневого режима блокировок в модели и работоспособность самого подхода. Анализ статистики

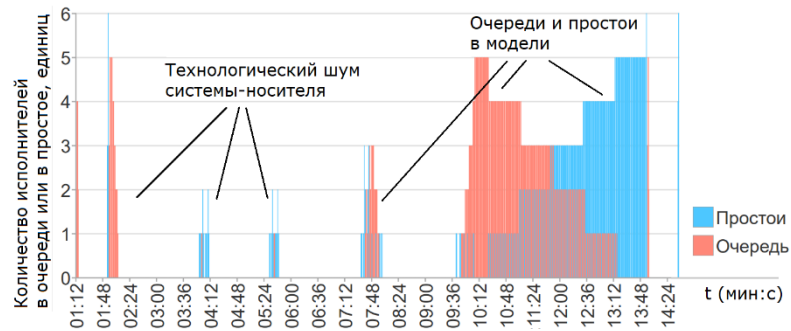
позволил выявить места возникновения очередей, их размеры в зависимости от примененного управленческого решения, причины возникновения узких мест. Также статистика очередей показала, что очереди в модели отделимы от очередей в системе-носителе (то есть от технологического шума), для этого требуется, чтобы очереди различались по продолжительности. Очереди и простои (Рисунок 4, а, б, в) участников в эксперименте имеют значительную продолжительность, за исключением эпизода, обусловленного сценарием (Рисунок 4, а, центральная часть). В отличие от них, проявления технологического шума представляют собой кратковременные всплески. Вертикальная ось «Количество» на рисунке – это количество исполнителей в очередях или в простоях, горизонтальная ось – отсчет времени в минутах и секундах (по технологическим причинам – не с нуля).

Рассматривая очереди и простои в модели, нужно иметь перед глазами четыре потока событий. Сопоставление этих четырех потоков позволяет увидеть, как именно отделять друг от друга очереди и простои разных уровней.

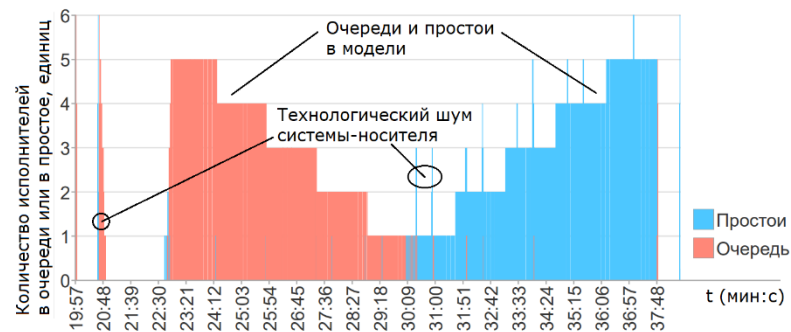
Первый, нижний уровень – служебный, уровень системы-носителя. В него совокупно входят ресурсы оборудования, области пространства блокировок сервера приложений, записи таблиц сервера СУБД и объекты, используемые при работе кода прикладного решения системы моделирования. Ко всем этим ресурсам могут выстраиваться очереди. На невысоком количестве пользователей они не длиннее 0,1...0,3 с, в этом случае процессы прикладной модели гораздо медленнее процессов системы-носителя. Поэтому на данном этапе сбор информации по нагрузке на оборудование и анализ узких мест системы-носителя не потребовался. Он потребовался далее, при запуске модели на высокой нагрузке, о чем идет речь в пятой главе, поскольку с ростом нагрузки растут ожидания в очередях системы-носителя, достигая нескольких десятков секунд.

Второй поток – опрос состояния базы каждым клиентом. На невысокой нагрузке всегда установлена периодичность в 2 с, с ростом размерности его приходится увеличивать, о чем также идет речь в пятой главе. Поток не создает собственных очередей, но поскольку интервал опроса имеет ненулевую

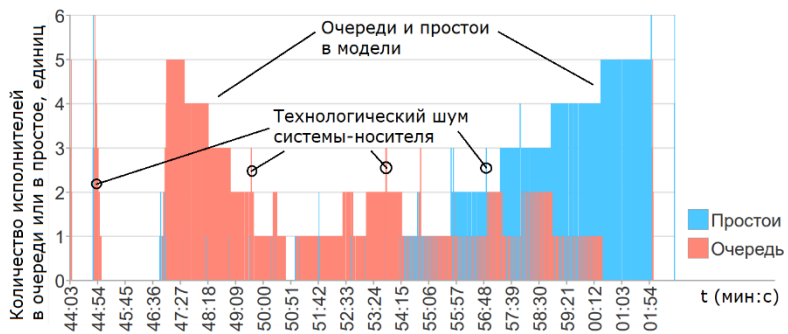
длительность, и, кроме того, поток может сам задерживаться в очередях системы-носителя, он сдвигает начало и конец выполнения действий вправо.



*a)*



*б)*



*в)*

Рисунок 4 – Очереди и простои в эксперименте:

*a* – по варианту 1

*б* – по варианту 2

*в* – по варианту 3

Технологический шум, таким образом, включает в себя влияние первого и второго потока на работу модели.

Третий поток – смена состояний прикладной модели, выполнение действия исполнителем. Минимальная длительность в рассматриваемом случае – 40 с (кроме одного намеренного исключения – «Материал 2 проверка» в Варианте 1), но это произвольное значение, а не минимально допустимое. В пятой главе будет показано, что на высокой нагрузке минимальная длительность должна быть выше, и для этого уже появляется обоснованное основание: рост технологического шума. Именно существенная разница между длительностью событий третьего потока и длительностью событий первых двух потоков позволяет отделять одно от другого.

Четвертый поток – вне модели, но не вне исследования – это поток событий реального мира, который и переносится на модель с определенным коэффициентом масштабирования. Например, в рассматриваемом случае одной минуте реальной ситуации соответствует одна секунда модели.

По результатам моделирования выявлено, что поведение модели соответствует ожидаемому, следовательно, модель функционирует корректно:

- На входах узких мест собираются очереди, после выхода из них могут фиксироваться простои.
- Узким местом, собирающим очереди, является проверка практических заданий. Узким местом, позволяющим фиксировать простои – итоговое собрание. Это соответствует реалиям предметной области.
- Не перекрывающие друг друга узкие места, собирающие очереди, возникли корректно (Рисунок 4, *а*), в убывающем каскаде начальные узкие места, собирающие очереди, полностью затемяют следующие (Рисунок 4, *б*), в растущем каскаде – частично (Рисунок 4, *в*). Это соответствует наблюдаемому поведению в таких каскадах в реальности.
- Отработок долга нет, поскольку механизм учёта отработки долга в двухуровневой модели не требуется. О процессах с отработками долга пойдет речь в следующем разделе.
- Технологический шум возможно отделить от очередей в модели.

## 2.5. Модель с проектной системой блокировок

В проектной практике двухуровневый режим занятости исполнителей может иметь место, но основным режимом является проектный, позволяющий указать – какой процент своего рабочего времени исполнитель тратит на каждую из нескольких назначенных ему задач. Занятость на максимальный процент соответствует исключительной блокировке.

Входы и выходы для системы с проектной системой блокировок в целом совпадают с входами и выходами для системы с двухуровневой системой блокировок (описание модели бизнес-процесса, настройки длительностей этапов – на входе, логи, позволяющие восстановить направленный граф фактически выполненного процесса – на выходе).

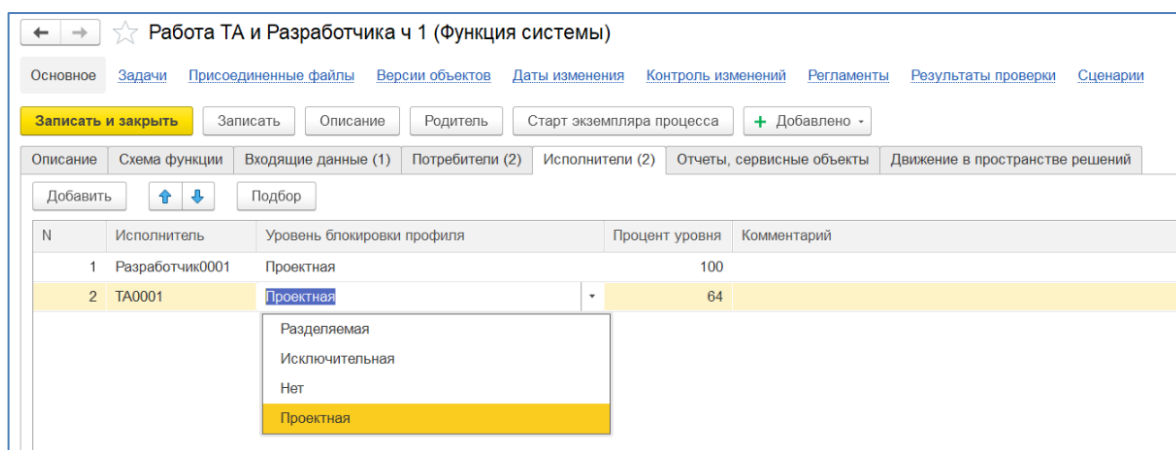
Отличие входа состоит в назначении задействования исполнителей – режим задействования проектный (Рисунок 5, *а, б*), а не двухуровневый.

Отличие выхода состоит в наличии логов по заданиям на отработку долга.

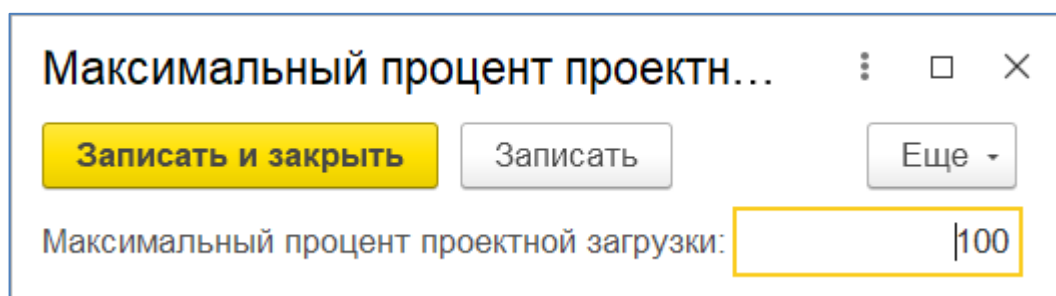
### **Доработка управления долгами**

Проектный характер занятости при наличии частично свободных ресурсов времени у исполнителя позволяет ему брать дополнительные задачи, при этом у него может вместо излишков ресурсов появляться их дефицит.

Дефицит ресурсов ожидаемо увеличивает продолжительность времени работы, это позволяет модели выявлять как несогласованности внутри одного плана проекта, так и между несколькими планами проектов. Также, если имеющейся ширины свободного времени недостаточно, то требуется фиксировать образовавшийся долг и начинать формировать дополнительные документы «задания на работу» с отметкой «отработка долга» (Рисунок 6, *а, б*). Объем работы, оставшейся к выполнению, рассчитывается как разность между произведением планового процента занятости и планового времени и произведением фактического процента занятости и фактического времени.



а)



б)

Рисунок 5 – Настройка проектного характера занятости:

а – для конкретных исполнителей конкретной задачи

б – константа, определяющая максимальный процент проектной загрузки, может разрешать сверхурочную работу, или наоборот, снижать разрешенный процент

Отработка долга имеет более высокий приоритет, чем новые задачи. Если по какой-то причине долг не закрывается, формируется следующий документ «задание на работу» с отметкой «отработка долга», который должен учитывать как плановое время, так и время предшествующих ему отработок.

Профили назначенные		Профили готовые стартовать		Дуги графа		Профили завершившие работу		Проектный долг	
Добавить									
↑ ↓									
Еще -									
N	Профиль пользователя	Пользователь	Фактический процент уровня	Процент долга					
1	Разработчик0001	Разработчик0213	100						
2	TA0001	TA0168	10	54					

a)

← → ☆ Задание на работу					
Создать					
Дата	↓	Номер	Экземпляр процесса	Функция системы	Это отработка долга
07.10.2024 22:47:02		000031782	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	
07.10.2024 22:47:02		000031783	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	
07.10.2024 22:47:04		000031784	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	
07.10.2024 22:47:04		000031785	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	
07.10.2024 22:47:05		000031786	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	
07.10.2024 22:47:05		000031787	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	
07.10.2024 22:47:58		000031788	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	✓
07.10.2024 22:48:17		000031789	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	✓
07.10.2024 22:48:31		000031790	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 1	✓
07.10.2024 22:50:42		000031791	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	
07.10.2024 22:50:42		000031792	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	
07.10.2024 22:51:02		000031793	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	✓
07.10.2024 22:51:38		000031794	07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Доп работа ТА	✓

б)

Рисунок 6 – Отработка долга:

а – ситуация, которая привела к появлению долга, см. также Рисунок 5

б – документы «Задание на работу» с соответствующей отметкой

### Доработка логирования

Доработанная система моделирования поставила вопрос о необходимости логирования дополнительной информации: об отработках долга, о проценте фактической занятости, а также – о номере пользователя (Рисунок 7, а, б). При этом, логирование сохранило возможность обратного построения ориентированного графа с указанием длительностей ожидания за счет хранения в логах колонок «Предыдущий статус» и «Длительность предыдущего статуса», а также информации о дуге графа в документе «Задание на работу» (Рисунок 7, в).

Период	Пользователь	Номер пользователя	Текущий уровень блокировки профиля	Статус	Предыдущий статус	Длительность предыдущего...	Экземпляр процесса
07.10.2024 23:11:49	TA0224	1 124	Нет	Свободен	Свободен	1 800	07.10.2024 22:17:07 Старт фо...
07.10.2024 23:11:49	TA0278	1 178	Нет	Свободен	Свободен	1 800	07.10.2024 22:17:07 Старт фо...
07.10.2024 23:11:54	TA0181	1 081	Нет	Свободен	Свободен	1 797	07.10.2024 22:17:07 Старт фо...
07.10.2024 23:11:58	TA0269	1 189	Проектная	Работа	Свободен	22	07.10.2024 22:17:07 Старт фо...
07.10.2024 23:11:58	Разработчик0201	501	Проектная	Работа	Ожидание других уча...	22	07.10.2024 22:17:07 Старт фо...
07.10.2024 23:12:11	Разработчик0201	501	Проектная	Работа	Работа	13	07.10.2024 22:17:07 Старт фо...

а)

Экземпляр процесса	Функция системы	Задание на работу	Текущий процент проектной загрузки	Это отработка долга
07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	Задание на работу 000031604 от 07.10.2024 22:41:27		
07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	Задание на работу 000031610 от 07.10.2024 22:41:27		
07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	Задание на работу 000031648 от 07.10.2024 22:41:37		
07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	Задание на работу 000031801 от 07.10.2024 23:11:36	100	✓
07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	Задание на работу 000031801 от 07.10.2024 23:11:36	100	✓
07.10.2024 22:17:07 Старт формальный	Работа ТА и Разработчика ч 2	Задание на работу 000031801 от 07.10.2024 23:11:36	100	✓

б)

N	Функция источник	Функция приемник	Отметка
1	Работа ТА и Разработчика ч 1	Работа ТА и Разработчика ч 2	1

в)

Рисунок 7 – Фрагмент лога работы в интерфейсе системы:

а – колонки регистра сведений, отвечающего за логирование (начало)

б – колонки регистра сведений, отвечающего за логирование (окончание)

в – информация о дуге графа, пройденной перед началом работы над заданием в его текущей вершине

Имитационные эксперименты на модели с проектным характером занятости показали, что модель корректно демонстрирует поведение системы в динамике по всем обозначенным в концепции системы критериям, а именно: исполнители проходят назначенные им этапы процесса, при этом формируются соответствующие реалиям предметной области очереди, простои, а также задания на отработки долга.

## 2.6. Заключение по второй главе

Получен научный результат, обладающий новизной. Разработаны методы имитационного моделирования организационных систем, основанные на адаптации подходов нагрузочного тестирования универсальных платформ (1С) для анализа различных моделей занятости ресурсов (двухуровневой и проектной). Доказано, что предложенные методы позволяют корректно воспроизводить поведение сложных организационных структур – показывают очереди, простой персонала и формирование задолженностей по работам.

Результат имеет теоретическую и практическую научную значимость.

Теоретическая значимость:

- Предложен метод сепарации технологического шума системы-носителя от логики организационной модели: за счет различия в длительности событий.
- Формализованы критерии оценки поведения модели.

Практическая значимость:

- Методы воспроизведения организационных процессов и управленческих решений позволяют строить цифровые двойники организаций с помощью доступных ИТ-инструментов.

Прикладной аспект результата:

- экспериментально подтверждена адекватность методов: предложенные методы позволяют строить цифровые двойники организаций;
- продемонстрирована готовность системы к решению задач, близких по масштабу к реальным.

## **Глава 3. Альтернативно-обоснованные решения**

### **3.1. Введение к третьей главе**

В третьей главе решается третья научная задача, а именно – анализ шаблонов альтернативно-обоснованных управленческих решений в контексте управления в ИТ-компаниях, выделение и операционализация их ключевых факторов в виде параметров, пригодных для использования в цифровых двойниках организационных систем. Глава формирует теоретико-методологическую базу для моделирования управленческих решений в ИТ-компаниях с учетом поведенческих факторов, не учитываемых в рамках рационального подхода к принятию решений.

### **3.2. Обзор трех ключевых подходов к принятию решений**

#### **Разделение подходов**

В процессе управления социальными и экономическими системами, а в более общем случае – организационными системами, люди принимают решения. Эти решения оказывают влияние на движение систем к их цели. Впоследствии сами эти решения, условия и ограничения, в которых их принимали, ресурсы, которые потребовались на их исполнение, достигнутые результаты – все это может быть изучено научными методами и использовано в будущем.

Изучение принятых решений может вестись с нескольких сторон. Рассматривая управление в организациях, необходимо учитывать, как минимум, три точки зрения на изучаемый объект: подход к управлению и принятию решений со стороны менеджмента и экономики, психологический/социологический подход и инженерно-математический подход.

#### **Связь дисциплин**

В.Н Бурков (советский и российский ученый, известный как основатель теории активных систем) и его ученик академик РАН Д.А. Новиков опубликовали

целый ряд работ, в которых задача, имеющая экономические корни и экономическую предметную область, решается инженерно-математическими методами [43, 86, 101]. В статье [101] они совместно с коллегами предлагают классификацию наук и научных направлений, имеющих отношение к организационному управлению (Рисунок 8). На схеме нашлось место и менеджменту (теории менеджмента), и математике (исследованию операций).

Д.А. Новиков в другой работе [78] обозначает субъективность использованного подхода. И действительно, не со всеми акцентами в статье и на схеме можно согласиться. Но в целом и схема, и указанная статья очень важны, потому что они посвящены примерно тому же взаимодействию наук, на котором основана и данная диссертация.

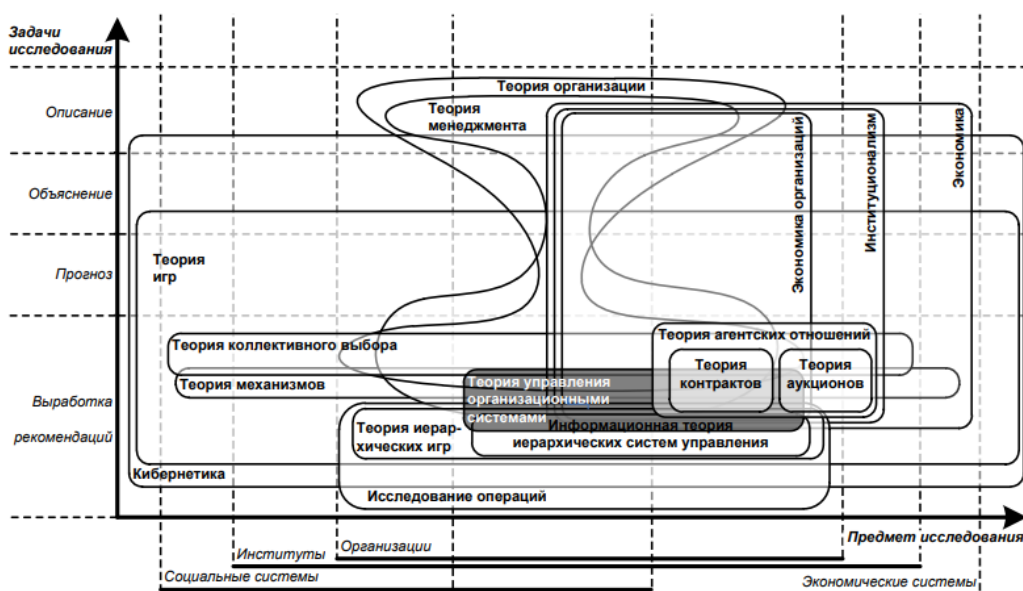


Рисунок 8 – Научные направления, исследующие управление в социальных и экономических системах по В.Н. Буркову и Д.А. Новикову [101]

### Подход со стороны менеджмента и экономики

Подход со стороны менеджмента и экономики представлен такими теориями и подходами как:

- Научное управление – оно началось с Ф.У. Тейлора [172], Ф. Гилбрета [145], Г.Л. Гантта, Х. Манстерберга, Х. Эмерсона, Г.Л. Тауна, М.Л. Кука.

- Теория организации – А. Файоль, Дж.Д. Лизни, А.С. Рейлц, Л. Урвик [176], также Б.З. Мильнер [67] и Ричард Л. Дафт [39], работы которых рассмотрим более подробно.
- Бюрократическая теория – М. Вебер [179].
- Всеобщая организационная наука – А.А. Богданов [18].
- Факторы эффективной организации исследовал Р. Лайкерг.
- Управление изменениями – Курт Левин [158], С. Бишоп и Д. Тейлор [17].
- Теория административного поведения (ограниченной рациональности) – ее предложил Г. Саймон [93]. В 1978 г. он получил Нобелевскую премию по экономике за теорию ограниченной рациональности.
- Теория формирования организаций: универсальная теория формирования организаций (теория Гласиер) – У.Б.Д. Браун и Э. Джеквесс, а также теория формирования жизнеспособной структуры – Г. Минцберг [69].
- Теория организационного потенциала – И. Анософф и А. Чандлер.
- Принятие управленческих решений с учетом фактора неопределенности – М. Вудкок и Д. Фрэнсис [32].
- Концептуальные основы менеджмента – П. Дракер.
- Ситуационный подход с учетом фактора неопределенности – В. Врум, Ф. Йеттон и А. Джаго [177, 178].
- Организационное поведение: в целом – Г. Минцберг [69, 161] и Дж. Куинн [162], Дж. Ньюстром и К. Дэвис [79], Б.З. Мильнер [67, 68], Дж. Коттер [156], П.Н. Шихирев [128], Р. Шо [130], Л. Хосмер [148], Р.М. Белбин, В. Ильин [50], Б. Такман и М. Йенсен [175] («форминг-сторминг-норминг-продьюсинг-анформинг»), Курт Левин [158], И.К. Рыженкова [90, 91]; более конкретно – особенности гиперквалифицированных сотрудников – Р. Гальперин [173], Д. Мэйнард, Т. Джозеф и А. Мэйнард [160].

- Поведенческая экономика и квантовая теория принятия решений – Р. Шиллер [6, 7, 127, 171] (Нобелевская премия по экономике за 2013 г) и Дж. Акерлоф [6, 7], Р. Талер [97].

- Вопросы сопоставления рационального и иррационального поведения рассмотрены в работах Р. Асеведо [135], Д. Барковича [138], А.Я. Рубинштейна [89].

- Когнитивная психология – А. Тверски и Э. Шафир [174], Д. Каннеман [152].

В качестве отправной точки исследователи обычно берут рациональный подход.

Содержательно, смысл рационального подхода состоит в том, чтобы в рамках определенной процедуры выявить и сопоставить текущее и желаемое состояние системы, найти все возможные решения, выбрать из них наилучшее, согласовать его применение, применить его, проконтролировать факт применения, оценить результат (выявить новое текущее состояние системы), выявить и сопоставить с результатом новое желаемое состояние системы. На этом либо остановиться, либо, при необходимости, пойти на следующий круг.

Начиная со второй половины XX века рациональный подход получил серьезное подспорье со стороны вычислительной техники и со стороны наработанных алгоритмов решения типовых задач и задач, сводимых к типовым. Неудивительно, что рациональный подход остается фундаментом теории: он позволяет гарантированно, в предсказуемые сроки и на системной основе решать такие задачи.

С другой стороны, рациональный подход имеет два слабых места. Первое – рациональный подход существенно зависит от качества постановки задачи и от качества и полноты имеющихся данных. В реальности идеальное или хотя бы приемлемое качество и того, и другого может вызывать вопросы. Второе – он рассматривает само лицо, принимающее решение (ЛПР) как машину, действующую строго рационально, или как минимум как субъекта, стремящегося к рациональности, а не как живого человека.

Первое слабое место служит естественным ограничителем применимости подхода, его так или иначе рассматривают и источники, пишущие про теорию организации, а затем в разной степени выводящие принимаемые решения за рамки рационального подхода («Теория организации» Б.З. Мильнера [67] и «Теория организации» Ричард Л. Дафта [39]).

Второе слабое место радикально меняет достоверность моделей систем, предполагающих наличие такого элемента как «рационально решающий ЛПР». Для этого потребуются рассмотреть работы, показывающие решения за рамками рационального подхода, этому посвящен отдельный раздел текущей главы.

Согласно Б.З. Мильнеру [67, стр.301–304], выделяют три способа принятия решения: рациональный, административный (отсылка к Г. Саймону [93]) и интуитивный. Классифицирующим признаком при этом является то, на что ориентировано лицо, принимающее решение. При рациональном способе рассматриваются все возможные альтернативы, из них выбирается та, что обеспечивает максимальный выигрыш. При административном способе выбирается первая альтернатива, обеспечивающая удовлетворительное решение по достижению цели (автор отмечает, что это достижение обеспечивается на минимальном уровне). При интуитивном способе системность при выборе альтернатив отсутствует, автор отмечает, что таким способом решение выбирается *ad hoc*.

Другой классифицирующий признак выделяет стратегию отношения к неопределенности: игнорировать ли неопределенность (пример – считать, что все сложится наилучшим образом), считать ли, что будущее повторит прошлое, либо же целенаправленно сокращать неопределенности.

Третьим классифицирующим признаком Б.З. Мильнер выделяет того, кто принимает решение – принимает ли решение индивидуум, либо группа, либо, как промежуточный вариант – руководитель с помощью консультантов нужной квалификации. Решение, принятое группой, автор считает более точным, но менее оперативным.

Ричард Л. Дафт [39, стр. 520–559] отделяет принятие индивидуальных решений от принятия организационных решений.

При рассмотрении принятия индивидуальных решений Ричард Л. Дафт выделяет рациональный подход и ограниченно рациональный подход. Рациональный подход, следуя источнику, основан на систематическом анализе проблемы. Автор отмечает идеальный характер рационального подхода и сложность всестороннего анализа проблемы, а дальше затрагивает факторы, ограничивающие как процедуру решения, так и варианты выбора. Ограниченно рациональным подходом автор называет сокращения процедуры рационального выбора, основанные на интуиции и опыте. Сюда же автор относит решения, в основе которых лежит рациональный выбор, но принятые в условиях дефицита времени, в условиях корпоративных и личностных ограничений, а также – в условиях, когда какие-то подходящие альтернативы уже найдены и нет желания продолжать поиски (например, когда решение о выходе на работу соискатель принимает после 2–3 приемлемых предложений, а не после полного анализа рынка). Интуитивные индивидуальные решения Ричард Л. Дафт не считает произвольными и иррациональными, поскольку в их основе видит практику и опыт.

Применительно к организационным решениям Ричард Л. Дафт выделяет четыре подхода. Три из них являются «чистыми»: подход на основании теории управления, модель Карнеги и инкрементальный процесс принятия решения, предложенный Г. Минцбергом [161]. Четвертый подход – комплексный, характерный для того, что называют обучающейся организацией: комбинация модели Карнеги и инкрементального процесса, а также постепенный переход к модели мусорной корзины. Автор отмечает, что в зависимости от ситуационных рамок принятия решения каждый из четырех подходов может работать лучше прочих. В качестве характеристики ситуации выступают знание решения и наличие консенсуса в группе, принимающей решение.

### **Подход со стороны психологии**

В качестве авторов работ, рассматривающих принятие решений со стороны психологии, обозначим американского психолога Р. Чалдини и его работу [125], потому что она во многом является отправной точкой для работ Р. Шиллера, подробнее это будет описано далее. Также важным аспектом является фактор доверия. Его Б.З. Мильнер [68] раскрывает через работы российского психолога П.Н. Шихирева [128].

Одна из рассмотренных в главах 4 и 5 моделей («РП vs ТА») покажет негативные проявления гиперквалификации. Гиперквалификация – это ситуация, когда люди обладают образованием и навыками, которые превышают требования их работы (Л.Хан и П. Морроу [154]). Часть работ по данной тематике [160, 173] показывает организационную сторону проблемы, например, дилемму принятия решений о приеме на работу: потенциально ожидаются высокие результаты, но взамен высоко вероятно слабая лояльность (мы увидим это как появление «второго ЛПП»), и, вдобавок, проблемы с мотивацией. Психологические аспекты показывает Б. Эрдоган [142], например, она пишет, что разочарование, которое сотрудники испытывают из-за недостаточного использования их навыков, можно преодолеть путем расширения их прав и возможностей. Социологические аспекты рассматривают уже упомянутые Л.Хан и П. Морроу, например, они показывают распространенность следующей проблемной ситуации: выпускники колледжей занимают рынок неквалифицированной рабочей силы вместо работы по специальности.

### **Подход с инженерно-математической стороны**

Работы, которые подходят к принятию решений с инженерно-математической стороны, используют и развивают аппарат:

- исследования операций (Е.С. Вентцель [28-31], Морз и Кимпбелл [71]);
- теории принятия решений (В.В. Бомас [21, 22], О.И. Ларичев [56], В.В. Подиновский [83], И.Ф. Шахнов, И.Г. Черноруцкий, Т. Саати, В. Парето [165], Б. Руа, Р. Шанкар, а также К.Н. Поспелов [84]);

- имитационного моделирования (Р. Шеннон [126], Н.Н. Лычкина [61], М.Вулдрижд [184], а также Р. Хашимото [146]);
- теории массового обслуживания (А.К. Эрланг [143], А.Я. Хинчин [123], Т. Саати [92]);
- теории нечетких множеств (Л. Заде [44, 186], А. Кофман).

Р.Л.Дафт [39], рассматривая рациональные ситуации, пишет, что для них наработано и отшлифовано много прекрасных инструментов. Эти методы созданы на основе теории управления. По уточнению научного редактора перевода Э.М. Короткова, речь идет о том, что в отечественной практике называют научным подходом. Дафт отмечает, что этими инструментами пользуются отделы исследования операций. В качестве примера Дафт приводит такие методы, как метод линейного программирования, формулу Байеса, метод оценки и пересмотра планов PERT и компьютерное моделирование.

В контексте методов исследования операций также представляет интерес позиция М. Нейгарда [75, стр. 251]. Он указывает на высокую стоимость подобных работ и на необходимость иметь специальные знания и навыки, которые не являются распространенными.

Отдельно отметим недавние работы, посвященные моделированию ограниченно рациональных решений. В работе Р. Хашимото с коллегами [146], 2025 г., описывается моделирование поведения индивидуальных субъектов с ограниченной рациональностью с помощью больших языковых моделей (БЯМ) на уровне индивидуальных решений. В работе К.Н. Поспелова [84], 2025 г., проводится исследование ограниченной рациональности в управлении организационными системами с распределенными центрами принятия решений и отмечается важность учета таких факторов, как субъективные особенности лица, принимающего решения, влияющие на корректность решений, особенности коммуникаций, и, наконец, скрытые от агентов системы причинно-следственные связи в объекте управления. Обе работы являются междисциплинарными с точки зрения использованного выше разделения, эта междисциплинарность соответствует подходам В.Н. Буркова и Д.А. Новикова.

### **3.3. Ограничения рационального подхода. Альтернативно-обоснованное решение**

Некоторые узкие места СМО образуются из-за неудачных управленческих решений по выбору количества исполнителей, а также при выборе конкретных исполнителей. Часть таких решений сложно объяснить. Чтобы научиться бороться с их причинами, нужно понять их алгоритмы и попробовать их смоделировать.

Попробуем ответить на вопрос, какие именно решения моделировать. Есть решения по расценке трудоемкости, но они отражаются в настройках моделируемых процессов до старта модели, и там весь алгоритм все равно завязан на работу исследователя, а не лица, принимающего решения (ЛПР). Поэтому моделировать нужно решения, влияющие на работу системы изнутри. Это, например, назначение конкретных исполнителей на задачу – ведь именно вследствие такого назначения исполнитель может стать узким местом всей системы.

При рассмотрении вопроса оказалось, что такого рода управленческие решения не всегда принимаются рационально. Точнее – если под рациональностью понимать экономическую эффективность и работу в интересах компании – они не всегда принимаются в соответствии с этими критериями, да и в соответствии с индивидуальными интересами тоже не всегда. Отдельные шаблоны имеют собственные названия, например, «эффект дизъюнкции». В текущей работе далее эти шаблоны подробно разобраны и адаптированы к практике ИТ-компаний. В качестве общего термина нередко используется термин «иррациональное поведение», «нерациональное поведение» или «иррациональное решение», но это, скорее, в противоположность «рациональному».

Иррациональное поведение и иррациональные решения описаны в научной литературе. «Кант был первым, кто обратил внимание на определенное логическое несоответствие между рациональностью всего того мира, который изучается наукой (наблюдателем) и иррациональностью человека –

необъяснимостью его образа мышления» – так пишет Н.Н. Моисеев, сам также уделивший внимание этой теме в работе «Современный рационализм» [70].

Но термин «иррациональное решение» слишком жесткий. Когда этот термин применялся в других работах, это всегда требовало оговорок, что нет речи о совсем необдуманных (эмоциональных, поспешных, случайных) решениях: речь всегда шла о внутреннем обосновании, пусть и непонятном окружающим. Поэтому в рамках данной работы в качестве общего термина по возможности будем использовать другой: **«альтернативно обоснованное решение»** (или **«альтернативно обоснованное поведение»**), наряду с термином «иррациональное решение (поведение)», считая эти термины в рамках работы эквивалентными друг другу. В рамках организаций такие решения нежелательны непредсказуемостью. Но в заведомой неэффективности их упрекнуть нельзя, они могут привести к успеху.

Такие решения нежелательны, но имеют место, особенно среди технических ИТ-специалистов, ставших управленцами (что показал и проведенный в рамках исследования опрос). Следовательно, моделирование таких решений представляет практический, а не только архитектурный интерес. Модель будет более верно отражать реальность, а последствия решений могут быть изучены на модели, а не на живых людях. В поведенческой экономике среди основных факторов таких решений называют неопределенность, историю, доверие. В практике построения бизнеса для организаций также описывается фактор второго ЛПР, «лица, действительно принимающего решения» [64].

Входами решения по выбору конкретных исполнителей являются:

- Общая склонность конкретного ЛПР принимать альтернативно-обоснованные решения (это справедливо не для любого ЛПР).
- Текущий уровень кредита доверия (есть, не определен, утрачен).
- Текущие величины «дешевизны» (величины, обратной стоимости исполнителя) и доверия к нему.
- Наличие в истории кредита доверия фактов его определенности («есть» или «утрачен»).

- Возможность заменить решение решением другого ЛПР, со своим видением ситуации.

Выходом решения является один из исходов:

- Положительное решение в отношении объекта принятия решения (поддержка исполнителя – если он один, выбор его среди прочих кандидатов – если их несколько).
- Отрицательное решение в отношении объекта принятия решения (отказ в поддержке исполнителя – если он один, предпочтение ему другого кандидата или отказ всем кандидатам – если их несколько).

Математическое описание входов и выходов дается в четвертой главе.

Пример такого решения приведен в материале П. Умнова [107]. Региональная организация проводила конкурс по выбору участника на проект внедрения решения по автоматизации своей деятельности. Конкурс проводился в несколько этапов, в финал прошло три команды. Рациональным выбором был бы выбор уже знакомой заказчику местной команды, и наиболее управляемой, и предложившей самую привлекательную цену. Но победителем назвали московскую команду, причем предложенная ею цена была выше остальных. Данный выбор оказался непредсказуемым и был расценен как противоречащий рациональному подходу. Но у него оказалось обоснование. Заказчик выбрал такого исполнителя, потому что верил, что именно эта команда поможет выиграть грант в другом конкурсе, где он сам участвовал, потому что эта команда существенно лучше прочих оформила документацию. Таким образом, в условиях появилось второе ЛПР, а при выборе победителя конкурса приоритет качества оформления проектной документации оказался выше приоритета минимальной цены.

Кроме прочего, пример показывает, что:

- Решение иррационально и непредсказуемо для всех, кроме самого лица, принимающего решения (ЛПР), само оно считает свое решение обоснованным.

- Иррациональность проявляется не только в индивидуальном поведении, но и в организационном.

Альтернативное обоснование в примере связано с фактором второго ЛПР. Второе ЛПР – это сотрудник или организационная единица. Второе ЛПР принимает решение о выборе альтернативы или о параметрах функционирования системы помимо основного ЛПР. Состав или относительная значимость компонент критерия принятия решений второго ЛПР может отличаться от состава или взаимной относительной значимости компонент критерия принятия решений основного ЛПР (про основного ЛПР считаем, что компоненты его критерия принятия решений известны и рациональны). В силу различных обстоятельств в работу может пойти решение не основного ЛПР, а второго. Предполагается, что второе ЛПР – единственное, поскольку остальные альтернативные ЛПР, решения которых не идут в работу – не наблюдаемы.

Пример иного подхода показан в докладе «Методика сравнительной оценки и выбора правильных вариантов проектного решения» Н. Зайцева [46] на Первой практической конференции для аналитиков и руководителей проектов 1С «Анализ & Управление в ИТ-проектах» (май 2023 г.), организатор – Инфостарт. Исследователь рассматривает задачу выбора варианта решения по оптимизации информационной системы на платформе 1С. У него есть три варианта: обойтись возможностями платформы 1С, организовать обработку узкого места в монопольном режиме, а, наконец, написать свою методику прикладных блокировок. Каждый из этих вариантов оценивается по трем критериям: трудоемкость, масштабируемость и отказоустойчивость. Работа ведется в 2 этапа. На первом этапе проводится оценка, при которой критерии считаются равнозначными. На следующем этапе каждому критерию присваивается весовой коэффициент, из четырех позиций: Сверхтяжелый, Тяжелый, Легкий, Ничтожный. На первом этапе (критерии без весов) – решение было принято или методом взвешенной суммы (с равными весами), или методом идеальной точки – на это указывает выбранная альтернатива. Во второй итерации (критерии с весами) – при применении метода взвешенной суммы и метода идеальной точки

должна была бы быть выбрана та же альтернатива, но автор выбирает другую. Это исход дают метод главного критерия и метод последовательных уступок. Отметим для себя, что реальный, а не теоретический ЛПР может ставить задачу наоборот: не получить результат, строго используя один выбранный метод, а использовать более подходящий для случая метод, чтобы логично и последовательно обосновать выбранное решение, причем метод при необходимости меняется тоже логично и последовательно.

И, в заключение, примеры полностью рационального подхода. Среди научных работ отметим работу О.Т. Романова и В.А. Судакова с коллегами [45]. Среди зарубежных работ – работу М. Абдельрахмана [134]: в изложенном выше примере в работе П. Умнова [107] события должны были бы развиваться примерно также, если бы не фактор второго ЛПР. Практику применения рационального выбора альтернатив в сегменте 1С можем видеть в докладе руководителя проектов автоматизации HR процессов ООО «СТМ-Сервис» Ю. Брашкиной [24, слайд 10] на конференции 1С для корпоративных клиентов. Сравнение кандидатов на руководящую позицию идет по следующим 9 характеристикам: самостоятельность, анализ и проактивность, постановка задач и контроль, честность, управление конфликтом, мотивирование, делегирование, ответственность, а также – нравится ли работать руководителем. Для кандидатов на позиции специалиста/ служащего и рабочего используются другие характеристики. Шкала по каждому критерию представляет собой число от 0 до 100, при этом по разным критериям число «ступенек» разное: для честности это только 0 и 100, для ответственности: 0, 50 и 100; а, например, для мотивирования – 10 ступенек: 0, 11, 22 и т.д. до 100. Вопросы сформулированы и подобраны экспертами таким образом, чтобы было очень трудно подготовить ответы заранее или просчитать социально ожидаемый ответ. Значения характеристик для каждого кандидата агрегируют в среднее. На основании методики в 2022 году проведено 72 опроса руководителей, из них 55 принято на работу. Из руководителей, принятых на работу, на испытательном сроке уволено 8 (15%). Из уже работавших руководителей по результатам опроса уволено 3.

### **3.4. Шаблоны альтернативно-обоснованных (иррациональных) решений применительно к управлению в ИТ-компаниях**

Шаблоны иррационального поведения в основном описаны для лиц, принимающих решения (ЛПР) индивидуально. Многие шаблоны пришли из поведенческой экономики. Однако, в ходе работы в коллективе ЛПР – это все равно люди, и их индивидуальные решения становятся частью организационного поведения.

Иррациональное поведение в организациях является нежелательным, поскольку вносит элементы непредсказуемости в организационное поведение. Непредсказуемость в системе нежелательна [99], поскольку может восприниматься как неподконтрольность и неуправляемость. Но поскольку полностью исключить такое поведение нельзя, нужно уметь с ним работать.

Для решения этой задачи есть необходимость свести в одном месте многие известные шаблоны иррационального поведения, описанные разными авторами в разное время. Далее требуется сопоставить каждому из шаблонов пример из деятельности ИТ-компании, в первую очередь – из проектной детальности. То есть, индивидуальные шаблоны следует рассмотреть теперь в организационном контексте.

Также есть необходимость показать для каждого из шаблонов – используется ли в нем фактор истории, или решение принимается без учёта предыстории.

Полученные данные могут быть использованы для предотвращения нежелательных последствий иррационального поведения, а также для осознанной работы в условиях, когда иррациональное поведение неизбежно.

#### **Шаблон иррационального поведения, распространенный на уровне стандарта**

Герберт Саймон [93] описал шаблон *административного поведения*: найдя вариант приемлемого решения, достигаемого минимальными затратами ресурсов,

ЛПР прекращает рассматривать альтернативы, и не ищет строго оптимальное решение.

Де-факто, шаблон весьма распространен. В двух проведенных автором текущей работы опросах ИТ-специалистов и ИТ-управленцев результаты индикативно показали, что при рассмотрении как сложной технической, так и сложной управленческой задачи с неочевидным решением, следующий подход: «Искали решения, исходя из наличия ресурсов, найдя один-два-три действительно приемлемых и «проходных» рациональных варианта, на них останавливались и именно из них выбирали» – либо являлся самым предпочтительным, либо входил в топ предпочитаемых подходов.

Шаблон учитывает историю: в нем есть история получения каждой из сравниваемых альтернатив и трудозатраты на их получение.

### **Шаблоны, ведущие в квантовую теорию**

Следующие три шаблона оказались сгруппированы вместе, потому что имеют свое продолжение в работах, посвященных квантовой теории принятия решений [11]. В ее основе лежит подход, раскрывающий неопределенности в принятии решений аналогично тому, как раскрываются неопределенности в квантовой физике [144].

*Эффект дизъюнкции* (Тверски и Шафир [174], раскрытие в квантовой теории принятия решений см. Шан [170])

Авторы описывают данный эффект как затруднения, встречающиеся при принятии решения в условиях неопределенности. Они приводят пример, что некоторым студентам оказалось сложно запланировать поездку на отдых, пока не известны результаты сданного экзамена, хотя вроде бы одно с другим не связано.

Аналогичный пример из проектной практики: неопределенность с текущим проектом мешает принять решение о посещении конференции в конкретные даты, даже если оно достаточно далеко от текущего момента. Другой пример – ожидание от руководителя решения какого-то вопроса может мешать исполнителям самостоятельно делать другие шаги по этому проекту, даже если они не зависят от этого решения.

Пример обратного поведения показывает один из центральных персонажей фильма «Трудный ребенок» [166] Бен-младший (пример приводится в качестве метафорической иллюстрации и не рассматривается как эмпирическое доказательство). Команда, которую он тренирует, проигрывает в бейсбольном матче, он, желая подбодрить ребят, говорит им, что у них есть еще три подачи, и если они выиграют, то все получат мороженое, а если проиграют..., то какая разница, все равно все получают мороженое. Персонаж избежал эффекта дизъюнкции, но его логика позиционируется как смешная.

Шаблон учитывает историю: затруднений со вторым решением не будет, если нет неопределенности с первым.

*Эффект порядка вопросов* (Ван, Бусемейер и др. [180])

Авторы проводят исследование на примерах влияния порядка вопросов на уровень одобрения для американских политиков, значимых на период исследования (Клинтон / Гор, Буш / Обама, и др.), а также влияния этого же фактора на опросы по другим чувствительным для американцев темам, таких как белые/чернокожие, и пр. Пример из проектной практики: если возникает вопрос, кого из двух разработчиков ставить на критическую задачу, то ответ может быть любым. Потом, если задать вопрос, кто из них сильнее, то ответ будет о том, кто сильнее. Но если вопросы задать в обратном порядке, то в выборе исполнителя пойдет значимое отклонение в сторону более сильного разработчика.

Шаблон учитывает историю: сам порядок вопросов и есть история.

*Эффект категоризации* (Ван и Бусемейер [180])

Авторы изучали поведение людей на примере ситуации, когда опрашиваемые в роли полицейских-землян на некоей колонизированной планете должны в рамках установленной процедуры принять решение – атаковать подозрительного местного жителя или нет. Исследование показало, что если в процедуру включено принятие решение об отнесении местного жителя к определенной категории (и с этим есть возможность ошибиться), то вероятность нападения на него снижается по сравнению с ситуацией, когда такой

промежуточной категоризации нет. Также исследование показало, что есть люди, не попадающие под этот эффект вовсе.

Для проектной практики ИТ можно дать такой пример: когда решается задача расценки некоторого пула работ, то на каждую работу дается некая оценка. Но если перед расценкой в качестве элемента процедуры расценки задавать вопрос, к какой категории каждая из работ относится, и с этой категорией есть возможность ошибиться, то у части сотрудников оценка может поменяться. Интересно заметить, что в соответствии с примером Ван и Бусемейера знак изменения должен меняться от роли, которую расценивающий имеет в процедуре, так, чтобы уменьшать «ущерб»: разработчик должен бы занижать оценку относительно оценки без категоризации, а руководитель проекта – завышать. Строгого исследования на данную тему не проводилось. Но имеющиеся наблюдения показывают, что такое действительно случается и действительно может иметь именно такое направление изменений.

Шаблон учитывает историю: искажений во втором решении не будет, если нет неопределенности с правильностью категоризации.

Завершая блок эффектов, рассматриваемых квантовой теорией принятия решений, отметим работу Ван, Бусемейера и Де Бюи [177], где используется модель квантовой запутанности веры (убежденности, доверия ЛППР к собственным решениям) и действия. Вере как самостоятельному фактору, влияющему на принятие решений, далее будет уделено значительное внимание, и работа [177] также обращается к этой теме, хотя и в рамках несколько иного подхода.

### **Эффекты, описанные Ричардом Талером**

#### *Эффект владения [57, 73, 97]*

Использование эффекта рассчитано на то, что, взяв что-то в руки, человек с трудом с этим расстанется. В сегменте работы с физическими лицами продавцы этим пытаются пользоваться, например, предлагая подержать в руках конверт с банковской карточкой. Но, поскольку коммерческие организации рациональнее отдельных людей, в реалиях ИТ-проектов, скорее, проявляется обратная сторона

эффекта. Надежда, что заход с маленькими работами и с демпингом обеспечит будущие продажи больших проектов по хорошей ставке, редко оправдывается.

Шаблон учитывает историю: сначала должен быть факт «владения».

Важный момент. До сих пор рассматривалась индивидуальное поведение людей, а разница между поведением индивидуальным и поведением организационным не проявлялась. ЛПР в организациях вели себя как люди, принимающие индивидуальные решения. Но в примере с закупками эта разница проявляется, и это влияет на решение «от лица организации». Цель коммерческих организаций – получение прибыли. Это и позволяет утверждать, что коммерческие организации рациональнее отдельных людей, потому что в экономическом смысле эта цель строго рациональна. Для достижения этой цели в системе принятия решения внутри организации, помимо ЛПР как индивидуумов, есть также другие объекты и связи. Поэтому здесь примем во внимание, что фактор – а кто ЛПР – человек или система – тоже влияет на принимаемое решение.

*Эффект ментальной бухгалтерии [57, 73, 97]*

Описывается автором так, что регулярные доходы идут на регулярные расходы, а вот случайный доход может быть истрачен на предметы роскоши: легкие деньги легко тратить. Это касается не только денежных ресурсов. Например, если заявлены работы в выходные дни или в праздники для выполнения какой-то особой работы (не характерной для рутинного процесса), и нет шанса этого избежать, сделав все на буднях, то часто наблюдается следующее поведение:

- Работа в будни ограничивается рутинной, все работы, связанные с работой на выходных, откладываются до выходных.
- Работа в выходные ограничивается только заявленной работой. Даже находясь в офисе и имея излишки времени, очень немногие сотрудники, привлеченные к работе в выходной день, занимаются еще и повседневными задачами.

Шаблон учитывает историю: искажений в поведении не будет, если работы в выходные – это обычная практика.

### **Канеман и Тверски, искажения, связанные с эвристикой репрезентативности**

#### *Игнорирование априорной вероятности*

В источнике [152] приводится пример, что в местности, где фермеров гораздо больше, чем библиотекарей, вероятность того, что произвольно выбранный «Стив» будет фермером, априорно пропорциональна их соотношению. Тем не менее, если описание «Стива» больше похоже на описание библиотекаря, может быть принято решение, что более вероятно, что «Стив» – библиотекарь.

Пример из проектной практики: априори вероятность согласовать документацию по проекту в сжатые сроки тем ниже, чем крупнее заказчик. Но, когда бизнес-процессы крупного заказчика похожи на процессы маленьких компаний, возникает иллюзия о том, что более вероятны короткие сроки согласования. Иллюзия не оправдывается: согласующих на каждый документ в крупной компании будет много, а примитивизация процесса согласования и отсутствие регламентов не ускорят процесс, а, напротив, застопорят.

Шаблон учитывает историю: ее частью является передача бесполезной информации о том, что у крупного заказчика система согласования максимально простая.

#### *Игнорирование размеров выборки*

Для маленьких выборок более значимые отклонения оценок их статистических характеристик от средних значений должны встречаться гораздо чаще, чем для больших; тем не менее, обычно принято считать, что и маленькие и большие выборки дают одинаковые средние значения.

В проектной практике это, например, проявляется как ожидание того, что команда специалистов из крупной компании будет соответствовать среднему уровню компании, независимо от размеров команды, но это не так. Чем меньше

команда, тем вероятнее получить команду со средним уровнем компетенций значительно выше или ниже ожидаемого.

Шаблон учитывает историю: ожидания о средних по компании компетенциях.

#### *Неверные представления о шансах*

Ожидается, что существенные характеристики случайного процесса будут представлены в каждой его части, как бы мала ни была выборка. Такое неверное представление авторы иллюстрируют ошибкой игрока: иллюзией о том, что после длинной последовательности выпадения «красного» в рулетке – более вероятно «черное».

В проектной практике, например, если разработчик выделен на проект на 50%, это не означает, что он будет работать на проекте ежедневно по 4 часа или ровно по 20 часов в неделю. Верно и обратное: для разработчика в таких условиях тоже не гарантирована равномерная загрузка и равномерный, а не рваный ритм работы. Но если в назначении нет ошибки, то за длительный период окажется, что да, загрузка составит около 50%.

Шаблон учитывает историю: ранее имевшие место последовательности.

#### *Игнорирование предсказуемости*

Авторы приводят пример прогнозов будущего компаний, сделанных на основании благоприятности описания: без учета надежности доказательств и точности прогнозов.

Пример такого поведения хорошо иллюстрируют случаи, когда компании-заказчики для решения частных технических проблем выходят напрямую на экспертов со словами «подключитесь, посмотрите, мы готовы заплатить». Благоприятность состоит в том, что обычно это делают через посредников – знакомых. Предсказуемость состоит в том, что, если компания-заказчик ищет эксперта напрямую, это уже значит, что она не готова платить по ставкам сегмента B2B. При негарантированном результате работы игнорирование такой предсказуемости, скорее всего, обернется работой, которая не будет оплачена.

Шаблон учитывает историю: нужна история общения с посредником.

### *Иллюзия валидности*

В исходном материале шаблон иллюстрируется уверенностью в прогнозах, полученных на собеседовании при трудоустройстве, несмотря на известные данные о ненадежности собеседований.

В проектной практике можно видеть примеры уверенной расценки трудоемкости даже очень крупных работ, основанной только на схожести описания задач. Основа уверенности – только хорошее совпадение структуры запроса и прогноза. Ни надежность описания, ни отсутствие данных об особенностях заказчика в расчет не берутся.

Шаблон учитывает историю: нужны «похожие задачи» в прошлом.

### *Неверные представления о регрессии*

В исходном материале неверное представление иллюстрируется переоценкой эффективности наказания и недооценкой эффективности поощрения в случае регрессии к среднему. Показано, что при таком среднем уровне, при котором неизбежно некоторое количество ошибок (речь об обучении пилотов-курсантов), после безошибочного исполнения задания более вероятен возврат к ошибкам и наоборот, после большого количества ошибок в исполнении задания более вероятно их снижение.

Среди ИТ-служб, служба, при работе которой случаются ситуации, где нет гарантированных решений и неизбежны ошибки – это работа техподдержки. Поэтому там тоже наблюдается регрессия к среднему, а также встречается установка, что сотрудников нельзя хвалить, потому что после похвалы сотрудник расслабляется и начинает делать ошибки. Сотрудники, чувствительные к похвалам и критике, поэтому либо уходят из техподдержки, либо вырабатывают нечувствительность к ним. Сотрудники, у которых длительное время подряд идут удачные расследования инцидентов, начинают бояться работы: к ним незримо повышается планка требований «без права на ошибку».

Шаблон учитывает историю: всегда речь идет о нескольких событиях.

## **Канеман и Тверски, искажения, связанные с доступностью информации**

### *Ошибки, связанные с легкостью вспоминания*

Авторы показали [152], что для списка, включающего мужчин и женщин, в котором женщины более известны, опрошенные указывают, что женщин больше. В случае, когда более известны мужчины, респонденты, напротив, отвечают, что в списке больше мужчин.

В проектной практике такие ошибки хорошо заметны, когда технический специалист проводит собеседования при выборе исполнителя на задачу. В этих случаях вопросы очень часто оказываются связаны с той работой, которую собеседующий выполняет сейчас или выполнял недавно: именно этот класс задач сейчас представляется ему наиболее многочисленным и востребованным. На самом деле эти задачи вне его текущего проекта могут встречаться крайне редко. Обратная сторона медали – сотрудник, ответивший на вопрос, сразу расценивается как высококвалифицированный.

Шаблон учитывает историю: ранее изученные образы и задачи.

### *Ошибки, связанные с поисковой установкой*

Авторы приводят пример, в котором субъективные оценки противоречат фактическим данным просто из-за того, что поисковая установка для одной из альтернатив существенно сложнее, чем для другой. В их примере, количество слов, в которых буквы *r* и *k* находятся на третьем месте, субъективно оценивается ниже, чем количество слов, в которых они же находятся на первом месте, хотя на деле – наоборот.

Проявления этих ошибок следует искать в тех областях, где плохо с эффективностью поиска. Например, во многих ИТ-компаниях стоит вопрос переиспользования наработок программного кода и конструкций метаданных. Однако часто попытки организовать такую базу знаний оканчиваются ничем. Не получается решить две ключевые задачи: заставить сотрудников вносить наработки в базу и заставить сотрудников использовать наработки. Первая проблема иногда решается директивно, а нередко – собственные решения

дополняются чужими. Но вскоре эти хранилища превращаются в несортированные и неиндексированные кучи, по которым поиск возможен только перебором. Это корень проблемы для второй задачи: из-за сложности поиска количество подходящих обработок субъективно оценивается как нулевое. Если вторую задачу не удастся решить, база знаний в текущем виде умирает.

Шаблон учитывает историю: сперва – попытка представить поисковую процедуру

*Ошибки «возможности такое себе вообразить» (Imaginability)*

«Imaginability» переводят так: «вообразимость», способность к представлению образов.

Такие ошибки связаны с тем, что объекты, которые проще вообразить, предстают как представители более многочисленного класса, чем те объекты, которые вообразить сложнее. Авторы описывают ситуацию, когда испытуемые, давая навскидку оценку количества непересекающихся комитетов по 2 человека из 10 потенциальных участников, завышают ее. Но те же испытуемые занижают оценку для комитетов по 8 человек из 10 возможных. Сложно представить, что математически эти количества равны между собой.

Пример из проектной практики таков: при прочтении технического задания сложности в реализации функционала из незнакомой предметной области не рассматриваются как значимые, пока дело не доходит до реализации. Их сложно представить, поэтому их автоматически относят к более многочисленному классу проблем, которые решаются просто, стоит лишь разобраться с постановкой.

Шаблон учитывает историю: до решения делается попытка вообразить объекты.

*Иллюзорная корреляция*

Авторы отмечают, что суждение об одновременности событий связано с тем, насколько события друг с другом ассоциируются: чем сильнее ассоциация, тем чаще, по мнению, людей, события происходят одновременно, как молния и гром или как транзакции и блокировки в информационных базах 1С. Сами авторы рассматривают иллюзию связи мании преследования с формой глаз, потому что

вообще мания преследования сильнее ассоциируется с глазами, чем с чем-либо еще.

На деле с транзакциями и блокировками все не так просто, потому что в 1С-системах есть как транзакционные, так и не-транзакционные (объектные) блокировки. Это два разных механизма: транзакционные блокировки организуют очередь для транзакций к неким пространствам ресурсов базы, а объектные – очередь для пользовательских соединений к конкретным элементам данных базы (и в транзакции, и вне оной). Но ассоциация настолько устойчива, что техподдержка, а тем более пользователи – любой конфликт блокировок связывают с транзакциями. С этим борются, например, убирая из сообщений о коллизиях объектных блокировок слова, однокоренные с «заблокирован».

Шаблон учитывает историю: до решения уже есть некоторая ассоциация.

**Канеман и Тверски, искажения из-за эффекта привязки и из-за корректировок**

*Недостаточная корректировка*

Авторами [152] недостаточная корректировка относительно значений привязки приводится по примерам быстрого вычисления  $1*2*3*4*5*6*7*8$  и  $8*7*6*5*4*3*2*1$ : показано, что среднее предположение по первому произведению меньше, чем по второму.

Частой задачей на проектах является быстрая оценка трудоемкости разработки. При наличии привязок оценка может оказываться зависимой от уже сделанных оценок: если срок разработки по уже расцененным работам составляет по несколько дней, то и следующие оценки работ схожего масштаба окажутся примерно на том же уровне. Они не уменьшатся до пары часов и не разрастутся до месяцев, выбиваясь из общего ряда.

Шаблон учитывает историю: перед решением формируется привязка.

*Ошибки при оценке конъюнктивных и дизъюнктивных событий*

Следуя авторам, оценки, которые дают опрошенные, не уходят далеко от вероятностей каких-то отдельных событий из всей совокупности. Но поскольку в случае «И» полная вероятность падает, а в случае «ИЛИ» – растет, то для

конъюнкции она будет переоценена, а для дизъюнкции – недооценена (корректировка не будет достаточной).

Пример: сами авторы показывают, что существует тенденция к неоправданному оптимизму в отношении успешного завершения событий, составляющих последовательную цепочку работ, таких как проект. Пример дизъюнктивного события: недооценка вероятности сбоя при прохождении демонстрации функционала на непроверенной площадке. Те, кто с этим сталкивался, знают, что на непроверенной площадке функционал опасно показывать вживую: правильнее записать ролики.

Шаблон учитывает историю: перед решением формируется привязка к вероятности каких-то отдельных событий.

*Эффект привязки при оценке распределения субъективных вероятностей*

Авторы пишут, что эксперты, которым требовалось оценить мнение индекса Доу-Джонса в отдельно взятый день в форме распределения вероятности (например, чтобы в 1 случае из 10 среднее значение индекса не превышало это число), в 30% случаях имели системно проявляющиеся ошибки. Это касалось как опытных экспертов, так и начинающих. В одной из процедур для эксперта в качестве отправной точки служили максимально оптимистичные оценки, которые корректировались, но все равно оценка оказывалась излишне экстремальной. В другой процедуре в качестве отправной точки были «равные шансы» (50 на 50), и тогда оценка оказывалась излишне консервативной.

Аналогичным образом это должно влиять и на схожие сущности в проектной деятельности. Вероятность продажи работ, идущая от лучшей оценки – от 100%ного успеха – должна оказываться завышенной. Вероятность продажи работ, процедурно идущая от равных шансов – должна оказаться излишне консервативной. Это же относится и к субъективным вероятностям в оценках рисков. Но так ли это – исследования впереди.

Шаблон учитывает историю: перед решением формируется привязка.

## Шаблоны Шиллера и Акерлофа

### *Фактор историй*

Шиллер [6] описывает фактор историй, которые ЛПР сами себе сочиняют и рассказывают. Он описывает шесть вариантов историй:

- в которой кому-то дарят подарок, и следует подарить подарок в ответ;
- в которой кому-то кто-то симпатизирует или не симпатизирует;
- с проявлением уважения к власти;
- про нахождение в умном, компетентном и хорошо информированном обществе; либо про соответствие/несоответствие социальным нормам.
- про логичность и последовательность собственных решений ЛПР;
- где кто-то мог что-то потерять, в итоге потерял или не потерял.

Среди перечисленных наиболее значима история про логичность и последовательность собственных решений ЛПР. Во-первых, она может даже привести к ситуации, когда при неопределенности ЛПР принимает управленческое решение на основе генератора случайных чисел. Главное – суметь логично и последовательно обосновать в рамках существующей реальности то, что ему выдал генератор.

Во-вторых, она наиболее критична для технических ИТ-специалистов, перешедших на управленческие задачи. При переходе с технической работы на управленческую, согласно ранее сформированным критериям успеха, технический специалист логично и последовательно для самого себя будет экспериментировать и в управлении. Такие решения всеми, кроме самого ЛПР, могут восприниматься как иррациональные.

Шаблон про истории учитывает историю в явном виде.

Помимо историй, Акерлоф и Шиллер [7] выделяют следующие факторы, приводящие к иррациональному поведению: *доверие, справедливость, злоупотребления и недобросовестность, денежная иллюзия*. Из них важен фактор *доверия*. Он сложен и имеет много сторон. Фактор может работать и по своей прямой, и по своей обратной стороне, например, доверчивый человек начинает сознательно отвергать определенную информацию, в том числе – игнорировать

экономические факторы. Это также важно для технических специалистов, перешедших на управленческие позиции. На инженерной позиции требуется опираться на надежные данные, а экспериментальные данные от работы механизмов надежнее описаний от пользователей. Но при решении управленческих задач практика отбрасывать не вполне надежные источники приведет к проблемам в коммуникациях и потере управления. Сложно общаться с теми, кому в чем-то не доверяешь, но и управление без коммуникаций невозможно.

Шаблон учитывает историю: историю обретения, изменения или утраты доверия.

### **3.5. Фактор «второго ЛПР». Данные индикативных опросов**

Выше отмечалось, что коммерческие организации должны быть гораздо рациональнее отдельных людей. Хотя бы в силу цели своего существования: получения прибыли. Процедуры и правила, характерные для коммерческих организаций, обычно на приемлемом уровне защищают организации от внешних проявлений иррациональности. Тем не менее иррациональное поведение в организациях также имеет место. Во-первых, решения в организациях могут быть приняты в обход процедур и правил, а во-вторых, есть еще одна причина.

Эта причина состоит в факторе второго ЛПР. В бизнес-литературе ее описал, например, Манн [64], в форме «лица, действительно принимающего решения» (ЛДПР).

Подчеркнем, что и индивидуальные решения могут приниматься с учётом мнения других лиц. Однако при индивидуальном принятии решения субъект является единственным ЛПР. В организации же таких лиц может быть несколько, и вопрос о том, кто именно примет окончательное решение, остаётся открытым.

Упомянутый случай с конкурсом [107] представляет собой пример второго ЛПР.

Если в процессе принятия решения появляется второе ЛПР, и в решениях присутствуют истории, то история, связанная с решением, у каждого ЛПР будет своя, тем более что ЛПР могут не взаимодействовать между собой. Кроме того, указанные истории следует отличать от истории, фиксируемой внешним наблюдателем.

Важность фактора второго ЛПР также была подтверждена по результатам опросов.

Первый опрос проводится среди технических ИТ-специалистов. Нужно было выбрать один-два варианта из фиксированного списка ответов на вопрос: «Вас просят решить сложную технологическую проблему. Вы понимаете, что возможно, проблему решит иррациональное решение, которое, возможно, остальными окажется непонятым и, возможно, не может быть реализовано имеющимися ресурсами».

Всего было получено 22 анкеты. Вариант «Все равно будете проводить смелые эксперименты в рабочее и личное время, чтобы экспериментально доказать свою правоту – не понимают вас сейчас, поймут в будущем» суммарно указан в 24% случаев.

Второй опрос включал также управленцев ИТ-компаний. В него был добавлен вопрос с аналогичными вариантами ответов, но еще и для управленческой проблемы, помимо технологической. Тоже нужно было выбрать один-два варианта из списка.

Всего была получена 21 анкета. На вопрос про технологическую проблему, из общего количества ответов вариант «экспериментировать в том числе за свой счет» – указан в 36% ответов. На вопрос про управленческую проблему – в 23% ответов:

Индикативно результаты опросов проявили и подтвердили тот факт, что в значимом количестве случаев специалисты и управленцы в ИТ-компаниях менее ориентированы на предсказуемость решения и будут экспериментировать в том числе за свой счет при решении как технических, так и управленческих проблем.

Это означает, что в системе появляется второе ЛПР, что приводит к альтернативно-обоснованному поведению уже не на индивидуальном, а организационном уровне. Кроме того, это показывает, что в ИТ-компаниях в значимом количестве есть специалисты и даже управленцы, не считающие рациональное поведение обязательным, что, в общем и целом, подтверждает актуальность проводимого исследования.

### **3.6. Ключевые факторы альтернативно-обоснованных решений и их системно-значимые атрибуты**

Анализ шаблонов и эффектов показывает, что из всех факторов – для ЛПР в ИТ-компаниях существенными, оказываются три: фактор истории, вопросы доверия, и фактор второго ЛПР. У обоснования выбора именно этих факторов – много граней, повторим наиболее острые. Кроме того, именно эти факторы – наименее предсказуемы. И именно эти факторы наиболее важны в ИТ-компаниях.

*История:* можно отметить, что во всех шаблонах альтернативно-обоснованного поведения есть история. Принятие рациональных решений, напротив, происходит без учёта предыстории, что соответствует марковскому принципу отсутствия памяти. Рассматривая управленческие решения, принятые техническими специалистами, можно заметить, что они принимаются согласно практике, приводившей к успеху на инженерной, на технической работе. На такой работе успех и известность часто приходит к тем, кто действует автономно или применяет нетрадиционные подходы, кто экспериментирует в рабочее и личное время – и это встречается достаточно часто. Добившись известности и перейдя на управленческую должность, такой технический специалист логично и последовательно для самого себя, но не для окружающих, будет использовать такую историю успеха и в управлении.

*Доверие:* доверяют исполнителю в том, что он выполнит работу качественно и в срок, про него еще пойдет речь ниже. Здесь же отметим, что у многих экспертов есть сложившаяся привычка не доверять людям, не являющимися

признанными авторитетами, поскольку их описания неточны, плохо структурированы и ненадежны. На технической работе это есть возможность компенсировать, получив собственные экспериментальные данные. Но при решении управленческих задач таких возможностей почти нет, а практика лишать ненадежные источники информации кредита доверия вообще во всех вопросах приводит к проблемам в коммуникациях, к конфликтам и к неуправляемой ситуации. Собственные же экспериментальные данные, если их сбор на управленческой позиции удастся, могут в силу непонимания происходящих процессов быть неверно интерпретированы, что не восстановит доверие, а, напротив, еще больше его подорвет.

*Второе ЛПР:* привычка такого экспериментатора действовать автономно и принимать решения вне утвержденных процедур (а у технических специалистов таких возможностей больше, чем у управленцев) означает и еще одно: что в системе появляется второе ЛПР, что приводит к иррациональному поведению уже не на индивидуальном, а организационном уровне. Дополнительно эта привычка усиливается фактором гиперквалификации, появившимся из-за смены должности: позиция управленца не обязывает к наличию развитых навыков программирования или построения технической архитектуры. Некоторые управленцы, пришедшие из ИТ-специалистов, быстро прекращают использовать ранее приобретенные технические навыки. Но некоторые – продолжают их использовать, как свою сильную сторону. Отметим, что раз проявляется гиперквалификация, то может иметь место и пониженная лояльность к решениям проектного или другого ближайшего к сотруднику менеджмента, что также может стать триггером к принятию самостоятельных решений.

Здесь же приведем цитату Никколо Макиавелли. 500 лет назад он писал [62]:

*«судьба распоряжается лишь половиной всех наших дел, другую же половину, или около того, она предоставляет самим людям ... Ибо мы видим, что люди действуют по-разному, пытаясь достичь цели, которую каждый ставит перед собой, то есть богатства и славы: один действует осторожностью,*

*другой натиском; один – силой, другой – искусством; один – терпением, другой – противоположным способом, и каждого его способ может привести к цели.... Зависит же это именно от того, что один образ действий совпадает с особенностями времени, а другой – не совпадает. Поэтому бывает так, что двое, действуя по-разному, одинаково добиваются успеха, а бывает так, что двое действуют одинаково, но только один из них достигает цели... И нет людей, которые умели бы к этому приспособиться, как бы они ни были благоразумны. Во-первых, берут верх природные склонности, во-вторых, человек не может заставить себя свернуть с пути, на котором он до того времени неизменно преуспевал»*

Если ЛПР действует так, как будто сам за себя выполняет функцию второго ЛПР, ситуация может приобретать характер организационного эксцесса. В одной из компаний, относящихся к 1С-сообществу, активно развивалась концепция выстраивания управленческих команд по методологии Ицхака Адизеса [3]. Один из топ-менеджеров компании после посещения тренинга и самостоятельно проведенного исследования логично и последовательно в рамках новообретенного знания уволил половину своих подчиненных, потому что они не подходили под нужный ему баланс. Он не смог свернуть с пути, на котором преуспел на тренинге.

Иррациональные (альтернативно-обосновывающие) факторы нужно как-то измерять и откуда-то отсчитывать. История может развиваться только в одну сторону, а вот доверие может расти и снижаться, появляться и исчезать. Для него нет абсолютных единиц измерения, но можно применить относительные. Поэтому доверие выбираем как меняющийся не рациональный фактор, и для него будем хранить историю его изменения. Доверять исполнителю будем в том, что он выполнит работу качественно и в срок.

Доверие в организациях рассматривается в контексте организационного поведения.

Б.З. Мильнер в уже рассматривавшейся работе «Теория организации» [67] показывает природу и роль доверия, виды и источники доверия, доверие как

непременное условие эффективности управления, принципы установления доверия. Вопросам доверия посвящена и другая его работа [68], также этому был посвящен круглый стол с его участием [40].

П.Н. Шихирев [128] раскрывает понятие доверия как морально-психологическую основу для сотрудничества, которая образуется, с одной стороны, через уязвимость доверяющего перед партнером, через оптимизм доверяющего и надежду на лучшее в человеке, а с другой стороны, через обязательство партнера доверяющего человека выполнить свой долг.

На более крупном уровне: заказчики, как внешние, так и внутренние, могут формировать такие же мнения о командах исполнителей.

Необходимыми предпосылками доверия Б.З. Мильнер отмечает [67, стр. 250] порядочность, компетентность, справедливость, честность, последовательность, лояльность и открытость. Также он [67, стр.255] приводит мнение Г. Минцберга и Д. Куинна [162] о перечне «символов веры», вокруг которых объединяется персонал. Это: качество, забота о покупателях, непрекращающееся совершенствование, вовлеченность в общие дела и планы, партнерские отношения с дилерами и поставщиками, бескомпромиссная честность.

Чаще всего (и Мильнер не исключение) рассматривается доверие только «в одну сторону»: доверие работников к руководителям. Есть необходимость явно расширить этот подход и в обратную сторону: на доверие руководителей к исполнителям. Конечно, в организациях с жесткой структурой, от исполнителя, которому не особенно можно доверять, постараются избавиться. Но в ИТ-компаниях в условиях проектного или матричного формирования команд, у разных РП могут быть собственные несовпадающие мнения. Эти мнения могут быть как о том, стоит ли доверять работу конкретному исполнителю, так и о том, какую работу ему можно доверить, а какую – нет.

Доверие может влиять не только на выбор исполнителя, но и на выбор продукта. Например, на 9-й международной конференции «Решения 1С для корпоративных клиентов» (июнь 2023 г.) в докладе директора по ERP-решениям

1С Алексея Нестерова «1С:Корпорация» и комплексы отраслевых решений для цифровизации бизнеса, статистика миграции с зарубежного ПО» [77, слайд 15], «доверие» как критерий есть в явном виде среди аргументов при выборе решения о переходе на отечественное ПО.

Следовательно, уточним понятие «веры».

В рамках текущей работы, «вера», «вера в исполнителя» – это синоним «доверия», это вера, что исполнитель выполнит работу качественно и в срок, она может быть как подкрепленной фактами, так и иллюзорной.

Если рассматривать веру и доверие, то в их шкалировании помогут такие понятия как «Кредит доверия» и фактор «Свой» – «Не свой» – «Чужой».

Кредит доверия, по своей сути, определяет количество ошибок, которое может совершить исполнитель, прежде чем утратит доверие и станет не просто «не своим», а «чужим». У «своих» есть кредит доверия, у «не своих» он в явном виде отсутствует, но с ними работают, «чужие» кредита доверия лишены и с ними не работают. Также кредит доверия может быть обретен, тогда исполнитель станет «своим».

В качестве базовых границ шкалы можно принять следующее:

- У «своего» обычно есть возможность совершить 3-4 ошибки (обычно три, а четвертая – решающая).
- У «не своего» прав на ошибку меньше, вплоть до единственной попытки.
- Обретение кредита доверия из состояния «не свой» обычно происходит или сразу, за одну попытку, или также за 3-4 испытания или обращения.

Именно эти попытки успеха или ошибки и можно считать, и тогда можно понять, какое решение будет принято, если знать начальное состояние и верно оценивать скорость изменения доверия.

Примеры утраты кредита доверия:

- А. Азимов [4]: «Ни один служащий не совершает дважды одну и ту же ошибку. Его увольняют после первого раза» (служащий – не-свой).

- Л.Н. Толстой [104]: «Мальчик стерег овец и, будто увидав волка, стал звать: «Помогите, волк! волк!» Мужики прибежали и видят: неправда. Как сделал он так и два и три раза, случилось – и вправду набежал волк» (мальчик – свой).

- Из неписанных правил антикризисного управления: «Первый раз – ошибка, второй – система, третий – повод расстаться».

- О. Генри [34]: «вора в друзья не возьмешь, но и друга так сразу в воры не разжалуешь» (переход из своих в чужие и в обратную сторону не происходит одномоментно).

Примеры обретения кредита доверия:

- К. Фурнье [122]: надо не стесняться повторов и несколько раз приходиться к руководству, если вопрос действительно важный. Чаще всего требуется три попытки, чтобы процесс был инициирован («не-свой» вопрос для руководства).

- Из неписанных правил антикризисного управления: «Мы платим за услуги подрядчикам после третьего обращения» («не-свой» вопрос, но и не «чужой»).

Рассматривая понятие доверия, необходимо явно обозначить дистанцирование от теории Демпстера-Шафера [49], использующей функцию доверия как важную часть фундамента теории. Хотя указанная теория связана с принятием решений, она занимается вычислением вероятности события, а в текущей работе рассматриваются детерминированные ситуации.

Также дистанцируемся от работ, использующих подход «Trust-based Decision-making» (принятие решений, основанное на доверии), см. например, [183]. Это требуется сделать во избежание терминологической путаницы, т.к. данный подход решает иную задачу: он посвящен делегированию принятия решений на исполнительное звено, а не выбору исполнителя.

По итогам рассмотрения алгоритмов альтернативно-обоснованных решений можно дать рекомендации – что делать в условиях роста вероятности таких решений, а тем более – при их системном проявлении:

- Изучить шаблоны альтернативно-обоснованного поведения. Научиться видеть их в текущей деятельности, в уже принятых и в потенциально возможных решениях. Как было показано, типовые шаблоны имеют общие признаки, общие значимые факторы и общие шаги развития процесса.

- Включить эти общие шаги развития процесса в моделируемые алгоритмы. История присутствует во всех шаблонах альтернативно-обоснованного поведения. Следовательно, чтобы моделировать альтернативно-обоснованное поведение, нужно моделировать историю.

- Отслеживать ситуации, когда происходит выдача или лишения кредита доверия. В таких ситуациях принимаемые решения перестают повторять предыдущие. Для такого отслеживания также требуется хранить историю, как кредита доверия, так и собственно доверия (веры).

- Если в контуре принятия решения есть технические специалисты хорошего уровня, а возможно, и гиперквалифицированные, которые имеют возможность принять собственное решение, то их отношение к ситуации также следует отслеживать. Если они привыкли и имеют возможность действовать автономно, то они могут внести в систему фактор второго ЛПР.

Шаблоны альтернативно-обоснованного поведения и возникновение узких мест в организационных системах связаны следующим образом. Конкретный исполнитель, ставший узким местом на критическом пути производственного или проектного процесса, мог оказаться там именно вследствие альтернативно-обоснованного решения. Его туда мог определить проектный менеджер, который по шаблону «административное поведение» просто не стал рассматривать другие альтернативы. Его могут держать на задаче вследствие «эффекта владения»: если «тянет», то зачем менять. Наконец, исполнитель мог и сам взять на себя работу вследствие излишней самоуверенности, своей истории успеха, или того, что доверяет только себе.

Конечно, узкие места могут возникать и из-за чисто рациональных решений (например, желания сделать работу подешевле). И альтернативно-обоснованное решение ситуативно может оказаться лучше прочих, или же, по крайней мере, оно

может оказаться хотя бы приемлемым, то есть его последствия не приведут к созданию узких мест. Но чтобы альтернативно-обоснованное решение не оказалось неожиданным, непредсказуемым – его надо анализировать наряду с остальными. То есть, нужно моделировать его само, моделировать его последствия, считать эффективность и учитывать риски.

Далее показана предлагаемая операционализация и инженерная интерпретация описанных подходов.

По результатам представленного выше анализа выделены ключевые факторы альтернативно-обоснованного решения:

- бинарный: «второе ЛПР»;
- слабо формализованные: история, доверие.

Системно-значимые атрибуты выделенных ключевых факторов могут быть формализованы и интерпретированы следующим образом:

- «Второе ЛПР»: при ответе «Да» – требуется анализ решения в независимом пространстве принятия решений;
- для слабо формализованных факторов можно выделить измеримые переменные: *«Есть история»: да/нет* – бинарная переменная и *«Кредит доверия» (есть / не выдавался и не утрачивался / утрачен)* – категориальная переменная, связанная с категорией «Свой – Не свой – Чужой»; влияет на скорость изменения доверия.

Переменные позволяют использовать факторы как входные параметры и как правила в моделях.

Интерпретация истории может быть представлена как траектория в пространстве решений каждого из ЛПР.

Доверие интерпретировано как порядковая переменная на ограниченном непрерывном пространстве с положительными, отрицательными значениями и нейтральным нулем в центре.

Таким образом, в задаче построения модели системы, в целом все еще слабо формализованной, появляются хорошо формализованные элементы.

### 3.7. Заключение по третьей главе

Получен научный результат, обладающий новизной. Проведен анализ и содержательное переосмысление шаблонов альтернативно-обоснованных решений. Выявлены системно-значимые атрибуты слабо формализованных гуманитарных понятий (истории, доверия) и фактора второго ЛПР в контексте управления организационными системами, выполнена их операционализация и инженерная интерпретация для цифровых двойников организационных систем.

Результат имеет теоретическую и практическую научную значимость.

Теоретическая значимость:

- Выявлены системно-значимые атрибуты слабо формализованных гуманитарных понятий, применяемых к индивидуальному поведению и не учитываемых в моделях рационального принятия решений в организациях, выполнена их операционализация и инженерная интерпретация.

- Эта операционализация позволила научно обоснованно перейти к построению математической модели принятия решений, включающей поведенческие аспекты.

Практическая значимость:

- Концепция операционализирует и теоретически обосновывает практику комитета по стратегическим инвестициям российской ИТ-компании «IBS»: при оценке заявок исключаются субъективные критерии – личность инициатора, его прошлые достижения.

- Материалы о влиянии альтернативных факторов на принятие управленческих решений в ИТ-компаниях внедрены во внутреннюю программу повышения квалификации управленческих кадров.

В прикладном аспекте полученный результат послужил научным обоснованием и непосредственной основой для построения математической модели, представленной в четвертой главе, поскольку он концептуально связал теорию и практику.

## **Глава 4. Описание визуальной и математической моделей**

### **4.1. Введение к четвертой главе**

В четвертой главе решается четвертая научная задача, а именно – разработка модели, использующей в том числе ранее формализованные в работе параметры и факторы принятия решений, не учитываемые в рамках рационального подхода, и позволяющей перейти к технической реализации воспроизведения управленческих решений.

### **4.2. Обзор классических методов принятия решений**

Прежде чем рассматривать алгоритмы альтернативно-обоснованных решений, рассмотрим методы принятия рациональных решений. Их рассматривает классическая теория принятия решений.

Будем опираться в описании вопроса на монографию В.В. Бомаса с коллегами [21].

В классической теории принятия решений важное место занимает метод критерия эффективности. Он предполагает, что при управлении любым объектом или системой, в том числе организацией, необходимо сформировать критерий, по которому можно будет:

- либо выбрать одно из решений/управлений (оптимальное по максимуму или минимуму, в зависимости от постановки задачи);
- либо упорядочить решения/управления по значениям критерия.

Критерий может быть скалярным (представлять собой одну точку на линии) или векторным (представлять точку в многомерном пространстве). Таким образом, многокритериальный выбор имеет дело с выбором или упорядочением точек в многомерном пространстве.

В.В. Бомас указывает, что текущее развитие математики не дает решения задачи о том, как сравнивать векторы (за исключением отдельных частных случаев). Поэтому нужно:

- или как-то свернуть вектор в число, скаляризовать его – и выбирать оптимальное управление, ориентируясь на это число;
- или обратиться к нестрогому выбору, учитывая, что получаемые таким образом решения, в общем случае, не являются оптимальными – их называют подходящими, приемлемыми.

Отметим, что В.В. Бомас, рассматривая аппарат классической теории принятия решений, описывает именно решения рационально действующего ЛПР.

### **Методы для детерминированных ситуаций.**

Для детерминированных ситуаций В.В. Бомас описывает следующие методы многокритериального выбора:

*Во-первых, ведущие к формальной свертке в число:*

- Главный критерий: все компоненты векторного критерия, кроме одной (главной) либо вовсе отбрасываются, либо принимаются только как ограничения. Свернутый критерий представляет собой значение единственной компоненты при ограничении на прочие.

- Взвешенная сумма. Наиболее часто применяется следующий вариант: каждой компоненте критерия дается определенный вес (условие нормировки весов – сумма весов равна 1), сами компоненты ориентируются в одно направление и нормируются относительно диапазона их изменения (условие нормировки компонент – приведение к значению от 0 до 1, 1 – наилучшее значение). Свернутый критерий представляет собой сумму произведений значений каждой компоненты на ее вес. Веса (важности) компонент могут назначаться непосредственно или с помощью метода парных сравнений.

- Как расширение метода взвешенной суммы в другой, более поздней работе [22] В.В. Бомасом указан метод ПРИНН [82].

- Критерий «эффективность – стоимость» – это наиболее часто применяемый вариант мультипликативной свертки. Свернутый критерий

представляет собой эффективность, что бы под ней не понимали, деленную на стоимость. В менеджменте [91] этот критерий принял форму: «результат, деленный на ресурсы». Критерий «эффективность – стоимость» широко применяется на практике; однако его использование в качестве единственного критерия выбора может приводить к стратегически значимым ошибкам. Кроме того, метод содержит неявную функциональную асимметрию, потому что эффективность и затраты в нем находятся в неравных условиях: зависимость от эффективности – линейная, а от затрат – гиперболическая. Метод предпочитает дешевые решения, но увеличение затрат на дешевые решения не эквивалентно увеличению затрат на дорогие. Частично это купируется путем введения ограничений как на эффективность, так и на стоимость.

- Метод «Идеальной точки». Одна из точек в многомерном пространстве принимается за «идеальную» – в ней все компоненты векторного критерия имеют наилучшие значения. Свернутый критерий представляет собой расстояние от текущей точки до идеальной.

- Медиана Кемени – первый подход. На конечном множестве альтернатив каждый эксперт ранжирует альтернативы, затем вычисляется некоторое среднее ранжирование, которое минимально отклонено от остальных. В качестве свернутого критерия можно использовать расстояние до среднего ранжирования.

- Медиана Кемени – второй подход. Ранжирование производится не экспертами, а просто по каждому показателю. Если все показатели имеют одинаковый вес, то среднее ранжирование – это разумный компромисс, а расстояние до него – это то, насколько конкретная альтернатива отклоняется от реального разумного компромисса (а не недостижимого идеала, как в методе идеальной точки).

*Во-вторых, не ведущие к свертке в число:*

- Метод последовательных уступок – на старте схож с методом главного критерия, но после ранжирования по главной компоненте векторного

критерия условие «ослабляется» и рассматривается следующий по значимости компонент вектора, затем и он «ослабляется», рассматривается следующий и т.д.

- Парето-оптимальность (не путать с «принципом Парето», гласящим, что «20% усилий дают 80% результата и наоборот»). Парето-оптимальное множество выделяется на общем множестве альтернатив, оно состоит из так называемых недоминируемых альтернатив и получается из общего множества исключением таких альтернатив, для которых есть хотя бы одна альтернатива, которая не хуже ее по всем компонентам критерия, а хотя бы по одной компоненте – строго лучше.

- Методы группы «Электра» [58]. На выходе получается нестрогое упорядоченное множество альтернатив, сами методы различаются тем, как высчитываются т.н. «индексы согласия» (что  $i$ -я альтернатива лучше  $j$ -й) и «индексы несогласия» с этим же.

*В-третьих, ведущие к неформальной свертке в скаляр:*

- Полезность. Полезность – это число (берут от 0 до 1 или от 0 до 100), которое представляет собой индивидуальную для конкретного ЛПР оценку того, насколько одна альтернатива полезнее другой (авторы уточняют, что метод не следует путать с методом попарных сравнений, где для назначения весов сравнивают компоненты критерия, а не альтернативы). В результате получается скаляр – оценка альтернатив по полезности. Вопросы назначения полезности рассматривает теория полезности, которая является отдельным разделом исследования операций. По ней В.В. Бомас рекомендует работы Кини и Райффа [51, 167].

- Предпочтения ЛПР. В отличие от полезности, предпочтения определяются не числом, а отношением, для их описания используется бинарная шкала. Предпочтения обычно зависят от того, какие значения приняли другие показатели, но встречаются и ситуации независимых предпочтений. В результате получается скалярная функция – функция предпочтений, используя ее, можно ранжировать альтернативы и выбирать оптимальную по предпочтениям ЛПР.

И, наконец, *в-четвертых, другие методы*. По их применению В.В. Бомас отсылает к работам А.Р. Белкина [14], В.В. Подиновского [83], О.И. Ларичева [56], Б.Г. Литвака [58], Л.А. Матвеева, Э.А. Трахтенгерца [105], В.Н. Цыгичко [124], Е.В. Шикина [129].

**Методы для других ситуаций:** статистически определенной и статистически неопределенной (включающей игровую [76] и нечеткую [186]) – рассматривать не будем, поскольку в рамках текущей работы имеем дело с детерминированной ситуацией, но нечеткую ситуацию следует описать несколько подробнее, потому что это тема для развития на будущее.

Ситуация не является статистически определенной, поскольку речь не идет о тех ситуациях, где корректно использовать законы больших чисел. Разумеется, для проверки функционирования модели с решениями может использоваться генератор случайных чисел, поскольку это один из наиболее простых способов технической реализации моделирования вариативности. Такое моделирование в текущей работе использовалось в отладочных целях. Но в конечном итоге использовались детерминированные алгоритмы.

Ситуация не является игровой, так как нет самой «игры». Конкуренция за ресурсы исполнителей и системы-носителя регулируется правилами блокировок, а не правилами «игры». При этом контроль ресурсов не выступает в качестве цели участников, поскольку в рамках рассматриваемой модели они не обладают свойством целеполагания.

Ситуация имеет предпосылки к тому, чтобы рассматривать ее как нечеткую, но это – вопрос будущего исследования, а не настоящего. В нечеткой ситуации неопределенные факторы описывают с помощью функции принадлежности. Понятие нечеткого множества было введено Лотфи Заде в 1965 году [186]. Аппарат теории нечётких множеств описан во множестве работ. Из зарубежных авторов, помимо Л. Заде, стоит отметить следующих: К. Асаи, М.А. Арбиб, А.Д. Аллен, Х. Танака, Р. Беллман, А. Кофман, Дж.А. Гоген, Н. Хонда, Е.Т. Ли, М. Мицумото, Дж. Тойода, М. Сугено, М.Г. Томасон, С.К. Вонг, Р.Х. Уоррен. Из советских авторов: А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун, А.В. Алексеев,

А.Н. Борисов, Р.Г. Вачнадзе, В.Е. Жуковин, О.А. Крумберг, В.Б. Кузьмин, Д.Г. Метревели, Г.Н. Вульф, А.И. Орлов, С.А. Орловский, Я.Я. Осис, Д.И. Шапиро, А.П. Шер. Из относительно недавних работ стоит отметить работу В.А. Судакова и А.И. Посадского [96].

### **4.3. Описание моделей и алгоритмов**

#### **4.3.1. Концепция**

Из материала третьей главы следует, что работа с доверием может быть описана как работа с фактором, изменение которого учитываем, используя порядковую шкалу на ограниченном непрерывном пространстве с положительными, отрицательными значениями и нейтральным нулем в центре. В модель также вносятся ключевые факторы альтернативного обоснования решений и их системно-значимые атрибуты из главы 3 – «кредит доверия», «история» и «влияние второго ЛПР». С учетом этого и строится математическая и геометрическая модель.

Первоначально принципы работы с доверием описаны в работах [117, 118]. Ниже дается более подробное описание, приводится ранее не публиковавшееся описание с помощью формул и схем алгоритмов.

Принципиальные отличия схемы от классической теории принятия решения:

- всегда рассматривается история, а не срез;
- замечено, что ЛПР на практике может менять метод принятия решения;
- можно сравнивать не только две альтернативы, но и положение одного и того же объекта в разных точках истории.

### 4.3.2. Геометрия пространства

Пусть  $W_n = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$  – векторный критерий или точка в критериальном пространстве. В случае  $n=2$ , точку в двумерном пространстве, соответствующую  $W_2^{i,t} = \{w_1^{i,t}, w_2^{i,t}\}$ , обозначим как  $M^{i,t}$ , верхний индекс  $i$  – номер альтернативы,  $i = 1..k$ ,  $k$  – количество альтернатив, если альтернатив одна-две, число может заменяться другими символами. Второй верхний индекс  $t$  –  $t$ -й шаг развития итеративного процесса или  $t$ -е состояние альтернативы, если это удобнее. Если не нужно и одно и второе одновременно, то верхний индекс может редуцироваться в однокомпонентный. Нижний индекс – номер компоненты критерия,  $n$  – размерность критерия.

В этом случае первая ось – ось рациональности, где рациональность («дешевизна») – величина, обратная затратам. Допущение грубое, но принимается, так как не противоречит практике. Кроме того, есть работы, например, [164], прямо указывающие, что этот подход распространен, и призывающие рассматривать другие, более совершенные.

Вторая ось – ось веры, в данном случае веры в исполнителя. Вера и доверие в данном контексте принимаются как синонимы, поскольку доверие означает веру в то, что исполнитель выполнит работу качественно и в срок, даже при отсутствии полной рациональной обоснованности, через понятие доверия по Шихиреву: как обязательство партнера доверяющего человека выполнить свой долг.

Изменение координат во времени моделирует изменение отношения к исполнителю в зависимости от результатов, истории и контекста. Точки с разными координатами могут использоваться для принятия решений как в отношении одного исполнителя в рамках развития его истории, так и в отношении выбора исполнителя из нескольких альтернатив.

Критериальное пространство ограничено прямоугольником с вершинами:  $(0, -R1)$ ,  $(0, +R1)$ ,  $(R2, R1)$ ,  $(R2, -R1)$  (Рисунок 9). Можно показать, что координаты всех точек и зон схемы выражаются через  $R1$  и  $R2$ .

$R2 > R1$ ; соотношение  $R1$  и  $R2$  может быть произвольным, но эвристически удобно, когда  $R1$  и  $R2$  соотносятся по правилу золотого сечения, то есть

$$\frac{R2}{R1} = \frac{R1 + R2}{R2}$$

Упрощая,  $R2 \approx 0.62 * (R1 + R2)$ ,  $R1 \approx 0.38 * (R1 + R2)$ ,  $R1 \approx 0.62 * R2$ .

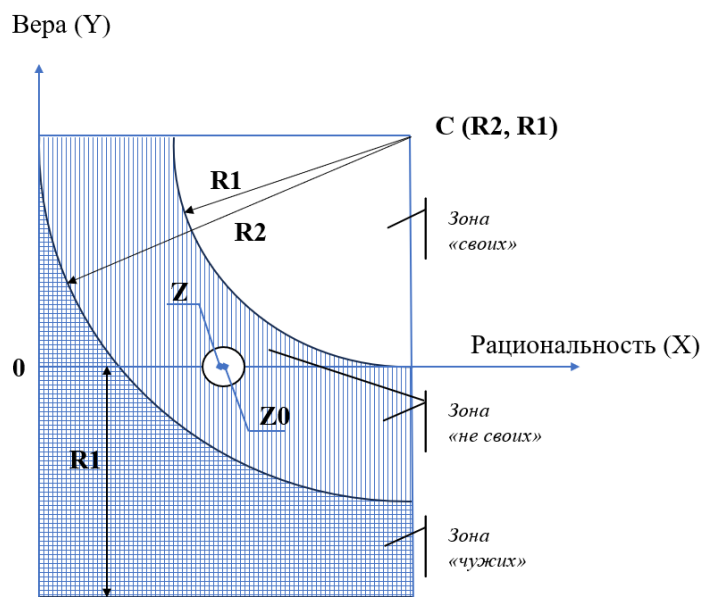


Рисунок 9 – Геометрия области

Для целей расчетов  $R2=100$ ,  $R1=62$ , тогда:

- Координаты вершин прямоугольника:  
 $(0, -62)$ ,  $(0, +62)$ ,  $(100, 62)$ ,  $(100, -62)$ .
- Идеальная точка:  $C(100, 62)$  – недостижимый эталон.
- Расстояние от текущей точки до  $C$ :  $L = \sqrt{(100 - x)^2 + (62 - y)^2}$ .
- $Z(47.875, 0)$  – это точка чистой неопределенности, равноудаленная от границ области по  $Y$  и лежащая на окружности с центром в  $C$  и радиусом  $(R1 + R2) / 2$ .  $L(Z) = 81$ .
- Точка  $Z0(50,0)$  – геометрический центр области.

В контрольных примерах и в программной реализации пространство модели задано в ненормированных целочисленных координатах ( $R_2 = 100$ ,  $R_1 = 62$ ) по двум причинам. Во-первых, оси  $X$  (рациональность) и  $Y$  (доверие) имеют разную семантическую природу, и их нормировка к единому диапазону  $[0,1]$  привела бы к искажению геометрии зон доверия и расстояний до идеальной точки. Во-вторых, целочисленный масштаб упрощает программную реализацию, визуализацию и интерпретацию результатов без потери поведенческой логики модели, которая инвариантна к линейному масштабированию. Выбор  $R_2 = 100$  обусловлен интуитивной ясностью шкалы «до ста», а  $R_1 = 62$  – округлением значения  $100/\varphi$  для сохранения пропорции золотого сечения в практически удобной форме.

### 4.3.3. Зоны доверия и их интерпретация

В геометрии (Рисунок 9) важную роль играет разделение на концентрические кольцевые зоны с центром в идеальной точке. Смысл этих зон отнесен к введенной в третьей главе категориальной переменной «кредит доверия».

Ближняя зона, включая границу по  $R_1$  – зона «своих»,  $L^C(w_1, w_2, \dots, w_n) \leq R_1$ , у тех, кто в этой зоне, есть кредит доверия. Вторая зона, средняя, зона «не своих», в этой зоне нейтральные отношения, но значим фактор истории: если до того имелся кредит доверия, история это хранит, и движение по вертикали может идти не так быстро. Третья зона, включая границу по  $R_2$ ,  $L^C(w_1, w_2, \dots, w_n) \geq R_2$  – дальняя зона, зона чужих, тех, кто кредит доверия утратил.

Зоны «своих», «не своих» и «чужих» в работе [117] интерпретированы как «зеленая», «желтая» и «красная» соответственно.

Сводные данные о зонах доверия и их интерпретация приведены в Таблице 4.

Таблица 4 – Зоны доверия и их интерпретация

Зона	Условие	Интерпретация
Свой	$L \leq 62$	Есть кредит доверия
Не свой	$62 < L < 100$	Неопределенное доверие
Чужой	$L \geq 100$	Дискредитация

В дополнение к рассмотрению ситуации как нечеткой, следует проиллюстрировать связь трехзонной модели и функции принадлежности, формируемой у ЛПР, где зоны доверия интерпретируются через функцию принадлежности ( $1 \rightarrow (1..0) \rightarrow 0$ ):

- в «ближней» зоне функция принадлежности исполнителя множеству тех, в кого ЛПР верит, равна единице;
- в «средней» зоне функция принадлежности исполнителя множеству тех исполнителей, в кого ЛПР верит, убывает от единицы до нуля по мере удаления от границы «ближней» зоны и приближения к границе «дальней» (Рисунок 9 в разделе 4.3);
- в «дальней» зоне функция принадлежности исполнителя множеству тех, в кого ЛПР верит, равна нулю.

#### **Правила перехода между зонами**

Переход считается совершённым, если новое  $L$  меняет положение относительно  $R1=62$  или  $R2=100$ . Пример:  $L$  уменьшилось с 63 до 61  $\rightarrow$  переход из «не своих» в «свои».

#### **4.3.4. Технические детали – буферы, стартовые условия, дискредитация, хранение истории**

##### **Буферные зоны**

*Буферы на границах пространства:*

- По верхнему и нижнему краям прямоугольника ( $y = \pm 62$ ) – буфер 0.5 единицы внутрь, это техническая необходимость работы с округлениями. То, что при этом все точки левого верхнего угла прямоугольника в районе точки (0, 62),

кроме точек на оси  $Y$  ( $x = 0$ ) меняют зоны с «чужих» на «не своих», считаем несущественной потерей точности. В этой микро-зоне важным является то, что рациональность в модели первична – при нулевой рациональности работа невозможна

- По краю прямоугольника ( $x=100$ ) – буфер 2 единицы внутрь, это техническая необходимость избегания вычислений при несущественных величинах стоимости исполнителя.

- По краю прямоугольника ( $x=0$ ) – буфера нет.

- При попадании в буфер: координата «прилипает» к границе, и следовательно, точка интерпретируется как находящаяся на границе.

*Буферы между зонами:*

- Между зонами «своих» и «не своих», «не своих» и «чужих» – автоматические буферы отсутствуют.

- Возможна ручная буферизация при интерпретации спорных моментов  $\pm 1$  по  $X$  и  $Y$ .

- В программной реализации нужен сигнал о возможности ручного буфера.

*Буфер вокруг точки чистой неопределённости  $Z$ :*

- Автоматический буфер по  $y$  для прямой  $y=0$ :  $\pm 0.1$  и по  $x$  для прямой  $x=47.875$ :  $\pm 0.1$  при попадании в буфер: координата «прилипает» к прямой, и следовательно, точка интерпретируется как находящаяся на прямой.

- Возможна ручная буферизация – допустимое отклонение от точки  $Z(47.875, 0)$ , а также от линий  $x=47.875$  и  $y=0$ :  $\pm 2.5$  по  $X$  и  $Y$ .

- Следствие: точка геометрического центра  $(50, 0)$  в ручном режиме может интерпретироваться как приближённая точка неопределённости.

- В программной реализации нужен сигнал о возможности ручного буфера.

**Стартовые условия**

*Общие правила. Исполнитель может начинать:*

- В любой зоне.

- Как ранее «свой», как ранее «чужой» (но не в текущем, а в предыдущем проекте), или как неизвестный.

#### *Старт при неопределённости*

- Полная неопределённость: старт из  $Z(47.875, 0)$  или  $(50, 0)$ .
- Неопределённость по  $Y$ : старт на оси  $X$  ( $y = 0$ ).
- Неопределённость по  $X$ : старт на  $x = 47.875$  или  $x = 50$ .

#### *Старт при доверии*

Координаты по  $Y$ , если исполнителю доверяют изначально, приведены в Таблице 5.

Таблица 5 – Координаты по  $Y$  для изначально «своего»

Уровень доверия	$Y$ (начальное значение)
Обычное (недоверчивый ЛПР)	20.7
Хорошее	31
Профессиональное повышенное	42.85 Формула для него: $Y = (R1 + R1/2 \varphi)/(1 + \varphi) = (62 + 31*1.618) / 2.618 \approx 42.85$
Полное («как к себе»)	62

#### **Старт при недоверии**

Технически возможен (для отладки модели) – только ручная инициализация

#### **Дискредитация**

##### *Условия*

- Попадание в зону «чужих» ( $L > 100$ ) → статус «чужой» (кредит доверия утрачен).
- С такими исполнителями не работают в текущем проекте.

##### *Восстановление после дискредитации*

- Если статус «чужой» у исполнителя был в прошлом проекте, то можно рассмотреть его повторно (исполнитель может начать в неопределённом статусе), но скорость снижения доверия выше и это происходит не автоматически, нужна ручная инициализация.

### Хранение данных об истории

- История влияет на динамику (на скорость изменения доверия).
- Есть возможность задать стартовую точку.
- Счётчики: количество попаданий в зоны «своих», «чужих» в технологических целях сохраняется полностью.
- Массив успехов и ошибок по каждому исполнителю (растущий) в технологических целях также сохраняется полностью.

### 4.3.5. Динамика движения

#### Общие ограничения движения точки в пространстве

- Выход за границы запрещён.
- При попытке выхода: движение вдоль границы, одна координата фиксируется.
- При движении одновременно по двум осям – выполняются оба, независимо друг от друга, каждое по своему правилу.
- Модель допускает многократные переходы между зонами. Учитывая ограниченное количество работ в реальных проектах, необходимость введения отдельной логики обработки повторяющихся переходов отсутствует.

#### Характеристики ЛПР

Характеристики ЛПР, влияющие на скорость по  $Y$ , приведены в Таблице 6.

Характеристики независимы, допустимы любые пары ячеек: одна из верхней строки, одна из нижней. Характеристика ЛПР изначально назначается экспертно, может уточняться из опыта работы с реальным человеком и наблюдений за принимаемыми им решениями.

Таблица 6 – Характеристики ЛПР, влияющие на скорость по  $Y$

Влияющие на повышение $Y$	Недоверчивый	Нейтральный	Доверчивый
Влияющие на снижение $Y$	Добрый	Нейтральный	Злой

### Движение по оси Y (вера / доверие)

Направление изменения Y в зависимости от результатов исполнителя приведено в Таблице 7. Скорость повышения – в Таблице 8. Скорость снижения – в Таблице 9.

Таблица 7 – Направление изменения Y в зависимости от результатов работы исполнителя

Результат	Изменение Y
Успех	Повышение
Ошибка	Снижение
Нейтрально	Без изменений

Таблица 8 – Скорость повышения Y (при успехе)

История\ ЛПР	Недоверчивый		Нейтральный		Доверчивый	
	Значение (b)	Формула	Значение	Формула	Значение (a)	Формула
Был в «своих»	31	$R1 / 2$	42.85	См. ниже	62	$R1$
Не был в «своих»	20.7	$R1 / 3$	24.61	См. ниже	31	$R1 / 2$

### Формулы для нейтрального ЛПР

- Нейтральный ЛПР делит диапазон изменения доверия золотым сечением, при этом меньшая часть ближе к нулю – это отражает склонность к осторожности;

- И при повышении, и при снижении:  $(a + b*\phi)/(1 + \phi)$ , где  $|a| > |b|$  (эвристика, использующая золотое сечение для отражения осторожности, но это не геометрическое золотое сечение отрезка);

- Пример:  $(62 + 31*1.618)/2.618 \approx 42.85$ ;

- Отличие «нейтрального» здесь от «профессионального повышенного» в п 4.3.6 (Таблица 10) ниже: при кажущемся совпадении значений (42.85) это разные сущности: там это установочный параметр, получается при границах отрезка (0, 62) и меньшей части – справа, а здесь это скорость снижения, получается при границах отрезка (31, 62) и меньшей части – слева (там –

уверенность, здесь, напротив, осторожность; числовое совпадение случайно, произошло из работы механизма золотого сечения

Таблица 9 – Скорость снижения  $Y$  (при неудаче)

История\ ЛПР	Добрый		Нейтральный		Злой	
	Значение (b)	Формула	Значение	Формула	Значение (a)	Формула
Был в «своих»	15.5	R1/4	17.47	См. выше	20.7	R1/3
Не был в «своих»/«чужих»	20.7	R1/3	24.61	См. выше	31	R1/2
Был в «чужих» (в прошлом проекте)	31	R1/2	42.85	См. выше	62	R1

Пояснение к Таблице 9: значения – модули; при снижении используется знак «минус».

#### Движение по оси X (рациональность)

- X – показатель, обратный стоимости исполнителя
- Чем выше X, тем рациональнее выбор (дешевле)
- Несделанная работа или повышение оклада → X снижается
- Шаг не содержит работы (например, это точка выбора или точка только смены веры) → X не меняется
- Работа закончена (начинается новая производственная работа) → X возвращается к начальным значениям.

#### Формула расчёта X

$$x = k * (-\mu * g * t + R2) + (1 - k) * \left( R2 - (R2 - X(Z)) * \left( \frac{1}{\varphi} \right)^{\maxgrade - g} \right)$$

Где:

- $\varphi \approx 1.618$  – золотое сечение;
- $g$  – текущий грейд оцениваемого исполнителя;
- $\maxgrade$  – максимальный грейд объекта, по которому (которым) принимается решение в рассматриваемой ситуации;
- $t$  – количество тактов, = 1 если не указано явно иное;
- $X(Z)$  – координата X точки чистой неопределенности Z

- $\mu * g$  – прирост оценки производственной стоимости на грейд, в данном случае линейный,  $\mu$  подбирается эмпирически,

- $k$  – переключатель:

$k = 1$ : производственные вопросы (линейная модель);

$k = 0$ : кадровые вопросы (нелинейная модель);

*механизм переключения  $k$  при чередовании вопросов*:  $k$  переключается,  $X$  не пересчитывается (инерция оценки);

*смешанные случаи ( $0 < k < 1$ )*: в текущей работе не рассматриваются, геометрически при увеличении  $k$  будет происходить плавное выпрямление кривой, полученной с помощью золотого сечения;

### **Для области 100x62**

$$x = k * (-6.9 * g * t + 100) + (1 - k) * \left( 100 - 52.125 * \left( \frac{1}{\varphi} \right)^{\maxgrade - g} \right)$$

- 6.9 – подобрано эмпирически по имеющимся примерам,
- 100 – правая граница области;
- Выражение  $100 - 52.125$  – при  $\maxgrade = g$  дает 47.875, что переносит ситуацию на линию неопределенности по  $X$  (ни хорошо, ни плохо – левее начинается уже системное ухудшение).

### **Начальные значения $X$**

- Производственные вопросы: зависит от грейда ( $100 - 6.9 * g$ ) – влияние стоимости низких грейдов не усиливается субъективно, поэтому оно правее, чем для кадровых, кроме 5-го грейда.

- Кадровые вопросы: 67.785 – повышение переносит исполнителя на линию неопределенности ( $x=47.875$ ), одинаково для любого грейда из-за  $\maxgrade$ .

### **Расчёт дельты $X$ (при несделанной работе)**

- Если работа сделана:  $\Delta x = 0$ .
- Если не сделана:  $\Delta x = -\text{коэффициент} * \% \text{_привлечения}$ .
- При участии нескольких исполнителей, добавляется не 1, а сумма вкладов по каждому с учетом их стоимости по коэффициенту из

производственной части формулы (при  $k=1$ ). Например, если исполнитель привлекался на 50%, то  $\Delta x = -0.5 \cdot 6.9 \cdot g$ .

- Примеры коэффициентов по грейдам (из производственной части формулы):

5-й грейд:  $6.9 * 5 = 34.5 \rightarrow \Delta x = -34.5$  за 100%;

3-й грейд:  $6.9 * 3 = 20.7 \rightarrow \Delta x = -20.7$  за 100%.

### **Грейды и стоимость (технические данные)**

Поскольку «производственная часть» формулы для  $X$  линейна, изначально есть допущение, что часовая стоимость грейда линейно зависит от его номера, например, как в Таблице 10.

Таблица 10 – Технический пример зависимости часовой стоимости грейда от его номера

Грейд	Стоимость, руб/час
1	900
2	1800
3	2700
4	3600
5	4500

Пояснения к Таблице 10:

- Чем ниже грейд, тем выше  $X$  (выбор, рационально более предпочтительный)
- В расчётах допускается отклонение в пределах буфера
- Однако в данной модели стоимость грейда не учитывается в расчетах (нет пересчета через стоимость), а  $X$  – это именно оценка стоимости, а не стоимость, поэтому для целей вычисления стоимости таблица соответствия часовой стоимости грейда его номеру может быть произвольной и в том числе по нелинейной функции, но главное, чтобы монотонно возрастающей. Следует ли при этом корректировать функцию  $\mu * g$  (в производственной части формулы для  $X$ ), неочевидно.

### 4.3.6. Принятие решений

#### Принятие решений

Схема алгоритма принятия решений (Рисунок 10) во всех примерах одинакова.

Если в процессе принятия решения участвуют два ЛПР, то по этому алгоритму действует каждый из них, а финальное решение остается за тем, для кого оно неизбежно, и кто сможет своими действиями заблокировать решение оппонента. Если количество ЛПР больше двух, то наблюдаем только за двумя – основным и тем, чье решение в итоге прошло. В этом случае соответствующие друг другу точки на траекториях историй у разных ЛПР могут формироваться в параллелограммы (см. раздел 4.5, пример «Не сработались»). Иногда концепция таких параллелограммов помогает проектировать упрощенные модели для нескольких ЛПР. Затем, при уточнениях модели, параллельность сторон может нарушаться.

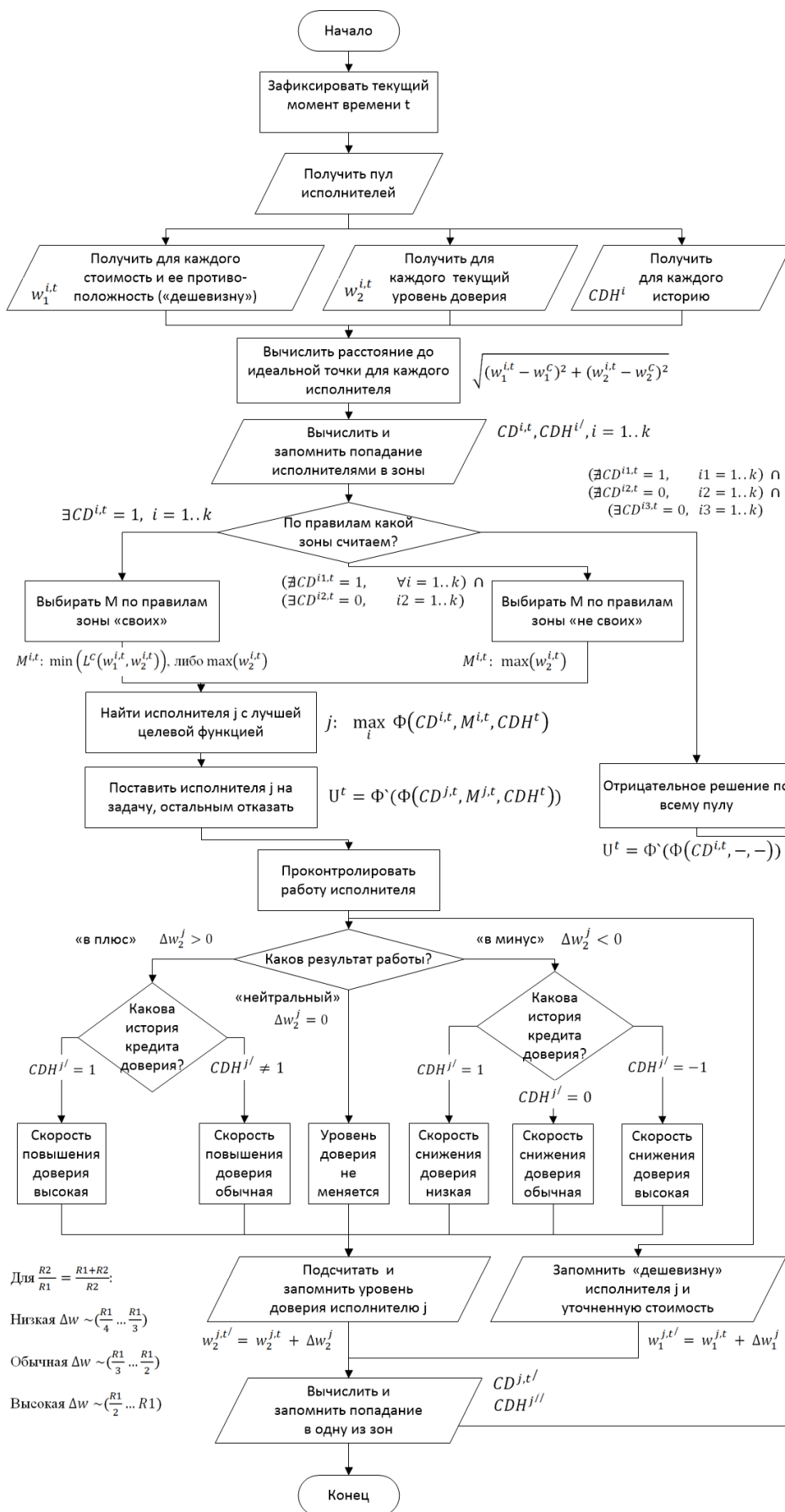


Рисунок 10 – Алгоритм принятия решений при наличии возможности альтернативного обоснования (факторов истории и доверия)

В случае рационального ЛПР:  $CD = 0$  и  $CDH = 0$ . Тогда алгоритм вырождается (Рисунок 11), а функционал управления зависит только от рационального фактора:

$$U = \Phi(\max \Phi(0, M^i, 0)) = \Phi(M^j) = \Phi(\Phi(w_1^i))$$

Если же ЛПР склонен к альтернативно-обоснованным решениям, у него этот алгоритм может использоваться при отсутствии кредита доверия и его истории.

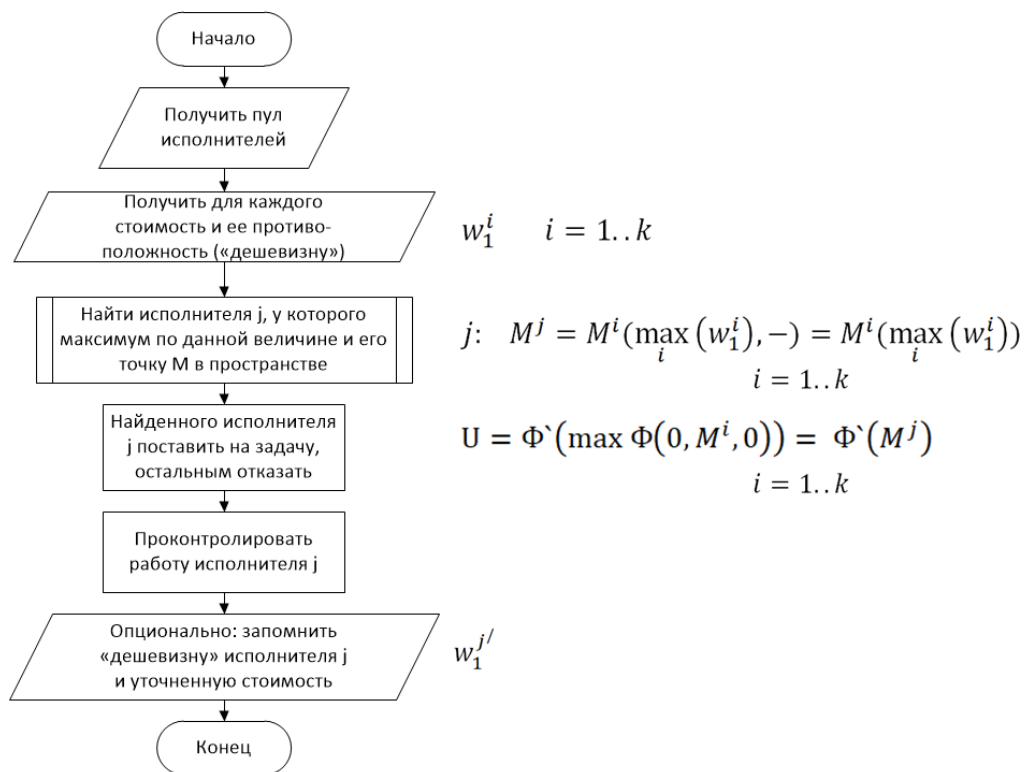


Рисунок 11 – Алгоритм принятия решений в отсутствие альтернативного обоснования

### Общий вид целевой функции

Выше отмечено, что на  $n$ -мерном критериальном пространстве в классической теории принятия решений разработан ряд методов. Здесь важны два: метод главного критерия и метод идеальной точки.

При использовании метода главного критерия, если  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$  – множество показателей, то ЛПР выбирает самый важный показатель  $w_i$ , а остальные  $w_j \forall j \neq i$  либо игнорируются, либо принимаются как ограничения.

$\Delta w$  – скорость изменения соответствующего показателя. Для двумерной модели  $\Delta w_1$  соответствует динамике движения по X,  $\Delta w_2$  соответствует динамике движения по Y, описанной в подразделе 4.3.5.

Идеальная точка – недостижимый идеал. При использовании этого метода предпочтительность альтернатив определяется расстоянием до этой идеальной точки. В общем случае расстояние  $L^C$  до точки  $C(w_1^C, w_2^C, \dots, w_n^C)$ :

$$L^C(w_1, w_2, \dots, w_n) = \sqrt{(w_1 - w_1^C)^2 + (w_2 - w_2^C)^2 + \dots + (w_n - w_n^C)^2}$$

Целевая функция решения для случая двух компонент (рациональной  $w_1$  и альтернативно обосновывающей  $w_2$ ) – это максимум величины, рассчитанной с помощью функционала:

$$\max \Phi(CD, M, CDH) \quad (1)$$

где  $CD$  (от Credibility) – кредит доверия,  $CDH$  (от CredibilityHistory) – его история,

$M(w_1, w_2)$  – точка в двумерном критериальном пространстве {рациональность, вера}.

Управление (решение) на текущем шаге является функционалом от целевой функции:

$$U = \Phi'(\max \Phi(CD, M, CDH))$$

Содержательно,  $\max \Phi$  – это выбор исполнителя с наилучшим значением целевой функции при заданных условиях, при этом, в отличие от классических моделей, в разных зонах критериального пространства используются разные целевые функции ( $\max X$ ,  $\max Y$ ,  $\min L$ ), а  $U$  это управленческое решение по лучшему исполнителю с учетом его зоны и предшествующей траектории (истории взаимодействия).

Кредит доверия ( $CD$ ) принимает значения  $\{1, 0, -1\}$  в зависимости от принадлежности текущей точки к зонам «своих», «не своих» или «чужих». История доверия ( $CDH$ ) фиксирует наличие в прошлом статуса «своего» или «чужого» и влияет на динамику и приоритеты выбора.

Далее распишем, как работает функционал  $\Phi$ .

$CD$  в текущий момент времени определяется текущей зоной.

$CD =$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1, \quad - \text{если } L^C(w_1, w_2) = \sqrt{(w_1 - w_1^C)^2 + (w_2 - w_2^C)^2} \leq R1 \\ 0 \quad - \text{если } R1 < L^C(w_1, w_2) < R2 \\ -1, \quad - \text{если } L^C(w_1, w_2) = \sqrt{(w_1 - w_1^C)^2 + (w_2 - w_2^C)^2} \geq R2 \end{array} \right.$$

где  $w_1^C = R2$ ;  $w_2^C = R1$ ;  $0 \leq w_1 \leq R2$ ;  $-R1 \leq w_2 \leq R1$

Предпочитаемая  $M$  определяется из координат критериального пространства способом, зависящим от того, о какой зоне идет речь. Если несколько альтернатив находятся в разных зонах, то способ выбора определяется по правилам для максимально имеющегося  $CD$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \min(L^C(w_1, w_2)), \text{ либо: } \max(w_2) \quad - \text{если } \exists CD^{i,t} = 1, i = 1..k \\ \max(w_1) \quad - \text{если } (\nexists CD^{i1,t} = 1, \forall i = 1..k) \\ \quad \quad \quad \cap (\exists CD^{i2,t} = 0, \quad i2 = 1..k) \\ \min(L^C(w_1, w_2)), \text{ либо: } \max(w_2) \quad - \text{если } (\nexists CD^{i1,t} = 1, \forall i1 = 1..k) \cap \\ \quad \quad \quad (\nexists CD^{i2,t} = 0, \forall i2 = 1..k) \cap \\ \quad \quad \quad (\exists CD^{i3,t} = 0, \quad i3 = 1..k) \end{array} \right.$$

Альтернативе не гарантируется победа только по факту более высокого  $CD$ .

Ограничение: операции  $\min(L^C(w_1, w_2))$  и  $\max(w_2)$  одним и тем же ЛПП в одном и том же процессе не используются.

Формула для  $M$  имеет следующий смысл: в средней зоне обычный метод принятия решений – это метод главного критерия, где главный критерий – это только рациональность. При пересечении границ зон метод принятия решения может быть сменен на метод идеальной точки или метод главного критерия, где главный критерий – это только вера. Это и воспринимается как альтернативно обоснованное решение (можно даже использовать термин «иррациональное»). Момент пересечения непосвященным не понятен, смена метода – непредсказуема.

$CDH^i$  определяется историей  $CD^{i,t}$  исполнителя  $i$ .

$$CDH^i = \begin{cases} 1, & \text{– если для } i: \exists t: CD^{i,t} = 1 \cup \nexists t: CD^{i,t} = -1 \\ 0 & \text{– если для } i: \nexists t: CD^{i,t} = 1 \cup \nexists t: CD^{i,t} = -1 \\ -1, & \text{– если для } i: \exists t: CD^{i,t} = -1 \end{cases}$$

где  $t$  – моменты в прошлом.

$CDH$  влияет на выбор альтернативы только при полном равенстве остальных показателей, тогда преимущество в выборе имеет та альтернатива, у которой  $CDH$  больше. Кроме того,  $CDH$  влияет на движение по критериальному пространству по результатам выполненной работы.

Подытоживая, представленные выше геометрические правила, формулы движения по осям и таблицы скоростей являются интерпретацией общего функционала (1) для двумерного случая. Таким образом, геометрическая модель служит инструментом для вычисления значений  $M(w_1, w_2)$  и отслеживания динамики  $CD$  и  $CDH$ . Как эвристическая основа для калибровки пропорций пространства и скоростей изменения доверия в модели используется золотое сечение. Оно отражает поведенческую особенность лиц, принимающих решения – склонность к осторожности при оценке исполнителей, проявляющуюся в асимметрии реакции на успехи и неудачи.

### **Уточнения к применению метода главного критерия**

Приоритет зоны выше приоритета целевой функции в зоне.

Приоритеты по зонам (при сравнении кандидатов), первый – наивысший:

1. «Своих».
2. «Не своих».
3. «Чужих».

Целевые функции в зависимости от зоны по методу главного критерия:

- «Свои» ( $L \leq 62$ ): целевая функция –  $\max Y$  (доминирует доверие).
- «Не свои» ( $62 < L < 100$ ): целевая функция –  $\max X$  (доминирует рациональность).

- «Чужие» ( $L \geq 100$ ): с исполнителями не работают; технически – max  $Y$  (доминирует доверие).

Это отражает:

- доминирование альтернативного фактора (веры) при явном доверии/недоверии;
- доминирование рационального фактора в зоне неопределённости.

#### **Уточнения к применению метода идеальной точки**

Смягчение критериев: В зонах «своих» и «чужих» допускается использование целевой функции  $\min L$  (минимизация расстояния до  $C(100,62)$ ) как компромиссного критерия, учитывающего оба фактора.

Доминирование рационального фактора в зоне неопределённости при этом остается.

### **4.4. Эвристики и ограничения модели**

#### **Эвристики**

Использование золотого сечения – это эвристика, а не строгий механизм.

Золотое сечение используется в модели для:

- пропорций пространства (Отношение  $100 : 62 \approx 1.613$ , близко к  $\varphi \approx 1.618$  (золотое сечение),  $62 \approx 61.8$  – это округление для удобства);
- расчёта скоростей движения вдоль осей.

#### **Ограничения**

Предложенная модель имеет ряд принципиальных ограничений, вытекающих из ее целевого назначения. Основное ограничение состоит в ее детерминированности, поскольку ее назначение – точно воспроизводить повторяющиеся операции (шаблоны принятия решений), а не статистику по ним. Это означает, что модель фокусируется на качественном анализе механизмов, а не на количественном прогнозировании вероятностных исходов. В рамках этой парадигмы также можно выделить следующие частные ограничения:

1. эвристический характер параметров (золотое сечение, коэффициент  $\mu$ ), требующий верификации;
2. экспертная оценка персональных характеристик ЛПР;
3. в рамках одного такта принятия решений не используется  $k \in (0,1)$ , то есть не смешиваются производственные и кадровые вопросы;
4. нечеткость оставлена на будущие исследования.

#### 4.5. Демонстрационный пример и контрольные примеры

##### **Демонстрационный пример: иллюстративный упрощенный пример Волк! Волк! (по басне Эзопа в пересказе Л.Н. Толстого «Лгун»)**

Мальчик-пастух ( $\Pi$ ) изначально был свой (точка  $M^{\Pi,1}$ ) и понятно, что, когда мальчик кричит: «Волки!!» – ему надо помогать. Но мальчик лжет, и дальше ситуация переходит уже в рациональное русло, где решения в точках  $M^{\Pi,2}$  и  $M^{\Pi,3}$  определяются не тем, что говорит мальчик, а тем, что в лесу на самом деле есть волки. На движение влияет фактор истории: поскольку мальчик изначально свой, у него даже в средней зоне есть не одна попытка, а несколько. Но далее, логично и последовательно, мальчик оказывается в дальней зоне в точке  $M^{\Pi,4}$ , происходит отказ от дальнейшего сотрудничества (Рисунок 12).

Упрощение использует фиксированный шаг, игнорируя разные уровни скорости.

Пример не отражает реальной дифференциации скоростей для разных типов ЛПР и условий.

Упрощение допустимо, поскольку:

- Оно использовалось для наглядности и общего описания принципа;
- Использовалось при первичном анализе системы;
- Было необходимо для проверки работоспособности и отладки кода;
- В иных случаях для точного моделирования необходимо использовать полную систему расчета скоростей.

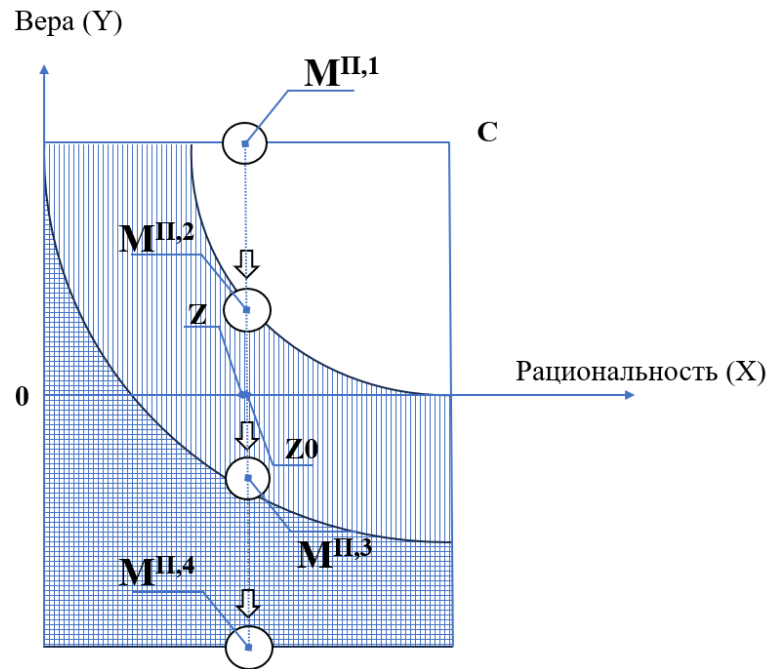


Рисунок 12 – Схема для примера «Волк! Волк!»

Движения по X нет,  $k$  и  $\max\text{grade}$  не требуются.

Координаты точек в соответствии с моделью и сопутствующая информация к ним приведены в Таблице 11.

Таблица 11 – Координаты точек и технические данные для примера «Волк! Волк!»

Точка	Координаты	L	Зона	Примечание
$M^{\text{П},1}$	(50, 62)	50	«своих»	
$M^{\text{П},2}$	(50, 20.7)	64.9	«не своих»	
$M^{\text{П},3}$	(50, -20.6)	96.6	«не своих»	
$M^{\text{П},4}$	(50, -62)	133.7	«чужих»	отказ от дальнейшего сотрудничества

### Контрольный пример 1: Софт-скиллы

Софт-скиллы помогают карьерному росту, Умение обосновать свою позицию на языке, понятном заказчику, умение подстроиться под человека, развитая эмпатия – все это помогает кандидату (K2) получить преимущество при выборе перед кандидатом (K1) (прирост  $Y$  в процессе собеседования, можно рассматривать как изменение того же кандидата), и, кроме того – кредит доверия)

(Рисунок 13). Обратное – неадекватное поведение (К3) (снижение  $Y$  от  $K1$  в процессе собеседования) приводит к разрушению карьерных перспектив.

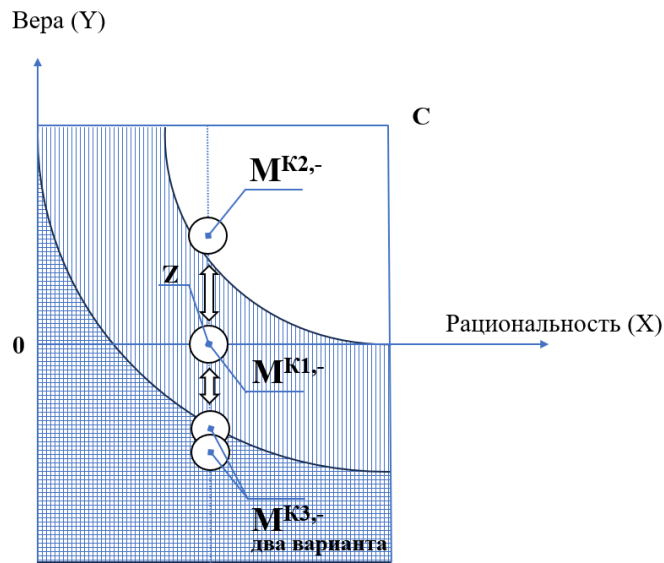


Рисунок 13 – Схема для примера «Софт-скиллы»

Движения по  $X$  нет,  $k$  и  $\max_{\text{grade}}$  не требуются.

Координаты точек в соответствии с моделью и сопутствующая информация к ним приведены в Таблице 12.

Таблица 12 – Координаты точек и технические данные для примера «Софт-скиллы»

Точка	Координаты	L	Зона	Примечание
$M^{K1,-}$	(47.875, 0)	81	«не своих»	при отсутствии активных или негативных действий, регулируем только стоимостью (будущей зарплатой)
$M^{K2,-}$	(47.875, 31)	60.7	«своих»	возможна при доверчивом ЛПР
$M^{K3,-}$ вариант 1	(47.875, -24.61)	101.1	«чужих»	отказ от дальнейшего сотрудничества даже при нейтральном ЛПР
$M^{K3,-}$ вариант 2	(47.875, -31)	106.6	«чужих»	отказ от дальнейшего сотрудничества при злом ЛПР

### Контрольный пример 2: «Дорогой эксперт»

Неожиданное привлечение дорогого сотрудника (Э), перед этим повышенного с 4-го грейда до 5-го, на проект с проваливающимся бюджетом. После повышения бывает, случается кризис проектной загрузки. Повышение во многом основано на вере в сотрудника. Рациональным решением является сохранение бюджета, поэтому к работам будут привлекать сотрудников, которые стоят дешевле. Но если проекту грозит фиаско, может появиться вера в то, что только самый дорогой эксперт может его спасти (Рисунок 14). В точке  $M^{\text{Э},1}$  эксперт очень востребован, но его удорожание выводит его из зоны «своих» в точку  $M^{\text{Э},2}$ , находящуюся в средней зоне. Правда, факт нахождения в «ближней» зоне продолжает оставаться в его истории, поэтому если возникнет вера в то, что только он решит проблему, то есть он перейдет в точку  $M^{\text{Э},3}$ , ему могут выдать неограниченные полномочия и максимальный процент задействования, не обращая внимания на его стоимость. Пример также показывает рискованность движения вдоль окружности R1, из-за чего кадровые решения и сдвигаются влево.

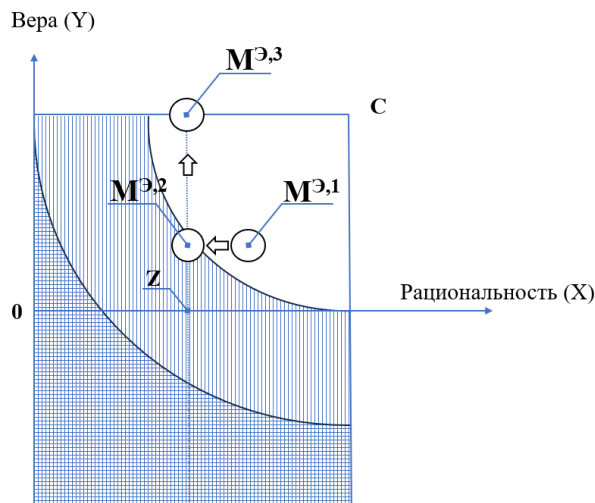


Рисунок 14 – Схема для примера «Дорогой эксперт»

Движение по X есть,  $\max_{\text{grade}} = 5$ .

Координаты точек в соответствии с моделью и сопутствующая информация к ним приведены в Таблице 13.

Таблица 13 – Координаты точек и технические данные для примера «Дорогой эксперт»

Точка	Координаты	L	Зона	Примечание	к при вычислении точки
$M^{Э,1}$	(67.785, 20.7)	52.4	«своих»	начальная точка	--
$M^{Э,2}$	(47.875, 20.7)	66.5	«не своих»	выходим за границу	0
$M^{Э,3}$	(47.875, 20.7+ 42.85 = 63.55 → 62)	52.1	«своих»	Возвращаемся в «свои», а если ЛПР минимум нейтральный, приклеиваемся к границе	остается 0

### Контрольный пример 3: «Не сработались»

В примере два ЛПР (Линейный руководитель и Исполнитель), каждый со своим пространством в модели.

Ситуация, когда исполнитель инициировал собственное увольнение (Рисунок 15). Исполнитель (И) после повышения со 2-го на 3й грейд (со сменой должности и состава задач) не справился с новой порученной работой, после чего линейный руководитель (ЛР) на эмоциях предложил ему уволиться. На следующей встрече руководитель предложил исполнителю другую задачу, но исполнитель действительно уволился. Для ЛР история развивалась так: он повысил исполнителя, находящегося для него в точке  $M_{ЛР}^{И,1}$ , это повысило веру в него, но подняло его стоимость ( $M^{И,2}$  ЛР). Далее несделанная работа сделала его еще дороже, и уменьшила веру в него до нуля, но ситуация все равно еще оставалась в средней зоне, за счет высокой стартовой позиции и за счет наличия в истории факта пребывания в зоне «своих» ( $M_{ЛР}^{И,3}$ ). Для самого же исполнителя момент повышения историей на новой должности «обнулилась», и точки  $M_{И}^{И,1}$  у него не было, старт происходил из точки  $M_{И}^{И,2}$ . Это привело к попаданию для самого себя в «дальнюю» зону при серьезной неудаче  $M_{И}^{И,3}$ , что косвенно подтвердилось эмоциональным предложением ЛР, и сделало неизбежным уход из компании.

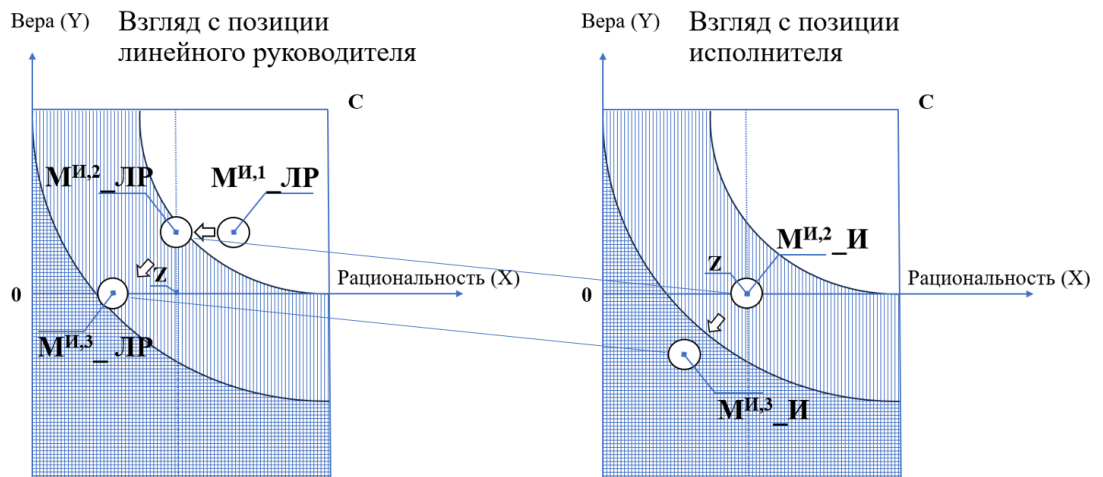


Рисунок 15 – Схема для примера «Не сработались»

Обратим внимание, что фигура  $M_{LP}^{И,2} - M_{И}^{И,2} - M_{И}^{И,3} - M_{LP}^{И,3}$  это параллелограмм.

Движение по X есть,  $\max_{\text{grade}} = 3$ , начальный грейд = 2

Координаты точек в соответствии с моделью и сопутствующая информация к ним для ЛР приведены в Таблице 14, для И – Таблице 15.

Таблица 14 – Координаты точек и технические данные для примера «Не сработались» для ЛР

Точка	Координаты	L	Зона	Примечание	k при вычислении точки
$M_{LP}^{И,1}$	(67.785, 20.7)	52.4	«своих»		--
$M_{LP}^{И,2}$	(47.875, 20.7)	66.57	«не своих»	Кадровый вопрос	0
$M_{LP}^{И,3}$	(47.875 - (6,9*3*1) = (27.175, 0)	95.6	«не своих»	Производственный вопрос, x сохраняется из-за инерции ЛР на втором шаге злой к сотруднику, бывшему своим, сотрудник близко к границе потери доверия	1

Обратим внимание, при повышении, например с 3 до 4 грейда, а не с 2 до 3, И попал бы для ЛР в зону «чужих».

Таблица 15 – Координаты точек и технические данные для примера «Не сработались» для И

Точка	Координаты	L	Зона	Примечание	к при вычислении точки
$M_{И}^{И,1}$	--	--	--	Нет точки, И не принимает кадровых решений в отношении себя	--
$M_{И}^{И,2}$	(47.875, 0)	81	«не своих»	Полная неопределенность на новой должности	--
$M_{И}^{И,3}$	(27.175, -20.7)	110.2	«чужих»	Производственный вопрос, И не был в «своих» для себя как работник, он в неопределенности, поэтому минус 20.7 Он сам к себе добрый ЛПР, но даже это его не спасает	1

#### Контрольный пример 4: «РП против ТА»

В примере два ЛПР (РП – руководитель проекта и ТА – Технический архитектор), каждый со своим пространством в модели. Исполнители для сравнения: Р (разработчик, основной объект принятия решений) и ДР (другой разработчик).

Разработчик (Р) – 3й грейд на критической задаче не укладывался в срок. Для РП на схеме (Рисунок 16) это переход из точки  $M^{P,1}$ \_РП в точку  $M^{P,2}$ \_РП. Для ТА – переход из точки  $M^{P,1}$ \_ТА в точку  $M^{P,2}$ \_ТА. Для РП ситуация еще не ушла в «красную зону» («чужих») и могла вернуться в точку  $M^{P,3}$ \_РП. Но РП решил принять меры по снижению риска и поставить Другого разработчика (ДР) тоже 3-

его грейда, который стоил столько же, но проявил себя лучше. На схеме это переход в точку  $M^{DP,3}_{РП}$ .

Для ТА (5й грейд), для которого Разработчик был в числе «своих», не появилось причин менять разработчика. Его история с вариантом, переходящим в точку  $M^{DP,3}_{ТА}$ , схожа с ситуацией у РП, но у ТА смещено начало координат. В частных случаях фигура  $M^{P,1}_{РП} - M^{P,1}_{ТА} - M^{P,2}_{ТА} - M^{P,2}_{РП}$ , как и в схеме для примера 4 «Не сработались») может иметь форму параллелограмма.

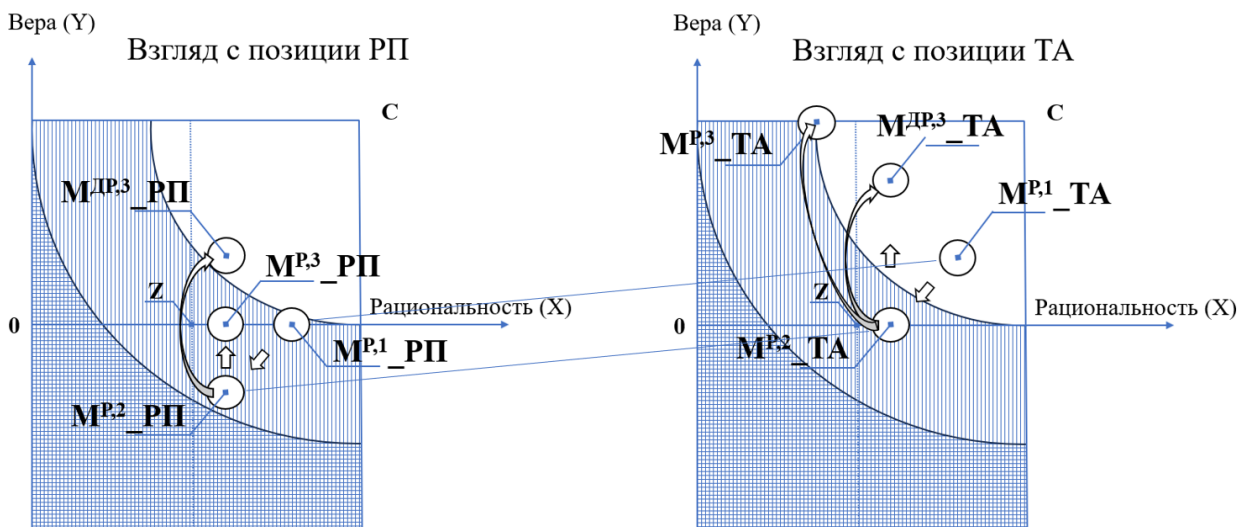


Рисунок 16 – Схема для примера «РП против ТА»

ТА решил оставить все как есть, но, если что, помочь. Он проигнорировал ряд рисков и помог Р с собственной занятостью в 58%. Он был «своим» для себя и считал, что в худшем случае ситуация уйдет в точку  $M^{P,3}_{ТА}$ , как в итоге и произошло.

Движение по X есть,  $\max_{\text{grade}} = 3$  (анализируем в основном Р), грейд Р = 3, грейд ДР = 3, грейд ТА=5

РП (недоверчивый, но добрый ЛПР)

ТА (доверчивый и злой ЛПР)

Координаты точек в соответствии с моделью и сопутствующая информация к ним для РП приведены в Таблице 16, для ТА – Таблице 17.

Таблица 16 – Координаты точек и технические данные примера «РП против ТА» для РП

Точка	Координаты	L	Зона	Примечание	к при вычислении точки
$M^{P,1}$ _РП	(79.3, 0)	65.4	«не своих»		--
$M^{P,2}$ _РП	(58.6, -20.7)	92.5	«не своих»	Производственный вопрос. Р не справился с работой.	1
$M^{DR,3}$ _РП	(58.6, 20.7)	58.5	«своих»	Выбор между ДР и Р. Должен быть выбран ДР, но решение не было реализовано. Движения по х нет	Остается 1
$M^{P,3}$ _РП	(58.6, 0)	74.6	«не своих»	Выбор между ДР и Р. Движения по х нет	Остается 1

Таблица 17 – Координаты точек и технические данные примера «РП против ТА» для ТА

Точка	Координаты	L	Зона	Примечание	к при вычислении точки
$M^{P,1}$ _ТА	(79.3, 20.7)	46.2	«своих»		--
$M^{P,2}$ _ТА	(58.6, 0)	74.6	«не своих»	Производственный вопрос. Р не справился с работой.	1
$M^{DR,3}$ _ТА	(58.6, 42.85)	45.6	«своих»	Выбор между ДР и Р (точнее, Р+ТА). Значение 42.85 в примере не является результатом повышения доверия, а отражает начальный кредит доверия к ДР. Движения по х нет	Остается 1
$M^{P,3}$ _ТА	(79.3 - 6.9 * 3 - 6.9 * 5 * 58%/100%, 62) ≈(38, 62)	62	«своих»	Выбор между ДР и Р (точнее, Р+ТА). Есть дополнительная стоимость по х из-за участия ТА. Выбрана совместная работа	1

Примечание: выбор зависит от уровня участия, и 58% – критический порог для ТА для сохранения зоны «своих» при совместной работе ТА и Р.

#### **4.6. Включение модели и алгоритма принятия решений в систему воспроизведения**

Для построения модели с решениями, тем более с альтернативно-обоснованными, функционала имеющейся системы воспроизведения процессов оказалось недостаточно. Потребовался новый функционал, который нашел свое отражение также и во входах и выходах системы.

Описание особенностей этого функционала и его связь с подходами моделирования альтернативно-обоснованных решений опубликовано в работе [118], входы и выходы кратко описаны в [120]. Здесь изложим материал более подробно, а также детально проиллюстрируем особенности технической реализации системы.

Входы для системы с решениями, совпадающие с входами системы без решений:

- Описанная модель бизнес-процесса, которая затем переносится в систему.
- Настройки длительностей этапов в модели.
- Настройки уровней совместимости блокировок

Отличия состоят в том, что модель содержит принятие решений не только на этапе настройки, но и на этапе исполнения.

Новые входы состоят в настройках, необходимых для учета параметров принятия решений, описанных в текущей главе ранее.

В ходе построения более сложной модели, учитывающей принятие решений, потребовалось внести в систему моделирования следующие дополнения:

- Оцифровать визуальные модели, чтобы перевести истории в числа.

- Разработать механизм хранения и развития историй, связанных с доверием.
- Добавить блоки принятия решений в описаниях процессов.
- Доработать систему логирования.

### Доработка блоков принятия решений

В рамках задач на доработку потребовалось добавить блоки принятия решений в описаниях процессов (Рисунок 17) – пришлось выйти за рамки нотации IDEF0 – и доработать графическую схему, выделив решения эллипсами и цветом. Эллипсы, а не что-то иное (ромбы или пр.), появились в силу технологических ограничений.

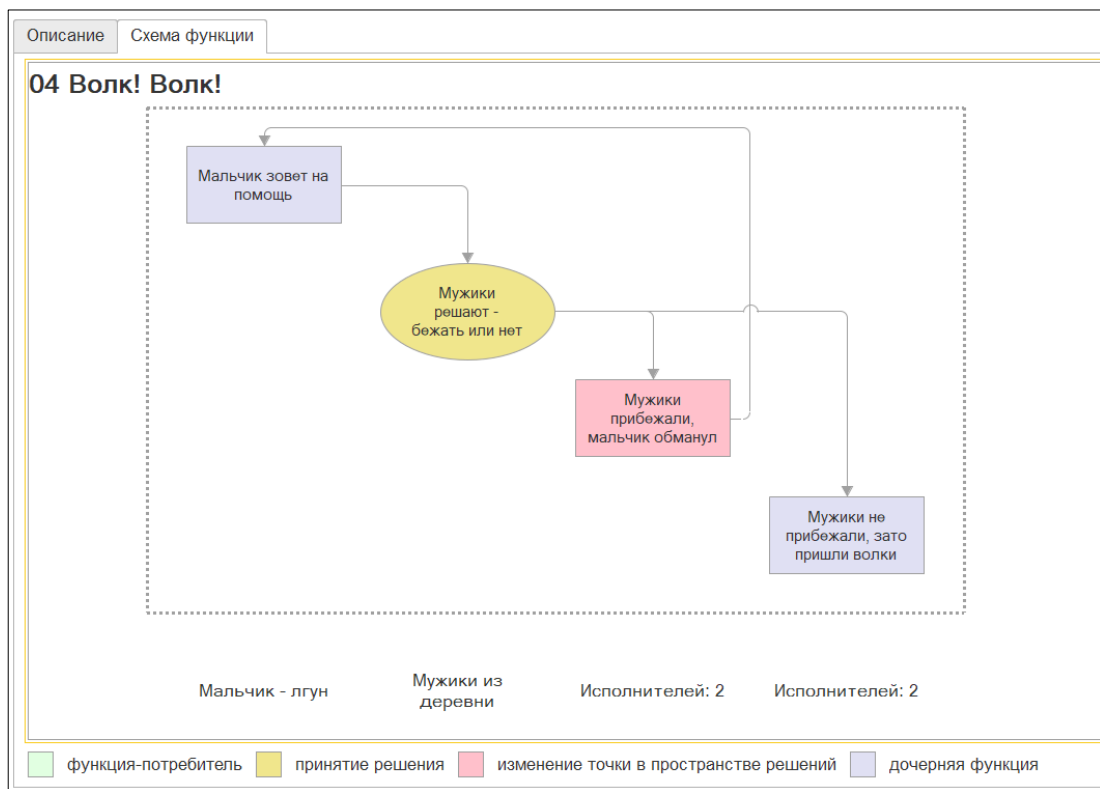
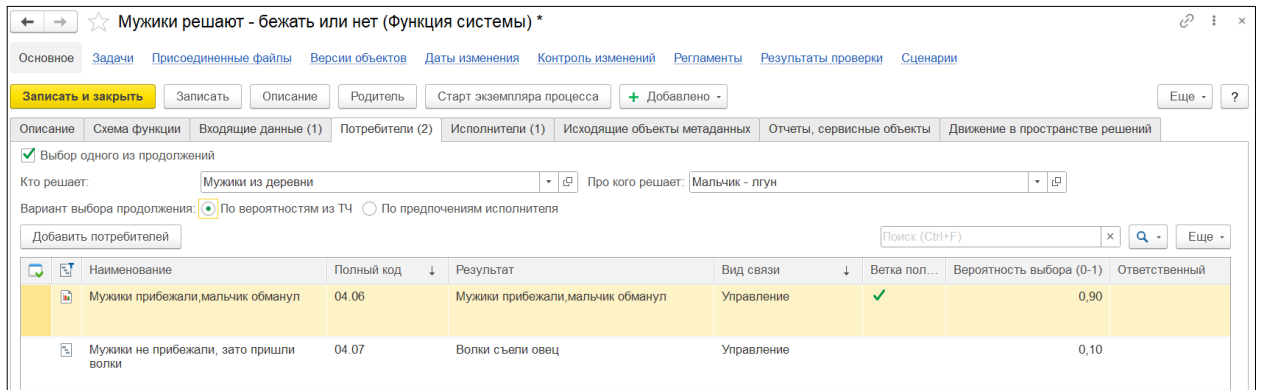


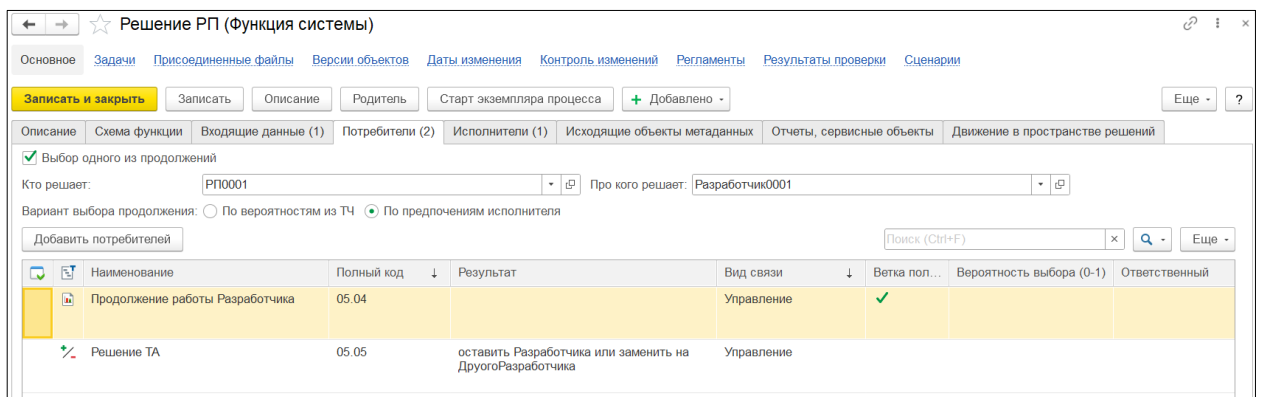
Рисунок 17 – Отображение схемы процесса в интерфейсе системы, учитывающей решения (эллипс – развилка вследствие принятия решения) – для процесса «Волк! Волк!»

В блоки принятия решений было внесено два варианта моделирования решения: отладочный (случайный выбор) и полноценный (на основании описанных в главе 4 алгоритмов). Настройка выбора решения (Рисунок 18, а, б):

ветка положительного решения обозначена флажком, выбор всегда производится из двух вариантов решений, а для большего количества решений при необходимости можно организовать каскад.



a)



b)

Рисунок 18 – Настройка выбора решения в интерфейсе системы

a – для процесса «Волк! Волк!» (отладочная, вероятностная)

b – для верхнего уровня схемы процесса «РП против ТА» (полноценная, алгоритмическая)

Для целей организации влияния истории на процесс и ее хранения в системе есть возможность задавать в разрезе ЛПР, действия и исполнителя начальные значения веры и рациональности, а также их изменение (Рисунок 19).

Не получается начальная разработка (Функция системы)

Основное | Задачи | Присоединенные файлы | Версии объектов | Даты изменения | Контроль изменений | Регламенты | Результаты проверки | Сценарии

Записать и закрыть | Записать | Описание | Родитель | Старт экземпляра процесса | + Добавлено - | Еще - | ?

Описание | Схема функции | Входящие данные (1) | Потребители (1) | Исполнители (1) | Отчеты, сервисные объекты | Движение в пространстве решений

Добавить | ↑ ↓ | Еще -

N	ЛПР	Профиль ЛПР	Объект решения	Профиль объекта решения	Изменение рациональности	Изменение веры
1	РП0001		Разработчик0001	Разработчик0001	-20,7	-20,7
2	ТА0001		Разработчик0001	Разработчик0001	-20,7	-20,7

Рисунок 19 – Настройка изменения рациональной и альтернативной компоненты для выбранного действия в интерфейсе программы

Имитационные эксперименты на модели ограниченной размерности, учитывающей принятие решений и следующие из них переходы процесса с одной ветки на другую, показали, что модель корректно демонстрирует поведение системы в динамике по всем обозначенным в Главе 2 критериям.

#### 4.7. Заключение по четвертой главе

Получен научный результат, обладающий новизной. Разработана модель и описан алгоритм принятия альтернативно-обоснованных управленческих решений в организационном поведении по шаблонам, большая часть которых рассматривалась авторами ранее только для индивидуального поведения лиц, принимающих решения.

Результат имеет теоретическую и практическую научную значимость.

Теоретическая значимость:

- Синтез атрибутов альтернативно-обоснованных решений в единую математическую и логическую модель.
- Описано взаимодействие этих факторов между собой и с рациональными параметрами.
- Определены правила влияния этих факторов на управленческое решение.

Практическая значимость:

- Методы воспроизведения организационных процессов и управленческих решений применимы для создания цифровых двойников ИТ-компаний, где решения основаны не только на рациональных факторах.

В прикладном аспекте полученные математическое описание и контрольные примеры позволили перевести задачу описания системы из слабо формализованной с хорошо формализованными элементами в хорошо формализованную, что далее дает возможность:

- реализовать и проверить модель и ее алгоритмы в рамках решения следующей, пятой задачи – в масштабных экспериментах (свыше 1000 участников), рассмотренной в пятой главе;
- обеспечить воспроизводимость и верификацию модели на любой технологической платформе.

## **Глава 5. Проверка масштабируемости системы и практико-ориентированная технология ее запуска на реалистичной размерности**

### **5.1. Введение к пятой главе**

В пятой главе решается пятая научная задача, а именно – планирование, подготовка и проведение экспериментов по проверке масштабируемости системы, воспроизводящей организационные процессы и управленческие решения при числе участников свыше 1000. Гипотезой исследования, проверяемой в данной главе, являлось предположение о том, что предложенный комбинированный метод сохраняет адекватность и работоспособность при масштабировании модели до размеров, сопоставимых с реальными организационными системами (свыше 1000 участников).

### **5.2. Ключевые параметры для высоконагруженной модели**

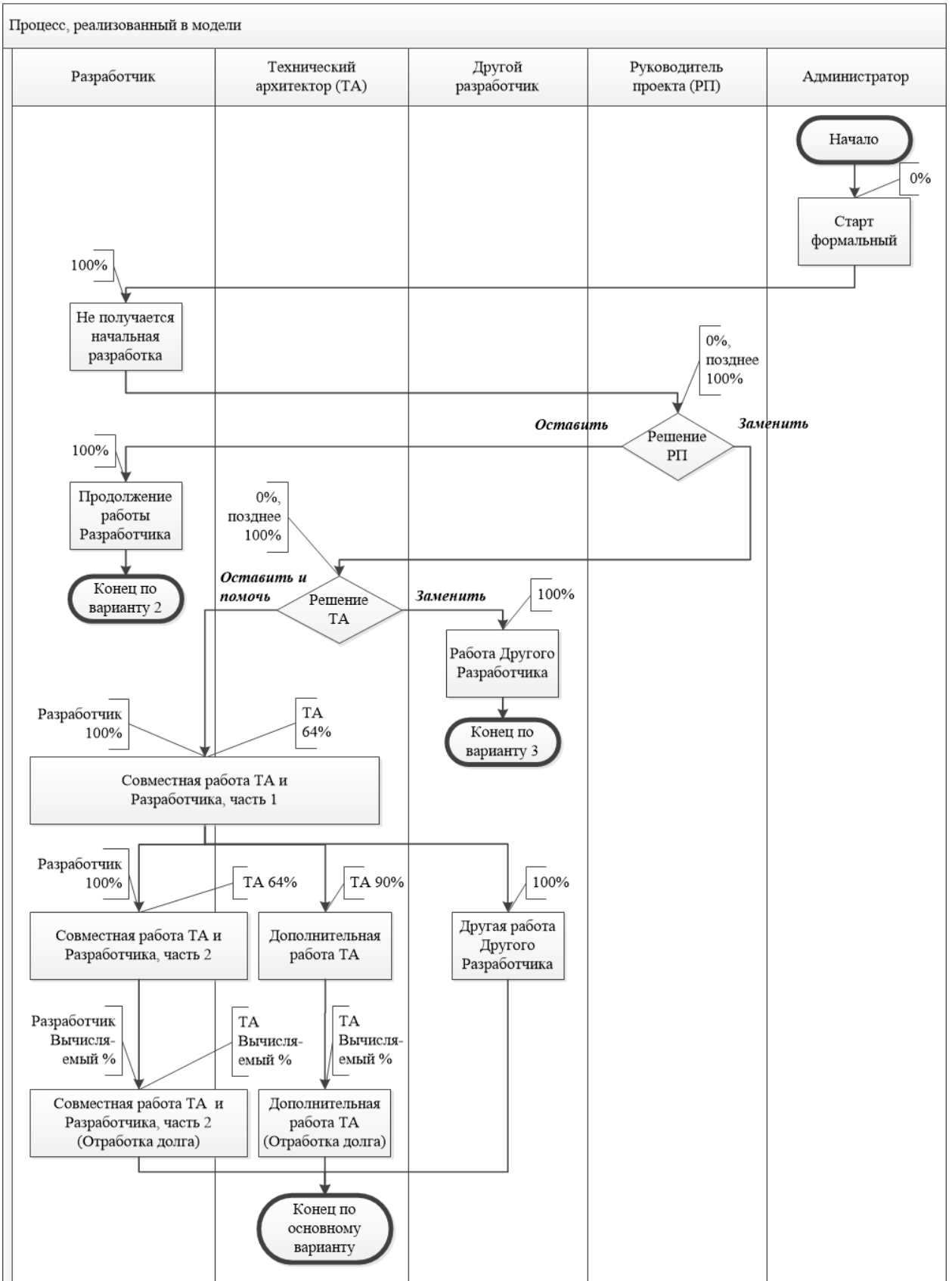
Ключевые параметры для высоконагруженной модели – это:

- Количество участников;
- Распределение работ по участникам или их профилям, стартов и пауз (оркестровка);
- Схемы моделируемых процессов.

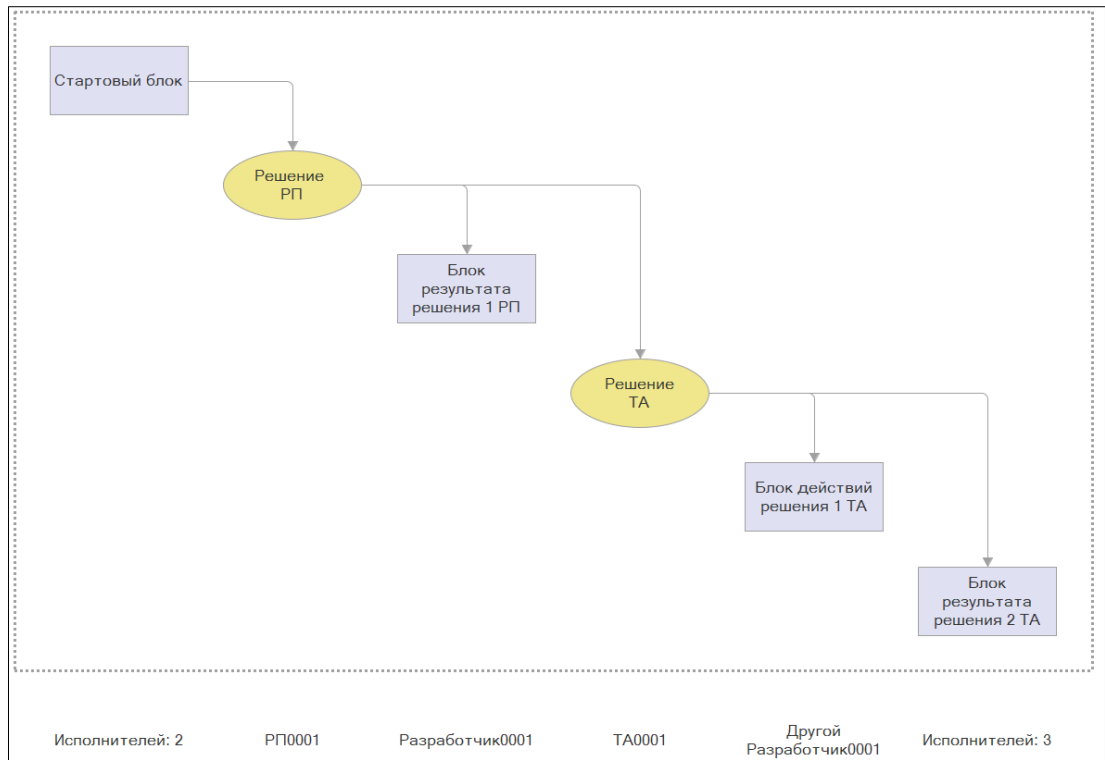
Кроме этого, поскольку модель включала принятие решений, потребовались параметры принятия решений, описанные в Главе 4.

Вариант масштабирования модели по профилям участников показан в Таблице 18. Размер модели (до 1201 участника) сопоставим с масштабами средних и крупных ИТ-компаний, что обеспечивает практическую релевантность результатов.

Моделирование на нагрузке выполнялось на масштабированном контрольном примере «РП против ТА» (Рисунок 20, а, б).



a)



б)

Рисунок 20 – Схема процесса «РП против ТА»;

*a* – полная схема;*б* – отображение верхнего уровня схемы процесса в интерфейсе системы

Таблица 18 – Масштабирование модели по профилям участников

Сценарий	Интервал опроса, с	Количество представителей профиля в сценарии				
		Разработчик	ТА	РП	Другой разработчик	Администратор
17 участников	1	4	4	4	4	1
401 участник	6	100	100	100	100	1
1201 участник	10 – 18	300	300	300	300	1

Компьютерное моделирование представляло собой прогон прикладной модели поведения участников многопользовательского бизнес-процесса как системы массового обслуживания в среде мультиагентного имитационного моделирования. За основу среды была взята ранее разработанная система моделирования, показанная во второй главе, с доработками по моделированию принятия решений, показанными в четвертой главе.

### **5.3. Организация масштабирования системы и проведения испытаний на 1200 агентов. Выбор оснастки моделирования, выбор варианта оркестровки.**

Рассматривая комплексное решение проблем моделирования, нельзя оставить в стороне вопрос о проверке модели на полноценной нагрузке, соответствующей требованиям предметной области. Основным объективным показателем при этом становится количество моделируемых участников проектных команд, уже без агрегирования их на уровень групп. Выше, при описании нагрузочных тестов, отмечено, что не все проблемы можно увидеть, просто повышая интенсивность работы малого числа участников. Большое число участников само по себе вызывает новые классы проблем, их нельзя спрогнозировать, их проявление или их отсутствие может быть подтверждено только экспериментально: моделью на полное количество участников.

Впервые использованная технология в собранном виде описана в [120], здесь приводится более развернутое описание и раскрывается ряд технических подробностей.

Размер команд и на проектном внедрении, и на сопровождении комплекса информационных систем, может составлять несколько сотен человек [12]. Это сотрудники основного заказчика, основного исполнителя, субподрядчиков и, если задействован авторский надзор, еще и вендора. Если со стороны исполнителей это преимущественно технические специалисты и проектный менеджмент, то со стороны заказчика это, помимо названных ролей, также линейный менеджмент, сотрудники служб, а еще – ключевые пользователи, массово проходящие обучение, а затем формирующие большую часть заявок в техподдержку.

Поэтому потребовалось решить вопрос организации масштабирования системы и проведения испытаний на значимое количество агентов. Подходящее количество было определено в 1200 – это количество, гарантированно достаточное для модели производственного или проектного подразделения IT-компании.

Для этого нужно было решить четыре основные задачи:

- Решение вопроса аппаратных мощностей и лицензий, потому что в момент проведения испытаний свободного стенда с большими терминальными серверами и нужным количеством активированных лицензий 1С в наличии не оказалось.
- Оркестровка сценария. Процесс, написанный для пяти представителей профилей, по одному представителю каждого, потребовалось переложить на существенно больший масштаб.
- Повышение технологического качества системы-носителя. В коде алгоритмов прикладной модели на высокой нагрузке обнаружились узкие места, дающие собственные конфликты блокировок и длительные ожидания на уровне сервера приложений 1С. Этот технологический шум потребовалось снизить до приемлемых пределов, а конфликты блокировок – устранить полностью.
- Устранение нежелательных эффектов, возникающих из-за неопределенностей параллелизма («состояния гонок») в силу некоторой «свободы» действия агентов, присущей выбранному варианту оркестровки.

Моделирование проводилось для ранее разобранных процесса «РП vs ТА».

### **Решение задачи аппаратных мощностей и лицензий**

Решение состояло в переходе на альтернативную оснастку, то есть на моделирование фоновыми заданиями, описанное в первой главе. Без нее потребовалось бы иметь не менее 1232 клиентских лицензий 1С уровня КОРП и соответствующую серверную лицензию (около 10,5 млн руб.), а также терминальный сервер с 64 ядрами процессора и 256 ГБ памяти (аренда от 52 тысяч руб. в месяц).

При этом в наличии имелось следующее оборудование:

Один компьютер с характеристиками: 6-ядерный Intel(R) Core(TM) i5-8400@2.80GHz, 32ГБ ОЗУ DDR4 2666 MGz, HDD Seagate Barracuda ST1000DM003 7200 об./мин.

Также в наличии имелось следующее программное обеспечение:

- ОС: Windows 10 Домашняя для одного языка;

- 1С:Предприятие [1] версии 8.3.26.1498 (x64, версия для Windows) в составе: тонкий клиент, толстый клиент, сервер приложений, утилита администрирования сервера, лицензия 1С:Предприятие для разработчиков [59], разрешающая запуск сервера 1С:Предприятия и трех клиентских соединений без ограничения по количеству серверных фоновых заданий;
- 1С: Система проектирования прикладных решений [94], редакция 2.0 (2.0.1.61) (1С:СППР 2) как среда описания прикладной модели, с описанными в текущей работе доработками;
- Система управления базами данных (СУБД) PostgreSQL Database Server 14.6-2.1С (x64, версия для Windows).

На обозначенной площадке совершенно не было условий для проведения тестирования по классической технологии вендора, но использование альтернативной оснастки могло оказаться реальным, хотя и требовало экспериментальной проверки.

Использование альтернативной оснастки стало возможным, поскольку не требовалось выхода за границы применимости технологии: интересовала работа даже не серверной части прикладного решения, а только надстройки над ней, и без ограничения прав пользователей. Это позволило решить вопрос и с лицензиями, и с аппаратными ресурсами. Для решения задачи подошла авторская оснастка, разработанная в 2016-2017 годах, апробированная на ряде крупных запусков и не требовательная ни к лицензиям, ни к ресурсам.

Масштабирование достигнуто за счёт перехода на фоновые задания (альтернативную оснастку), что является ключевым решением не только в техническом, но и в концептуальном смысле, повышая устойчивость модели также за счет перехода от системы с частично централизованными агентами к полностью независимым.

### **Решение задачи выбора варианта оркестровки**

Понятие оркестровки уже упоминалось при описании нагрузочных тестов технических систем. В них оркестровка состояла в распределении работ между участниками процесса таким образом, чтобы работы хватало на всех, и никто не

делал работу, оказывающуюся невостребованной. Иными словами, количество операций, выполняемых внутри модели, должно быть внутренне согласованным между разными ее участками. В модели организационной системы эта внутренняя согласованность также должна обеспечиваться. Но в рассматриваемой модели организационных систем оркестровка потребовалась еще и в другом ключе. Масштабирование системы на полное количество пользователей потребовало найти решение задачи адресации задач внутри групп (профилей или ролей).

Рассматривались четыре варианта.

- Первый – создать этапы бизнес-процесса индивидуально под каждого участника. Чтобы увеличить количество участников, под каждого нового участника потребуется создать свою ветку задач, пусть даже клонированием имеющихся веток. Этот вариант самый точный, но самый трудозатратный и впоследствии практически не перенастраиваемый.

- Второй – исполнители делятся на группы (профили или роли), далее, согласно сценарию, запускаются все представители группы. Хотя каждый исполнитель индивидуален, в модели каждое действие моделируется как групповое, и в нем всегда участвует вся группа. Этот вариант моделирует полностью предсказуемое поведение, но в очень специфической ситуации, по сути, не являясь универсальным способом масштабирования модели.

- Третий – на стартовых этапах исполнители могут брать любую задачу, соответствующую их профилю, но далее, двигаясь по процессу, они назначают задачи конкретно себе, а не на профиль. Такая модель хорошо масштабируется: при смене количества представителей профиля требуется внести очень небольшие изменения в настройки модели. Но вариант дал возможность проявиться, пусть и в ограниченном объеме, неопределенностям параллелизма: часть исполнителей, взяв одну задачу, успевала брать вторую задачу того же этапа, из-за этого часть исполнителей оставалась вовсе без работы.

- Четвертый – создать профили исполнителей, и раздавать задачи всегда на профили, так, чтобы участник мог брать любую задачу из своего профиля. Внутри профиля исполнители неразличимы. Это наиболее простой

вариант, но в конкретной реализации он привел к непредсказуемому поведению участников в системе и значительному повышению времени работы модели, и от него пришлось отказаться. Это произошло из-за того, что адресация действий устанавливалась всегда только на профиль, и при описании модели, и при инициализации следующих действий, и неопределенности параллелизма, вызванные свободой действий исполнителей брать любые задания, проявились в масштабе, нарушающем корректность модели.

Настройка сценария выполнена в соответствии с третьим вариантом, поскольку он предполагает масштабирование без серьезных трудозатрат (не идеальное, но относительно предсказуемое поведение участников) и вписывается в концепцию универсальной, а не специфической, как в варианте 2, модели.

#### **5.4. Технологический шум как фактор неустойчивости**

Технологический шум (дублируя определение из первой главы) – это задержки выполнения операций, вызванных работой системы-носителя: оборудования, СУБД, сервера приложений и пр.

Фактор неустойчивости: растет размерность – растет технологический шум – сложнее отделять организационное поведение от очередей в системе-носителе – поведение модели искажается.

Поскольку компьютерная модель является сжатым во времени отражением реальной системы, важным оказался вопрос о минимальной длительности операции в модели. Чем она меньше, тем быстрее осуществляется прогон модели. С ростом количества исполнителей в модели стал расти технологический шум. Первоначально на сценариях в 1201 пользователя он составлял 180 с.

Правильность поведения прикладной модели оценивается в том числе по наличию очередей в тех местах, где они должны появиться. Но поскольку в системе есть еще очереди на уровне системы-носителя (технологический шум), одно следует явно отделять от другого, в том числе это делается путем сепарации по длительности событий – событиям прикладной модели принудительно

устанавливается минимальная длительность, на которой их можно эффективно отделять от шума.

Чтобы явно отличать очереди на операциях модели от технологического шума, минимальная длительность операции оценивалась в 600 с. Это было приемлемо, но все же требовало улучшения: критичность замечания оценивалась как средняя, в ходе дальнейшей доработки модели замечание должно было быть устранено.

Путем уменьшения количества мест, где задействуются транзакционные механизмы, уменьшения длительности транзакций в остальных случаях и повышением гранулярности блокировок – технологический шум был уменьшен до 80-90 секунд на операцию при нагрузке в 1201 исполнителя. Таким образом, минимальная длительность операции снизилась до 300 с: это остается замечанием, но уже минимальной критичности, в рамках текущей реализации устранение данного замечания не является необходимым.

Чем короче интервал опроса, тем ниже технологический шум и тем ниже возможная длительность операций, но тем выше нагрузка на процессор. Зависимость приведена в Таблице 19. Прочие ресурсы (память и диски) значимо не загружаются. Основная нагрузка идет со стороны процессов сервера приложений 1С и со стороны сервера СУБД, распределяясь между ними 1:1 – 1:2.

Таблица 19 – Рост технологического шума с увеличением размерности модели

Сценарий	Интервал опроса, с	Минимальная длительность операции для цели сепарации от шума, с	Длительность технологического шума, с	Загрузка процессора (общая)	Загрузка памяти, дисков
17 участников	1	7	2	Не значимая	Не значимая
401 участник	6	100	30	45-60%	Не значимая
1201 участник	10	300	80-90	80-100%	Не значимая
1201 участник	18	500	130-145	45-60%	Не значимая

Приведенные в Таблице 19 замеры показывают, что повышение производительности процессоров сервера приложений и сервера СУБД может

позволить снизить интервал опроса. Главным фактором будет являться количество ядер, а не тактовая частота, следовательно, система моделирования может быть масштабируема и на более высокие показатели как в сторону увеличения количества пользователей, так и в сторону дальнейшего снижения минимальной длительности операций.

Подытожим способы снижения технологического шума:

- использование менее требовательной к оборудованию оснастки (применено);
- увеличение длительности операций в модели-надстройке (применено, см. Таблицу 19);
- оптимизация системы-носителя (применено);
- использование более производительного оборудования, увеличение числа ядер процессора.

### **5.5. Неопределенности параллелизма как фактор неустойчивости**

Фактор неустойчивости: рост размерности делает неэффективной тонкую настройку индивидуальных агентов, что приводит к переходу на настройку поведения профилей. Данный подход вносит неопределенности (Таблица 20) вследствие недетерминированности фактического взаимодействия агентов в рамках заданных правил профиля в изначально детерминированной модели.

Из-за некоторой «свободы» в назначении задач, возникшей вследствие применения третьего варианта оркестровки, в системе проявились неопределенности параллелизма («состояния гонок») [60, 157]:

- при высоком количестве исполнителей от 5 % до 15 % из них берет себе больше одной задачи, поэтому такая же часть исполнителей остается без задач; эффект происходит, когда длительность технологического шума выше интервала опроса, поэтому он проявляется в сценарии на 401 исполнителя и не проявляется в сценарии на 17 исполнителей;

- при любом количестве исполнителей в 75 % случаев долг возникает по задаче «Совместная работа ТА и разработчика, часть 2», а в 25 % – по «Дополнительной работе ТА»; причин происходящего не выявлено.

- в сценарии на 1201 исполнителя часть исполнителей берут на себя отработку долга по чужим задачам: этот эффект является как следствием, так и комбинацией двух предыдущих эффектов.

Такое поведение и называется состоянием гонки: поведение системы зависит от времени неконтролируемых событий, что приводит к противоречивым результатам. Это так называемая «плавающая ошибка», ее невозможно вызвать специально в конкретном отлаживаемом случае.

Таблица 20 – Рост неопределенностей параллелизма с увеличением размерности модели

Сценарий	Интервал опроса, с	Длительность техн. шума, с	На 75% задач определенного вида ведущий исполнитель один, а на 25% – другой (но модель детерминированная)	От 5 до 15% исполнителей берет себе >1 задачи и часть исполнителей остается без задач	Отработка долга по чужим задачам: следствие и комбинация предыдущих эффектов
17 участников	1	2	+	-	-
401 участник	6	30	+	+	-
1201 участник	10	80-90	+	+	+
1201 участник	18	130-145	+	+	+

Тактика устранения неопределённостей параллелизма:

- Классифицировать: нежелательное или безразличное;
- Нежелательные блокировать программно или уменьшать свободу в рамках настроек модели.

Первое и третье проявления признаны нежелательными, были приняты меры для их устранения: более жесткое блокирование, программные ограничения.

Более подробно описание проявлений и методы устранения см. [120].

## 5.6. Заключение по пятой главе

Получен научный результат, обладающий новизной. Обоснована и экспериментально подтверждена концепция масштабируемости метода моделирования организационных процессов, основанного на интеграции подходов нагрузочного тестирования универсальных ИТ-платформ и моделирования процессов принятия решений. В эксперименте воспроизведение организационного процесса выполнено в условиях ограниченных вычислительных ресурсов и лицензионных ограничений, что подтверждает практическую реализуемость метода без необходимости в высокопроизводительной инфраструктуре. Установлено, что комбинированный подход сохраняет адекватность модели при увеличении ее размерности. Адекватность модели подтверждена воспроизведением ключевых поведенческих паттернов: формирования очередей в узких местах, генерации задолженностей по работам, а также корректного функционирования механизма принятия альтернативно-обоснованных решений (включая выбор исполнителей и конфликт между двумя ЛПР).

Результат имеет теоретическую и практическую научную значимость.

Теоретическая значимость:

- Обоснована и экспериментально подтверждена концепция масштабируемости интегрированного метода, что позволяет расширить рассмотренную в рамках первой задачи классификацию методов многоагентного моделирования.
- Выявлены факторы неустойчивости: величина технологического шума, эффекты неопределенности параллелизма, проявляющиеся при росте размерности. Это определяет границы применимости метода и позволяет прогнозировать его поведение в новых предметных областях.

Практическая значимость:

- Полученные зависимости между параметрами как модели, так и среды ее функционирования (размерность, величина технологического шума, время

работы модели, аппаратные ресурсы) позволяют конфигурировать симуляции под реальные масштабы команд, с балансом между точностью воспроизведения процессов, временем на настройку и временем на моделирование

Технология достижения результата включила в себя:

- использование оснастки нагрузочного тестирования серверными фоновыми заданиями;
- оркестровку сценария, где задания на работу при описании модели назначаются на группы (профили, роли) исполнителей, при этом каждый исполнитель индивидуален, и при инициализации действий задания назначаются уже на конкретного исполнителя, а не на группу;
- снижение технологического шума;
- снижение влияния неопределенностей параллелизма.

В прикладном аспекте получен завершающий, интегрирующий результат всей работы – все компоненты методов воспроизведения организационных процессов и управленческих решений прошли комплексную верификацию на модели, близкой по размеру к реальным системам, и для этих компонентов доказана совместимость и работоспособность в едином аппарате.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе получено комплексное решение проблем оптимизации организационных систем на примере производственных и проектных подразделений ИТ-компаний. Теоретико-методологическую основу решения составляют:

- методология применения нагрузочного тестирования универсальных платформ (1С) для целей организационного моделирования;
- система методов воспроизведения организационного поведения, включая моделирование движения по процессу и конкуренции за ресурсы;
- формализованные модели и алгоритмы принятия альтернативно-обоснованных решений, интегрирующие поведенческие факторы;
- принципы обеспечения масштабируемости и устойчивости имитационных моделей организационных систем.

В ходе исследования решены поставленные задачи и получены следующие научно-новые результаты.

1. Впервые проведено сопоставление методов моделирования СМО с подходами нагрузочного тестирования в 1С и дана их классификация как методов мультиагентного имитационного моделирования.

2. Разработаны и апробированы методы воспроизведения поведения организационных систем, реализованные в виде подсистемы моделирования для двухуровневой и проектной занятости исполнителей.

3. Проведена адаптация шаблонов альтернативно-обоснованных решений к практике ИТ-компаний, выявлены и операционализированы ключевые факторы (доверие, история взаимодействия, наличие второго ЛПП), влияющие на принятие управленческих решений, а также системно-значимые атрибуты выявленных факторов.

4. Разработан метод интеграции выявленных поведенческих шаблонов в алгоритм принятия решений, основанный на моделировании доверия как

компоненты векторного критерия, истории как модификатора логики алгоритма, а второго ЛПР – как механизма декомпозиции процесса принятия решений.

5. Обоснована и экспериментально отработана технология масштабирования системы до более чем 1000 участников (на практике достигнута модель с 1201 агентом), включающая выбор оснастки, оркестровку, мероприятия по снижению технологического шума и минимизации неопределенностей параллелизма. Данная технология обладает потенциалом переноса на другие предметные области и программные платформы. Важным практическим результатом является подтверждение возможности запуска моделей такого масштаба на одном компьютере с соблюдением лицензионных требований.

Эффективность предложенного подхода подтверждается конкретными кейсами. Например, в ходе моделирования была воспроизведена и проанализирована рискованная ситуация возникновения узкого места, вызванная не техническими, а поведенческими факторами: историей доверия между участниками и чрезмерной уверенностью высококвалифицированного специалиста. Это подчеркивает значимость включения в цифровые двойники скрытых, поведенческих факторов принятия решений, что позволяет выявить причины организационных проблем, которые невозможно обнаружить традиционными методами.

Результаты исследования открывают возможность получать достоверные данные о поведении ИТ-компаний и последствиях управленческих решений путем экспериментов на цифровых двойниках, что исключает риски и прямые экономические издержки, связанные с испытаниями на реальных организационных системах.

Таким образом, цель диссертационного исследования достигнута, все поставленные задачи решены. Достоверность результатов подтверждена экспериментальными данными, внедрением в практику и апробацией на научных и отраслевых конференциях.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

1С:КИП 8, КИП – Корпоративный инструментальный пакет, набор программных продуктов 1С для администрирования, мониторинга, функционального и нагрузочного тестирования крупных информационных систем на платформе 1С:Предприятие 8

1С:СППР2 – программный продукт 1С:Система проектирования прикладных решений версии 2.

1С:ERP – программный продукт (прикладное решение) фирмы 1С, предназначенное для планирования, учета, и управления в первую очередь материальными и финансовыми ресурсами торгового или производственного предприятия

БЯМ – большая языковая модель (англ. large language model, LLM) – языковая модель на базе нейронной сети с большим числом параметров (от миллиардов и более), обученная на обширных массивах текстовых данных

ВРМ – виртуальное рабочее место – клиентское приложение или серверное фоновое задание 1С, отвечающее за имитацию работы одного пользователя в нагрузочном тесте 1С

ИТ– информационные технологии

КРП – календарно-ресурсный план

ЛПР – лицо, принимающее решения

ЛР – линейный руководитель

ОС – операционная система

РБП – расчет бюджета проекта

РП – руководитель проекта

СМО – система массового обслуживания

СППР – система поддержки принятия решений (в силу значимого совпадения аббревиатуры с «1С:СППР2» – используется только в библиографическом списке)

СУБД – система управления базами данных

ТА – технический архитектор

Тест-центр – оснастка для проведения нагрузочных тестов решений на платформе 1С:Предприятие 8, разработанная и продвигаемая вендором (фирмой 1С). Входит в состав пакета 1С:КИП 8

Трансформер – тип архитектуры нейронной сети, разработанный в 2017 году

ТКП – технико-коммерческое предложение

ФА – функциональный архитектор

УЦ – учебный центр

ERP – Enterprise Resource Planning – планирование ресурсов предприятия

GPT – Generative Pre-trained Transformer – генеративный предварительно обученный трансформер – линейка моделей внутри класса БЯМ

LMS – Learning Management System – система управления обучением

MS – Майкрософт

RDP – Remote Desktop Protocol – сетевой протокол, который обеспечивает удалённый доступ к графическому рабочему столу компьютера или сервера

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. 1С:Предприятие 8 [Электронный ресурс]: офиц. сайт. – URL: <https://v8.1c.ru/> (дата обращения: 06.04.2026)
2. 1С:Электронное обучение. Корпоративный университет – Возможности продукта // Отраслевые и специализированные решения: 1С:Предприятие. [Электронный ресурс]. – URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/elearning-universitycorp/features> (дата обращения: 06.04.2026)
3. Адизес, И. К. Идеальный руководитель: Почему им нельзя стать и что из этого следует / И.К. Адизес. – М. : Альпина Паблишер, 2022. – ISBN 978-5-9614-6752-9
4. Азимов, А. Я, робот. / А. Азимов. – М. : Эксмо, серия Гроссмейстер фантастики, 2022
5. АК «АЛРОСА» (ПАО) | Выполненные проекты ЦКТП, Технологии крупных внедрений // 1С:Предприятие 8 – система программ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/tekhnologii/tekhnologii-krupnykh-vnedreniy/vpolnennyye-proekty-tsktp/1s-pervyy-bit/cts-105-021/> (дата обращения: 06.04.2026)
6. Акерлоф Дж., Шиллер Р. Охота на простака. Экономика манипуляций и обмана. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017. 320 с.
7. Акерлоф Дж., Шиллер Р. Spiritus Animalis, или Как человеческая психология управляет экономикой и почему это важно для мирового капитализма / пер. с англ. Д. Прияткина; под науч. ред. А. Суворова. М.: Юнайтед Пресс, 2010. 273 с. ISBN 978-5-904522-33-9
8. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. – М. : Издательство Юрайт, 2023. – 389 с.
9. Акоф, Р. Основы исследования операций / Р. Л. Акофф, М. В. Сасиени ; пер. с англ. и предисл. В. Я. Алтаева ; под ред. И. А. Ушакова. – М. : Мир, 1971

10. Альсова, О. К. Имитационное моделирование систем в среде ExtendSim : учебное пособие для академического бакалавриата / О. К. Альсова. – 2-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 115 с.
11. Алексеева, Т. А., Минеев, А. П., Лошкарёв, И. Д. "Квантовая" теория принятия решений в политической науке. – Полис. Политические исследования. 2017. № 4. С. 22-32. <https://doi.org/10.17976/jpps/2017.04.03>
12. Ачинова, З. А. Как мы выстроили экосистему разработки на 1С в Росатоме и победили техдолг. // Хабр. 2024 [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/greenatom/articles/840454/> (дата обращения: 06.04.2026)
13. Бавыкина, Д.А. Как проводить нагрузочное тестирование в 1С: инструкция по работе с Тест-центром // Хабр. 2025 [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: <https://habr.com/ru/companies/ibs/articles/911398/> (дата обращения: 06.04.2026)
14. Белкин, А.Р. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации / А. Р. Белкин, М. Ш. Левин. – М. : Наука, 1990. – 160 с.
15. Бекларян Г. Л. Имитационное моделирование многоагентных региональных социально-экономических систем: методы и примеры // Вестник ЦЭМИ – 2023. – Том 6. – Выпуск 4 [Электронный ресурс]. URL: <https://semi.jes.su/S265838870029157-5-1> (дата обращения: 06.04.2026)
16. Берталанфи, Л. Фон. История и статус общей теории систем / Л. Фон Берталанфи // 5й том ежегодника АН СССР «Системные исследования». – М. : Наука, 1973, стр. 20-37
17. Бишоп, С. Тренинг изменений в организации: Формирование адекватного восприятия изменений. Методы и формы управления процессом изменений. Взаимодействие персонала в условиях изменений / С. Бишоп, Д. Тэйлор; [Пер. О.А. Кадикина]. – СПб. : Питер, 2002. – 383 с.

18. Богданов, А. А. Тектология – Всеобщая организационная наука / А. А. Богданов. – Берлин ; Санкт-Петербург: 1922. (Переиздание: В 2-х кн. –М. : «Экономика», 1989)
19. Боев, В. Д. Имитационное моделирование систем: учебное пособие для вузов / В. Д. Боев. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. – 253 с.
20. Боев, В. Д. Компьютерное моделирование в среде AnyLogic : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. Д. Боев. – М. : Издательство Юрайт, 2023. – 298 с.
21. Бомас, В. В. Поддержка принятия многокритериальных решений по предпочтениям пользователя. СППР DSS/UTES / В. В. Бомас, В. А. Судаков, К. А. Афонин ; под общ. ред. В. В. Бомаса. – М. : изд-во МАИ, 2006. – 169 с.
22. Бомас, В. В. Поддержка субъективных решений в многокритериальных задачах / В. В. Бомас, В. А. Судаков. – Москва : Изд-во МАИ, 2011. – 173 с.
23. Бочаров, П.П. Теория массового обслуживания : [Учеб. для вузов по направлению "Прикладная математика и информатика" и специальностям "Математика" и "Прикладная математика"] / П. П. Бочаров, А. В. Печинкин. – М. : Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 1995. – 528 с.
24. Брашкина Ю.Г. Как оценить управленческие компетенции кандидатов и сотрудников с помощью 1С:ЗУП КОРП. Пилотный проект ООО «СТМ-Сервис». // Решения 1С для корпоративных клиентов. 2023. [Электронный ресурс]. – URL: [https://filerepository.1c.ru/download-file/09\\_40\\_Как%20оценить%20управленческие%20компетенции%20кандидатов%20и%20сотрудников%20с%20помощью%201С\\_ЗУП%20КОРП%20Пилотный%20проект\\_Брашкина.PDF?fileUid=b81c16aa-69a4-4a04-94a6-f7152eab0c3a](https://filerepository.1c.ru/download-file/09_40_Как%20оценить%20управленческие%20компетенции%20кандидатов%20и%20сотрудников%20с%20помощью%201С_ЗУП%20КОРП%20Пилотный%20проект_Брашкина.PDF?fileUid=b81c16aa-69a4-4a04-94a6-f7152eab0c3a) (дата обращения: 06.04.2026)
25. Бурлуцкая, Ж. Метод моделирования мультиагентных взаимодействий в сложных технологических процессах / Ж. Бурлуцкая, П. Шарко, К. Лундаева, С. Бекетов // Sustainable Development and Engineering Economics. – 2025. – Т. 4, № 2. – DOI 10.48554/SDEE.2025.4.2

26. Вакушин, А. А. Проектирование многокомпонентных имитационных моделей с помощью большой языковой модели GPT-4 / А. А. Вакушин, Б. И. Клебанов // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 7. – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2024/9340> (дата обращения: 06.04.2026)
27. Вентцель, А.Д. Курс теории случайных процессов / А. Д. Вентцель. – М. : Наука, 1975. – 320 с.
28. Вентцель, Е.С. Введение в исследование операций / Е.С. Вентцель. – М. : Сов. радио, 1964. – 388 с.
29. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М. : Сов. радио, 1972, – 552 с.
30. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – 2-е изд. – М.: Наука, 1988
31. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов / Е.С. Вентцель. – 6-е издание, стер. – М., Высш. шк., 1999. – 576 с.
32. Вудкок, М. Раскрепощенный менеджер : Для руководителя-практика / М. Вудкок, Д. Фрэнсис; пер. с англ; вступ. ст. Л. Евенко. – М. : Дело, 1991. – 312 с.
33. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование : учебник и практикум для академического бакалавриата / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская ; под ред. Л. Ф. Вьюненко. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 283 с.
34. Генри, О. Друзья из Сан-Розарио. [Электронный ресурс]. – URL: [http://az.lib.ru/o/ogenri/text\\_12\\_friends\\_in\\_san-rosario.shtml](http://az.lib.ru/o/ogenri/text_12_friends_in_san-rosario.shtml) (дата обращения: 06.04.2026)
35. Гилев, В.В. Нагрузочный тест TPC-1С. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gilev.ru/tpc1cgilv/> (дата обращения: 06.04.2026)
36. Гнеденко, Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б. В. Гнеденко, И. Н. Коваленко. – М. : Наука, 1966. – 432 с.

37. Гуд, Г. Х. Системотехника : Введение в проектирование больших систем / Г. Х. Гуд, Р. Э. Макол ; пер. с англ. К. Н. Трофимова и др. ; под ред. Г. Н. Поварова. – Москва : Сов. радио, 1962. – 383 с.
38. Гусев, Е. В. Модель обеспечения надежности на этапе комплексной отработки изделий ракетно-космической техники / Е. В. Гусев, А. А. Пронкин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2026. – № 1(163). – DOI 10.60797/IRJ.2026.163.38. – EDN WKHNIK
39. Дафт, Р. Л. Теория организации : учебник по специальности "Менеджмент организации" / Р. Л. Дафт ; пер. с англ.; под ред. Э. М. Короткова. – М. : ЮНИТИ, 2012. – 699 с.
40. Доверие – ключ к успеху экономических реформ. Социальные приоритеты и механизмы экономических преобразований в России. Материалы круглого стола. /Отв.ред.доктор экон.наук, профессор Б.З. Мильнер. М.: ФНПР, ИЭ РАН, 1998, С. 109
41. Дорошкевич А. А. Нагрузочное тестирование. // Инфостарт. 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://infostart.ru/1c/articles/2006909/> (дата обращения: 06.04.2026)
42. Дреус, Ю. Г. Имитационное моделирование : учебное пособие для вузов / Ю. Г. Дреус, В. В. Золотарёв. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 142 с.
43. Задача оптимального распределения команд специалистов / Бурков В. Н., Россихина Л. В., Вьюнов А. П., Роговая Л. В. // Автоматика и телемеханика., 2019, выпуск 1, С. 116–125
44. Заде, Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / Л. Заде // Математика сегодня; сборник статей; пер. с англ. – М. : Знание, 1974
45. Зайцев А. А., Куренных А. Е., Судаков В. А., Романов О. Т. Рациональный выбор исполнителей на проектах по созданию информационных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и

оптики. 2019. Т. 19. №2. С. 292-298. DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-2-292-298  
EDN: NYSSDD

46. Зайцев, Н.В. Методика сравнительной оценки и выбора правильных вариантов проектного решения. // Инфостарт. 2023. [Электронный ресурс]. – URL: [https://event.infostart.ru/upload/iblock/\\_7c996/8cb/8cbd70b6d79a3f45c6f9f633086e06da.pdf](https://event.infostart.ru/upload/iblock/_7c996/8cb/8cbd70b6d79a3f45c6f9f633086e06da.pdf) (дата обращения: 06.04.2026)

47. ЗАО «Гринатом» (2012-2013) | Выполненные проекты ЦКТП, Технологии крупных внедрений // 1С:Предприятие 8 – система программ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/tekhnologii/tekhnologii-krupnykh-vnedreniy/vpolnennyye-proekty-tsktp/its-treyd-soft/cts-117-009/> (дата обращения: 06.04.2026)

48. Зараменских, Е. П. Управление жизненным циклом информационных систем : учебник и практикум для вузов / Е. П. Зараменских. – 2-е изд. – М. : Юрайт, 2021. – 497 с.

49. Иванов В.К., Виноградова Н.В., Палюх Б.В., Сотников А.Н. Современные направления развития и области приложения теории Демпстера-Шафера (обзор)// Искусственный интеллект и принятие решений. №4, 2018, С.32-42. EDN: PKYJH

50. Ильин, В. А. Социально-психологические основы командообразования: методология и базовые техники: учебное пособие / В. А. Ильин – М. : Московский психолого-социальный институт, 2005. – 168 с.

51. Кини, Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа; под ред. И. Ф. Шахнова ; пер. с англ. В. В. Подиновского и др. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.

52. Компании «Онланта» и «Первый БИТ» провели нагрузочное тестирование 1С:ERP 2.2 в облаке [Электронный ресурс] // ICT-Online.ru. 2017. URL: <https://releases.ict-online.ru/news/kompanii-onlanta-i-pervyy-bit-proveli-nagruzochnoe-testirovanie-1s-erp-2-2-v-oblake-98478> (дата обращения: 06.04.2026)

53. Королев, А. В. Экономико-математические методы и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. В. Королев. – М. : Юрайт, 2016. – 280 с.
54. Кузнецов, А. В. Краткий обзор многоагентных моделей / А. В. Кузнецов // Управление большими системами: сборник трудов. – 2018. – № 71. – С. 6-44. – EDN TGAЕJQ
55. Кузьменко М.В., Сухов В.В., Ширяев М.В., Платонова О.В. Мультиагентный подход к принятию управленческих решений в сложных технических системах обработки информации // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2025. Т. 23. № 1. С. 15–18. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700814-202501-02>
56. Ларичев, О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: Учебник / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2000. – 296 с.
57. Лебедева, Д. А. Теории Ричарда Талера и их значение в современном экономическом анализе / Д. А. Лебедева. – 2018. – С. 129-132. EDN: YZLMZV В сборнике: 75-я научная конференция студентов и аспирантов Белорусского государственного университета. Материалы конференции. В 3-х частях. Редколлегия: В.Г. Сафонов [и др.]. 2018. С. 129-132
58. Литвак, Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа / Б.Г. Литвак – М., Радио и связь, 1982 – 184 с.
59. Лицензия для разработчиков (1с.ru) // 1С: Предприятие 8 – система программ [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/platforma/litsenziya-dlya-razrabotchikov/> (дата обращения: 06.04.2026)
60. Лобачев, А. Ю. Моделирование состояний гонки в многопоточных программах / А. Ю. Лобачев, В. А. Засов // Наука и образование транспорту. – 2021. – № 2. – С. 141-145. – EDN VZEPBT
61. Лычкина, Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов : учебное пособие для студентов высших учебных заведений,

обучающихся по направлению подготовки 080101 «Прикладная информатика в управлении» / Н. Н. Лычкина. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 252 с.

62. Макиавелли, Н. Государь, глава XXV Перевод: Муравьевой Г. / Макиавелли Н. Избранные произведения. М. :Художественная литература, 1982

63. Малыгина С.Н., Неупокоева Е.О. Обзор современных средств имитационного моделирования // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2022. Т. 13, № 2. С. 134-143. doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.013

64. Манн, И.Б. Инструменты маркетинга для отдела продаж / И. Манн, А. Турусина, Е. Уколова. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2017. – 213 с.; 22 см.; ISBN 978-5-00100-647-3

65. МГМУ имени И.М. Сеченова (2012-2013) | Выполненные проекты ЦКТП, Технологии крупных внедрений // 1С:Предприятие 8 – система программ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/tekhnologii/tekhnologii-krupnykh-vnedreniy/vpolnennye-proekty-tsktp/1s-pervyy-bit/cts-117-010/> (дата обращения: 06.04.2026)

66. МГМУ имени И.М. Сеченова (2013-2014) | Выполненные проекты ЦКТП, Технологии крупных внедрений // 1С:Предприятие 8 – система программ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/tekhnologii/tekhnologii-krupnykh-vnedreniy/vpolnennye-proekty-tsktp/1s-pervyy-bit/cts-117-013/> (дата обращения: 06.04.2026)

67. Мильнер Б.З. Теория организации: Учебник – 7е изд., перераб. и доп. / Б.З. Мильнер. – М. ИНФРА-М, 2008. – 864 с.

68. Мильнер, Б.З. Фактор доверия при проведении экономических реформ / Б.З. Мильнер // Вопросы экономики. – 1998. – № 4. – с. 27-38

69. Минцберг, Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / Г. Минцберг Пер. с англ. под ред. Ю. Н. Каптуревского. – СПб.: Питер, 2004 – 512 с.

70. Моисеев, Н.Н. Современный рационализм / Н. Н. Моисеев – М. : МГВП КОКС, 1995. – 376 с.

71. Морз, Ф.М. Методы исследования операций / Ф. М. Морз, Д. Е. Кимбелл ; Пер. с англ. – М. : Сов. радио, 1956. – 307 с.
72. Невмянов, М. С. Нагрузочное тестирование: что это и как его провести. Виды и инструменты. // IBS QA Solutions. 2025 [Электронный ресурс]. – URL: <https://ibs-qa.ru/media/nagruzochnoe-testirovanie-chto-eto-i-kak-ego-provesti-vidy-i-instrumenty/> (дата обращения: 06.04.2026)
73. Никитина, Т.В., Чепиков, Д.А., Квеквескири, С.Г. Ричард Талер и его инновационный подход к развитию поведенческой экономики // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2018. № 4. С. 626-635. EDN: VSWRIY
74. Не надо ТАК. Как убить АК. Чистка Калаша. // VK Video. 2024. [Электронный ресурс]. – URL: [https://vkvideo.ru/video-42903161\\_456241830](https://vkvideo.ru/video-42903161_456241830) (дата обращения: 06.04.2026)
75. Нейгард, М. Release it! Проектирование и дизайн ПО для тех, кому не всё равно / М. Нейгард. – СПб.: Питер, 2016. – 320 с.
76. Нейман, Джон фон. Теория игр и экономическое поведение. / Нейман Дж., Моргенштерн О. ; пер. с англ. под ред. и с доб. Н. Н. Воробьева. – Москва : Наука, 1970. – 707 с.; 27 см
77. Нестеров, А.А. «1С:Корпорация» и комплексы отраслевых решений для цифровизации бизнеса, статистика миграции с зарубежного ПО // Решения 1С для корпоративных клиентов. 2023. [Электронный ресурс]. – URL: [https://filerepository.1c.ru/download-file/14\\_30\\_1С\\_Корпорация%20и%20отраслевые%20комплексы%20и%20статистика%20\(Нестеров,%201С\).pdf?fileUuid=b8b3da69-7e54-4354-bbf8-66ae945d7c04](https://filerepository.1c.ru/download-file/14_30_1С_Корпорация%20и%20отраслевые%20комплексы%20и%20статистика%20(Нестеров,%201С).pdf?fileUuid=b8b3da69-7e54-4354-bbf8-66ae945d7c04) (дата обращения: 06.04.2026)
78. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами. 4-е изд., испр. и дополн. / Д.А. Новиков. – М.: ЛЕНАНД, 2022. –500 с.
79. Ньюстром, Дж. Организационное поведение. Поведение человека на рабочем месте / Дж. В. Ньюстром, К. Дэвис; Пер. с англ. – СПб. : Питер, 2000. – 447 с.

80. Обзор инструментария для нагрузочного и перформанс-тестирования // Хабр. 2017. [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/jugru/articles/337928/> (дата обращения: 06.04.2026)
81. Оценка интегральной производительности системы по методике APDEX // Методики :: Методическая поддержка для разработчиков и администраторов 1С:Предприятия 8. [Электронный ресурс]. – URL: <https://its.1c.ru/db/metod8dev/content/5807/hdoc> (дата обращения: 06.04.2026)
82. Пиявский, С.А. Технология ПРИНН для моделирования слабо структурированных систем / С.А. Пиявский // Информационные технологии в моделировании и управлении: Труды II Международной научно-практической конференции. – СПб. – 2000. – С. 295-297
83. Подиновский, В.В. Многокритериальные задачи с упорядоченными по важности критериями / В.В. Подиновский // Автоматика и телемеханика. – 1976. – № 11. – С. 117-127
84. Поспелов, К. Н. Метод оценки ограниченной рациональности агентов в задачах управления инновационными проектами / К. Н. Поспелов; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2025. – DOI: 10.18720/SPBPU/2/id25-300
85. Предисловие к пятому тому ежегодника АН СССР «Системные исследования». – М. : Наука, 1973. – С. 5-6
86. Применение игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов / Бурков В.Н., Джавахадзе Г.С., Динова Н.И., Щепкин Д.А. ; Рецензент: д.т.н., проф. Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 51 с.
87. Проведение нагрузочного тестирования // Методики :: Методическая поддержка для разработчиков и администраторов 1С:Предприятия 8 [Электронный ресурс]. – URL: <https://its.1c.ru/db/metod8dev/content/5811/hdoc> (дата обращения: 06.04.2026)

88. Проскурников, А.В. Задачи и методы сетевого управления / Проскурников А.В., Фрадков А.Л.// Автоматика и телемеханика. – 2016. – №10. – С. 3–39
89. Рубинштейн, А.Я. Рациональность & иррациональность: эволюция смыслов //Журнал новой экономической ассоциации. – 2017. – №1(33). – С.146-151. EDN: YLYLAJ
90. Рыженкова, И.К. Ошибки, которые мешают делегировать задачи. // Ближе к делу. 2022. [Электронный ресурс]. – URL: <https://kdelu.vtb.ru/articles/oshibki-kotorye-meshayut-rukovoditelyam-delegirovat-zadachi/> (дата обращения: 06.04.2026)
91. Рыженкова, И.К. Профессиональные навыки менеджера: Повышение личной и командной эффективности : 2-е изд. / И.К. Рыженкова – М.: Эксмо, 2016 – 272 с.
92. Саати, Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложение / Т.Л. Саати. – М.: Советское радио, 1965. – 510 с.
93. Саймон, Г.А. Административное поведение. / Г. А. Саймон, Д.Г. Марш. – М.: Мир, 1974
94. Система проектирования прикладных решений (1c.ru) // 1С:Предприятие 8 – система программ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/tehnologii/sistema-proektirovaniya-prikladnykh-resheniy/> (дата обращения: 06.04.2026)
95. Советов, Б. Я. Моделирование систем: учебник для бакалавров – 7-е изд./ Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Юрайт, 2013. – 343 с.
96. Судаков В.А., Посадский А.И. Веб-сервисы поддержки принятия решений WS-DSS для нечеткого многокритериального анализа альтернатив // Сборник статей Международной научно-практической конференции Научный и интеллектуальный потенциал. Самара, 2017. С. 87-89. EDN: YOGSBV
97. Талер, Р. Новая поведенческая экономика: почему люди нарушают правила традиционной экономики и как на этом заработать / Р. Талер ; [пер. с англ. А. Прохоровой]. –Москва : Издательство «Э», 2017. – 368 с.

98. Тарасов, В.Б. Нетрадиционные и гибридные логики в моделировании интеллектуальных агентов. I. Искусственные деятели, интенциональные характеристики и пути моделирования // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2000. – №5. – С. 5–17
99. Тарасов, В. К. Искусство управленческой борьбы: технологии перехвата и удержания управления / Владимир Тарасов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Добрая книга, печ. 2016. – 432 стр. (стр.27)
100. Таха, Х.А. Введение в исследование операций / Х. А. Таха ; [пер. с англ.] – М. : Вильямс, 2005. – 901 с.
101. Теория управления организационными системами и другие науки об управлении организациями / Бурков В. Н., Губко М. В. Коргин Н. А., Новиков Д. А. // Проблемы управления. 2012. № 4. С. 2 – 10
102. Тест-центр (1c.ru) // 1С: Предприятие 8 – система программ [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/tekhnologii/tekhnologii-krupnykh-vnedreniy/korporativnyy-instrumentalnyy-paket/test-tsentr/> (дата обращения: 06.04.2026)
103. Технология нагрузочного тестирования информационных систем с большим объемом данных // IBS QA Solutions. 2004. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ibs-qa.ru/media/media/1947-tekhnologiya-nagruzochnogo-testirovaniya-informatsionnykh-sistem-s-bolshim-obemom-dannykh/> (дата обращения: 06.04.2026)
104. Толстой, Л.Н. Лгун. [Электронный ресурс]. – URL: <https://classica-online.ru/catalog/lgun-tolstoy/> (дата обращения: 06.04.2026)
105. Трахтенгерц, Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений / Э. А. Трахтенгерц. – М. : СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
106. Трофимов, В. В. Информационные технологии в 2 т. Том 2 : учебник для академического бакалавриата / В. В. Трофимов. – М. : Юрайт, 2016. – 390 с.
107. Умнов, П.С. Выбор интегратора для масштабного проекта внедрения. // Решения 1С для корпоративных клиентов. 2023. [Электронный ресурс]. – URL: <https://filerepository.1c.ru/download->

file/17\_30\_Выбор%20интегратора%20УмноВПС\_v6.pdf?fileUuid=e292268d-ed45-4f12-ba4d-6e5810cb335e (дата обращения: 06.04.2026)

108. Успешный тест 1С:ERP на 12 000 одновременно работающих с единой базой пользователей // 1С: Предприятие 8 – система программ. 2024. [Электронный ресурс]. – URL: <https://v8.1c.ru/static/uspeshnyy-test-1s-erp-na-12-000-polzovateley/> (дата обращения: 06.04.2026)

109. Филиппов, Е. В. «1С:Управление производственным предприятием 8»: практика масштабирования. 2010 [Электронный ресурс]. – URL: <https://1solution.uz/events/articles/1s-upravlenie-proizvodstvennym-predpriyatiem-8-praktika-masshtabirovaniya/> (дата обращения 06.04.2026)

110. Филиппов, Е.В. Настольная книга 1С:Эксперта по технологическим вопросам : Издание 2 / Е.В. Филиппов. – М. : 1С-Паблишинг, 2015. – 312 с.

111. Филиппов, Е.В. Альтернативные технологии нагрузочного тестирования серверной части кода прикладных решений на платформе 1С. // Инфостарт. 2018. [Электронный ресурс]. – URL: <https://infostart.ru/1c/articles/856585/> (дата обращения: 06.04.2026)

112. Филиппов Е. В. Массовое обучение сотрудников предприятий заказчика на этапе разработки пилотного решения / Е.В. Филиппов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2022. Т. 19, № 1. С. 37 – 46. DOI 10.14489/vkit.2022.01.pp.037-046

113. Филиппов, Е.В. Обучение сотрудников заказчика работе в «1С:ERP» на развивающемся функционале / Е.В. Филиппов // В сборнике: Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. М., 2022. – С. 48-49

114. Филиппов, Е. В. Описание архитектуры сложной информационной системы на начальных этапах проекта доработки и внедрения типового программного решения / Е.В. Филиппов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2022. Т. 19, № 9. – С. 54 – 63. DOI: 10.14489/vkit.2022.09.pp.054-063

115. Филиппов, Е.В. Применение технологий нагрузочного тестирования для моделирования процессов обучения сотрудников заказчика / Е.В. Филиппов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2023, Т. 20., № 3. – С. 50 – 60. DOI: 10.14489/vkit.2023.03.pp.050-060

116. Филиппов, Е.В. SAP ушел, карьера осталась: как переучить разработчиков на 1С // Sapland. 2023. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sapland.ru/p-events/news/evgenii-philippov-sap-ushel-a-kariera-ostalasi-kak-pereuchiti-razrabotchikov-na.html> (дата обращения: 06.04.2026)

117. Филиппов Е. В. Иррациональные управленческие решения в проектах ИТ-компании: примеры, последствия, шаблоны, модель. / Е.В. Филиппов //Материалы I Международной научно-практической конференции «Педагогика, психология и экономика: вызовы современности и тенденции развития», 2024. – С. 136-143 [Электронный ресурс]. – URL: [https://mmamos.ru/wp-content/uploads/science/pedagog-aspir\\_2024.pdf](https://mmamos.ru/wp-content/uploads/science/pedagog-aspir_2024.pdf) (дата обращения: 06.04.2026)

118. Филиппов Е. В. Моделирование иррациональных решений, принимаемых при управлении ИТ-проектами // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2024. Т. 21, № 9. С. 52 – 60. DOI: 10.14489/vkit.2024.09.pp.052-060

119. Филиппов Е. В. Сопоставление технологии нагрузочных тестов 1С и основ мультиагентного имитационного моделирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2024. Т. 21, № 12. С. 36 – 44. DOI: 10.14489/vkit.2024.12.pp.036-044

120. Филиппов Е. В. Практико-ориентированная технология моделирования организационной системы с числом участников свыше 1000 оснасткой нагрузочного тестирования 1С. // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2025. Т. 22, № 5. С. 15 – 23. DOI: 10.14489/vkit.2025.05.pp.015-023

121. Фирма «1С» успешно провела нагрузочное тестирование «1С:ERP Управление предприятием» на 30 000 пользователей // 1С: Предприятие 8 – система программ. 2025. [Электронный ресурс]. – URL:

<https://v8.1c.ru/metod/article/firma-1s-uspeshno-provela-nagruzochnoe-testirovanie-1s-erp-upravlenie-predpriyatiem-na-30-000-polzovateley.htm> (дата обращения: 06.04.2026)

122. Фурнье, К. От разработчика до руководителя : менеджмент для IT-специалистов / К. Фурнье ; пер. с англ. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 287 с.

123. Хинчин, А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания / А. Я. Хинчин ; под ред. Б. В. Гнеденко. – М.: Физматгиз, 1963. – 236 с.

124. Цыгичко, В.Н. Руководителю о принятии решений / В. Н. Цыгичко ; – М. : Инфра-М, 1996. – 272 с.

125. Чалдини, Р. Психология влияния. Психология влияния. Убеждай, воздействуй, защищайся / Р. Чалдини. – СПб. : Питер, 2020. – 464 с.

126. Шеннон, Р.Ю. Имитационное моделирование систем – искусство и наука / Р.Ю. Шеннон ; пер. с англ. – М. : Мир, 1978. – 418 с.

127. Шиллер, Р. Иррациональный оптимизм : как безрассудное поведение управляет рынками / Р. Шиллер ; пер. с англ. – М. : Альпина Паблишер, 2013. – 418 с.

128. Шихирев, П.Н. Доверие как основа деловых отношений / П. Н. Шихирев //Кадровая служба и управление персоналом предприятия. 2003. № 10. – С. 8

129. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении : Учеб. Пособие / Е. В. Шикин. А. Г. Чхартишвили – М.: Дело, 2000

130. Шо, Р.Б. Ключи к доверию в организации : Результативность. Порядочность. Проявление заботы / Р.Б. Шо; пер. с англ. – М. : Дело, 2000 – С. 15-16

131. Шорникова, Н.Ю. Система повышения квалификации. Инновационный подход : монография : научные специальности 08.00.05 "Экономика и управление народным хозяйством", 13.00.08 "Теория и методика

профессионального образования" / Н. Ю. Шорникова. – М.ЮНИТИ-ДАНА: Закон и право, 2017. – 142 с.

132. Эзоп. Пастух-шутник. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rustih.ru/ezop-pastux-shutnik/> (дата обращения: 06.04.2026)

133. Юдин, Э.Г. Методологическая природа системного подхода / Э.Г. Юдин // 5й том ежегодника АН СССР «Системные исследования» – М. : Наука, 1973. – С. 38-51

134. Abdelrahman M. et al. (2008) Rational Best-Value Model based on Expected Performance. Transportation Research Record, no. 2081, pp. 46-55, National Research Council (U.S.) Jan 2008. The definitive version is available at <https://doi.org/10.3141/2081-05>

135. Acevedo, R. A., Aponte, E., Harmath, P., & Mora Mora, J. (2021). Rational irrationality: A two stage decision making model. Journal of Advances in Decision Science, 25(1) DOI: 10.47654/v25y2021i1p1-39. URL: <https://iads.site/rational-irrationality-a-two-stage-decision-making-model/> (accessed: 06.04.2026)

136. AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.anylogic.ru/> (дата обращения: 06.04.2026).

137. Apache JMeter – Apache JMeter™. – URL: <https://jmeter.apache.org/> (accessed: 06.04.2026)

138. Barković D, Tuševski B. (2019) Rational decision versus irrational decision. Proceedings of the Interdisciplinary management research XV (2019), Opatija, Croatia ISSN 1847-0408, pp.402-418

139. Borschev A., Filippjv A. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools // The 22nd Int. Conference of the System Dynamics Society, July 25- 29, 2004, Oxford, England. – 2004

140. Cinkusz, K. Cognitive Agents Powered by Large Language Models for Agile Software Project Management / K. Cinkusz, J. A. Chudziak, E. Niewiadomska-Szynkiewicz // Electronics. – 2025. – Vol. 14. – P. 87. – DOI: 10.3390/electronics14010087

141. ЕАМ-решение IBS получило сертификат «1С:Совместимо» – Сnews (2020) [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.cnews.ru/news/line/2020-11-11\\_eamreshenie\\_ibs\\_poluchilo\\_sertifikat](https://www.cnews.ru/news/line/2020-11-11_eamreshenie_ibs_poluchilo_sertifikat) (дата обращения: 06.04.2026)
142. Erdogan B., Bauer Talya N. Overqualified employees: too good to hire jr to goog to be true? August 2007 Academy of Management Annual Meeting Proceedings 2007(1):1-6. DOI:10.5465/AMBPP.2007.26524286
143. Erlang, A.K. (1909) The Theory of Probabilities and Telephone Conversations. *Nyt Tidsskrift for Matematik B*, 20, 33
144. Frost-Gorder, P. You're not irrational, you're just quantum probabilistic. / ScienceDaily. Ohio State University.. ScienceDaily, 14 September 2015. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2015/09/150914114639.htm> (accessed: 06.04.2026)
145. Gilbreth F., Gilbreth L. Applied Motion Study. – Easton(Pa): Hive Publishing Company, 1973
146. Hashimoto R. From Heard to Lived Opinions: Simulating Opinion Dynamics with Grounded LLM Agents in Economic Environments / R. Hashimoto, M. Kaneko, R. Takata, T. Takayanagi, K. Izumi // arXiv. – 2025. – arXiv:2603.26701 [cs.AI]. – URL: <https://arxiv.org/pdf/2603.26701> (accessed: 06.04.2026)
147. Hewitt C. Viewing control structures as patterns of passing messages // Artificial Intelligence. – 1977. – Vol. 8, Iss. 3. – P. 323–364. URL: [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(77\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0004-3702(77)90033-9) (accessed: 06.04.2026)
148. Hosmer L.T. Trust: the connecting link between organisational theory and philosophical ethics // *Academy of management review*, 1995, vol. 20, N 2, Pp. 379-403
149. HP LoadRunner – Википедия [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/HP\\_LoadRunner](https://ru.wikipedia.org/wiki/HP_LoadRunner) (дата обращения: 06.04.2026)
150. IBS создала «Путеводитель по «Лаборатории ERP+» в рамках программы «Федерация» | Новости IBS (2023) [Электронный ресурс]. – URL: <https://ibs.ru/media/ibs-sozdala-putevoditel-po-laboratorii-erp-v-ramkakh-programmy-federatsiya/> (дата обращения: 06.04.2026)

151. Iglesias C.A., Garujo M., Gonzalez J.C. ´ A Survey of Agent-Oriented Methodologies // Proc. of the Intelligent Agents V: Agents Theories, Architectures, and Languages: 5th Int. Workshop, ATAL'98 Paris, France, July 4–7, 1998. / Ed. by J.P. Muller, A.S. Rao, M.P. Singh. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1999. – P. 317–330– URL: [http://dx.doi.org/10.1007/3-540-49057-4\\_21](http://dx.doi.org/10.1007/3-540-49057-4_21) (accessed: 06.04.2026)
152. Kahneman D., Tversky A. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases // Science. New Series. 1974. V. 185(4157). P. 1124–1131
153. Kendall D.G., Some Problems in the Theory of Queues, 1951
154. Khan L. J., & Morrow, P. C. 1991. Objective and subjective underemployment relationships to job satisfaction. *Journal of Business Research*, 22: 211-218
155. Kleinrock L. , Queueing systems, 1979
156. Kotter J. Corporate Culture and Performance – N.Y. Free Press, 1992
157. Lamport L. Time, clocks, and the ordering of events in a distributed system. *Communication of the ACM* 21 7 (1978) 558-565
158. Lewin K. *Frontiers in Group Dynamics: Concept, Method and Reality in Social Science; Social Equilibria and Social Change*. First Published Jun 1, 1947; pp. 34-35
159. López-Sánchez, A., Lujak, M., Semet, F., & Billhardt, H. 2026. Fair and efficient multi-agent routing for cooperative and autonomous agricultural fleets with implements. *Computers and Operations Research*, 185, 107252. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2025.107252> (accessed: 06.04.2026)
160. Maynard D. C., Joseph, T. A., & Maynard, A. M. 2006. Underemployment, job attitudes, and turnover intentions. *Journal of Organizational Behavior*, 27: 509-536
161. Mintzberg H., *The Nature of Managerial Work* / H. Mintzberg. – New York: Harper & Row, 1973
162. Mintzberg H., Quinn J. *The Strategy Process*. – Prentice Hall, 1991, P.481-503

163. O'Connor, P. D. T. *Practical Reliability Engineering* / P. D. T. O'Connor, A. Kleyner. – 5th ed., John Wiley & Sons, 2012. – ISBN 978-0-470-97982-2
164. Olaniran O.J. (2015), The effects of cost-based contractor selection on construction project performance. *Journal of Financial Management of Property and Construction*. Vol. 20 No. 3, pp. 235-251
165. Pareto V. The New Theories of Economics, *Journal of Political Economy*, Vol. 5, No. 4, Sep. 1897
166. *Problem Child [Трудный ребёнок]* (1990). Реж. Деннис Дуган. США: Universal Pictures
167. Raiffa H. *Decision Analysis/ Introductory lectures on choices under Uncertainty*. Addison Wesley, 1968
168. Russell S.J., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. – 4th ed., Global Edition – London: Pearson Education Limited, 2022. – 1167 p.
169. Sasieni M. *Operations research – methods and problems* 1959
170. Shan Z-H (2022) Brainwave Phase Stability: Predictive Modeling of Irrational Decision. *Front. Psychol.* 13:617051. doi: 10.3389/fpsyg.2022.617051
171. Shiller, R. J. *The Subprime Solution: How Today's Global Financial Crisis Happened, and What to Do about It* / R. J. Shiller. – Princeton, NJ : Princeton University Press, 2012. – 196 p.
172. Teylor F. *The Principles of Scientific Management*. – N.Y.: Harper and Row, 1914
173. Too Good to Hire? Capability and Inferences about Commitment in Labor Markets. / Galperin Roman V., Hahl Oliver, Sterling Adina D., Guo Jerry. // *Administrative Science Quarterly* (IF11.113), Pub Date : 2019-03-28, DOI: 10.1177/0001839219840022
174. Tversky A., Shafir E. The Disjunction Effect in Choice under Uncertainty // *Psychological Science*. 1992. V. 3(5). P. 305–310. DOI: 10.1111/j.1467-9280.1992.tb00678.x Tuckman, Bruce W. 'Developmental sequence in small groups', *Psychological Bulletin*, (1965) (Vol. 63, No. 6), pp. 384-399

175. Tuckman Bruce W., Jensen Mary Ann C. Stages of Small-Group Development Revisited. *Group and Organization Studies*, (Vol. 2, No. 4) pp. 419-426, Dec 77
176. Urwick L. *Notes of the Theory of Organization*. – N.Y.:Amacom, 1952
177. Vroom, Victor H.; Jago, Arthur G. (1988). *The New Leadership: Managing Participation in Organizations*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. ISBN 0-13-615030-6
178. Vroom, Victor H.; Yetton, Phillip W. (1973). *Leadership and Decision-Making*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press. ISBN 0-8229-3266-0
179. Weber M. *The Theory of Social and Economic Organization*. – N.Y.: Free Press, 1947
180. Wang, Z., and Busemeyer, J. R. (2016). Interference effects of categorization on decision making. *Cognition* 150, 133–149. doi: 10.1016/j.cognition.2016.01.019
181. Wang, Z., Busemeyer, J. R., & deBuys, B. (2021). Beliefs, Actions, and Rationality in Strategical Decisions. *Topics in Cognitive Science*. Portico. <https://doi.org/10.1111/tops.12534> (accessed: 06.04.2026)
182. Wang, Z., Solloway, T., Shiffrin, R. M., and Busemeyer, J. R. (2014b). Context effects produced by question orders reveal quantum nature of human judgments. *PNAS* 111, 9431–9436. doi: 10.1073/pnas.1407756111
183. Wißner, M., Hammer, S., Kurdyukova, E. et al. Trust-based Decision-making for the Adaptation of Public Displays in Changing Social Contexts. *J Trust Manag* 1, 6. – 2014. URL: <https://doi.org/10.1186/2196-064X-1-6> (accessed: 06.04.2026)
184. Wooldridge M. *An Introduction to MultiAgent Systems*. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2002. 366 p.
185. Xie, Z. AI Metropolis: Scaling Large Language Model-Based Multi-Agent Simulation with Out-of-Order Execution / Z. Xie, H. Kang, Y. Sheng, T. Krishna, K. Fatahalian, C. Kozyrakis // arXiv. – 2024. – arXiv:2411.03519. – URL: <https://arxiv.org/pdf/2411.03519> (accessed: 06.04.2026)

186. Zadeh L. A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Т. 8, № 3. – P. 338-353.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Пояснения к приложениям: в мае 2025 года была изменена формулировка темы работы, справка и акт получены в 2024 году, поэтому в них указана прежняя формулировка. Внедренные результаты имеют прямое отношение и к теме работы с актуальной формулировкой.

### СПРАВКА

**о внедрении в учебном процессе результатов диссертационной работы  
Филиппова Евгения Валерьевича  
«Модели и алгоритмы принятия управленческих решений в ИТ-компаниях»**

С участием Е.В. Филиппова подготовлены методические разработки и проводятся курсы:

- Основы ремесла 1С:Эксперта

URL: <https://uc1.1c.ru/course/osnovy-remesla-1s-eksperta/>

- Логическое и функциональное моделирование в 1С:СППР версии 2

URL: <https://uc1.1c.ru/course/logicheskoe-i-funktsionalnoe-modelirovanie-v-1s-sppr-2/>

- Запросы в «1С:Предприятие 8» для программистов и разработчиков

URL: <https://uc1.1c.ru/course/zaprosy-v-1s-predpriyatie-8-dlya-programmistov-i-razrabotchikov/>

Указанные курсы используются для подготовки программистов, разработчиков, консультантов, специалистов по обеспечению технологического качества крупных внедрений 1С и по проведению нагрузочных тестирований 1С.

Результаты диссертационной работы Филиппова Е. В. «Модели и алгоритмы принятия управленческих решений в ИТ-компаниях», включающие в себя место нагрузочного теста 1С в классификации подходов мультиагентного имитационного моделирования, использованы в курсе «Основы ремесла 1С:Эксперта»

Исследования Филиппова Е.В. положительным образом сказывается на качестве подготовки специалистов по указанным направлениям и на интересе слушателей к курсам.

Директор ЧОУ ДПО «1С-Образование» канд. экономических наук

Андреев И.А.

02.04.2024





УМНЫЙ ВЫБОР  
МЕНЯЮЩИХСЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ

**АКТ**  
**о внедрении в организационной деятельности предприятия**  
**результатов диссертационной работы**

**Филиппова Евгения Валерьевича**

**«Модели и алгоритмы принятия управленческих решений в ИТ-компаниях»**

Настоящий Акт составлен в том, что обучающий материал «Иррациональные решения при управлении проектами: шаблоны, проявления, последствия», полученный в ходе выполнения диссертационной работы Филиппова Е. В. «Модели и алгоритмы принятия управленческих решений в ИТ-компаниях» внедрен в организационной деятельности компании IBS во внутренней программе повышения квалификации управленческих кадров.

Обучающий материал «Иррациональные решения при управлении проектами: шаблоны, проявления, последствия» включает в себя видеоролики общей длительностью 1 ч 42 мин, презентацию и тестовое задание. Материал содержит информацию о типовых шаблонах иррационального поведения по работам ведущих ученых, информацию о факторах, важных для сотрудников ИТ-компаний, авторскую визуальную модель, иллюстрирующую процесс принятия решений в ряде типовых для ИТ-компаний ситуаций, а также выводы и рекомендации.

Материал Филиппова Е.В. опубликован на портале обучения и развития «Среда развития» компании IBS в категории «Управленческие навыки».

Директор Центра карьерного развития,  
Департамент обучения и развития  
компании IBS

Маркова В.М.

09.10.2024



М.П.