



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Экономики и управления на предприятии природопользования»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика
(квалификация – бакалавр)

На тему «Системный анализ приложения экономических задач»

Исполнитель Верещагин Николай Андреевич

Руководитель к.т.н., Сафонова Татьяна Владимировна

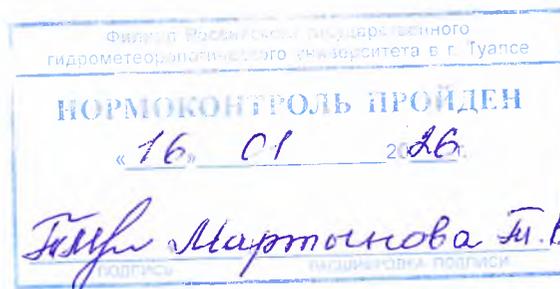
«К защите допускаю»

Руководитель кафедры

кандидат экономических наук

Майборода Евгений Викторович

«17» 01 2026 г.



Туапсе
2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Аналитическая часть.....	5
1.1 Анализ предметной области и методов системного анализа в экономике.....	5
1.2 Обоснование выбора приложения и круга экономических задач.....	12
1.3 Экономико-информационная сущность и формализация задач.....	19
2 Проектная часть.....	26
2.1 Информационное обеспечение системного анализа экономических задач.....	26
2.2 Технологическое обеспечение.....	29
2.2.1 Обоснование проектных решений по технологическому обеспечению.....	29
2.2.2 Технологические операции.....	32
2.3 Техническое обеспечение.....	34
2.3.1 Обоснование проектных решений по техническому обеспечению....	34
2.3.2 Комплекс технических средств.....	39
2.4 Программное обеспечение приложения.....	42
2.4.1 Обоснование проектных решений по программному обеспечению..	42
2.4.2 Архитектура программного обеспечения.....	45
2.4.3 Описание программных модулей и алгоритмов системного анализа	48
2.5 Руководство пользователя.....	52
2.5.1 Описание интерфейса.....	52
3 Обоснование экономической эффективности результатов ВКР.....	62
3.1 Выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности.....	62
3.2 Расчет показателей экономической эффективности.....	65
Заключение.....	74
Список литературы.....	77

Введение

Актуальность. Экономические процессы стали сложнее и взаимосвязаннее. Локальные меры часто дают побочные эффекты в других подсистемах. Поэтому нужен системный взгляд и модели, которые учитывают структуру, связи и динамику экономики. Это и есть смысл системной экономики и системного анализа. Такие подходы признаны в отечественной теории и практике.

Актуальность усиливают требования к формализации решений в ИС. В разработке прикладных систем для экономики нельзя обходиться «интуицией». Нужны чёткие требования, состав и порядок работ. Это закреплено в комплексе стандартов ГОСТ 34, где техническое задание – базовый документ для создания и приёмки автоматизированной системы.

Третий фактор – рост данных и неопределённости. Бизнесу нужны инструменты, которые позволяют проигрывать сценарии и оценивать последствия. Имитационное моделирование и системы поддержки решений давно применяются на предприятиях и хорошо сочетаются с системным анализом.

Кроме того, требуется единообразно описывать предметные процессы. Методология IDEF0 из Р 50.1.028-2001 задаёт ясные правила функционального моделирования: границы, входы/выходы, управление, механизмы. Это снижает риски двусмысленностей и ошибок при проектировании.

У темы устойчивая научная база: от ранних обзоров о месте системного анализа в экономике и управлении до современных работ по системной экономике. Это значит, что проект можно опереть на проверенные методы и развить их в прикладном приложении.

Объект исследования. Экономические процессы организации, подлежащие системному анализу в информационной системе.

Предмет исследования. Методы, модели и архитектурные решения системного анализа экономических задач, реализуемые в прикладном

приложении.

Цель работы. Разработать и обосновать приложение для системного анализа экономических задач, обеспечивающее формализацию, моделирование и оценку эффективности проектных решений.

Задачи исследования:

1. Проанализировать предметную область и методы системного анализа в экономике.
2. Раскрыть экономико-информационную сущность и формализацию задач.
3. Спроектировать информационное обеспечение системного анализа экономических задач.
4. Описать технологическое обеспечение.
5. Выполнить расчёт показателей экономической эффективности.

Степень изученности темы. Системный подход в экономике, базовые понятия и рамки хорошо описаны в работах Г.Б. Клейнера (системная экономика, системный ресурс, устойчивость экономики). Значимость и границы системного анализа для экономики и управления фиксировались ещё в конце 1990-х (А.Ю. Скопин). Для прикладных задач ключевую роль играют имитационные модели и DSS (Н.Н. Лычкина и др.). Процессная проработка ведётся по методологиям функционального моделирования IDEF0 (Р 50.1.028-2001) и в рамках комплекса ГОСТ 34, определяющего состав и содержание проектной документации. Современные монографии подтверждают зрелость направления и задают методическую опору для разработки приложений.

Методы исследования. Системный анализ, имитационное моделирование.

Структура работы. Работа включает введение, три главы (аналитическую, проектную, экономическую), заключение, список источников и приложения. В первой главе – анализ предметной области, обоснование выбора приложения и формализация задач. Во второй – информационное, технологическое, техническое и программное обеспечение, пользовательская часть. В третьей – методика и расчёт экономической эффективности.

1 Аналитическая часть

1.1 Анализ предметной области и методов системного анализа в экономике

Предметная область работы – программное приложение для решения экономических задач, ориентированное на поддержку управленческих решений в организации. Экономические объекты и процессы образуют взаимосвязанную совокупность подсистем: производственную, финансовую, сбытовую, снабженческую, кадровую. Каждая из них опирается на данные, правила, ограничения и цели, которые меняются во времени под воздействием внешней среды. Эти особенности требуют рассматривать объект не как набор разрозненных функций, а как целостную систему, где изменение одного элемента вызывает последствия в других. Такой взгляд задаёт методологию системного анализа: постановка цели, выделение границ и структуры системы, описание связей и потоков, формализация критериев эффективности, выбор и верификация моделей, сопоставление альтернатив и анализ чувствительности результатов к исходным данным [9].

В рамках современной экономической теории системный подход получил содержательное развитие. Г. Б. Клейнер предлагает рассматривать экономику как многоуровневую совокупность взаимодействующих систем, что задаёт язык описания и проектирования решений для прикладных задач. Показательно его определение исследовательского направления: «В статье развивается концепция системной экономики – нового направления в экономической теории, основанного на представлении экономики как сочетания процессов создания, функционирования, взаимодействия и трансформации экономических систем.» [13].

Эта позиция методологически согласуется с задачами прикладной информатики. При построении прикладного программного обеспечения для экономических расчётов необходимо, чтобы используемые модели соответствовали структуре реального объекта, а интерфейсы устойчиво

отражали связи между подсистемами. В таком случае зависимость результата от исходных данных становится прослеживаемой: можно объяснить, почему система предлагает тот или иной вариант решения, как он меняется при корректировке параметров спроса, цен, издержек или ограничений по ресурсам [12].

Системный анализ в экономике имеет устойчивую научную традицию и практику. Он применяется для обоснования инвестиционных решений, балансировки ресурсов, моделирования спроса и предложения, оценки рисков и экономической безопасности, построения производственных и логистических планов. Уместно напомнить, что уже в конце девяностых годов организация научного сообщества фиксировала его значимость: «Летом 1999 г. в Таганроге и Санкт-Петербурге состоялись две международные научные конференции, посвященные исследованиям экономических процессов и ситуаций с использованием методов системного анализа, а также преподаванию системного анализа экономистам и управленцам.» [20].

Методологические основания системного анализа в экономике сформулированы и в работах, посвящённых общетеоретическим вопросам. С. В. Дегтярева подчёркивает необходимость системного инструментария, когда исследователь сталкивается с множеством взаимозависимых факторов и разнотипной информацией: «Современный уровень исследований требует применения системного анализа: методологии, категориального аппарата, во-первых, чтобы расширить границы анализа, во-вторых, чтобы, возможно, продвинуться в направлении создания методологии, позволяющей выработать универсальные принципы экономического анализа.» [8].

Под экономическими задачами в прикладном программном приложении в первую очередь понимаются задачи выбора и согласования управленческих решений при ограниченных ресурсах и неполной информации. Типичные примеры включают формирование производственного плана с учётом узких мест, балансировку закупок и запасов при стохастическом спросе, распределение бюджета между проектами с разной доходностью и риском,

планирование графиков работ и персонала, оценку инвестиционных проектов и мониторинг ключевых показателей. Такие задачи требуют гибридного инструментария: экономико-математических методов оптимизации и статистики, имитационных моделей для учёта динамики и неопределённости, а также процедур интеграции данных из информационных систем предприятия [21].

Определяющее свойство предметной области – неоднородность данных и различная природа связей между подсистемами. Производство задаётся технологическими ограничениями и календарём мощностей, финансы – платёжным календарём и ограничениями ликвидности, сбыт – реагированием на ценовые и нефинансовые стимулы. Для формализации таких разнородных связей применяют структурно-функциональные описания и модели потоков. В разработке прикладного ПО это проявляется в необходимости проектировать схему данных так, чтобы единицы учёта (ресурсы, заказы, операции, контрагенты) были взаимно однозначно сопоставимы, а агрегаты и показатели пересчитывались устойчиво при любом сечении по времени и организационной структуре [21].

Системно-экономический взгляд на предприятие как на «систему систем» насыщает предметную область дополнительными понятиями. Г. Б. Клейнер вводит категорию системного ресурса, подчёркивая, что устойчивость и эффективность определяются не только материальными и финансовыми ресурсами, но и конфигурацией самих экономических подсистем: «Нами предложена концепция нового для экономической теории понятия системный ресурс экономики как совокупность действующих в экономике или потенциальных экономических систем.» [12].

Описанные методологические основания переходят в технологические решения, когда речь идёт о программном приложении для экономических задач. На входе приложение получает потоки данных из учётных систем, производственных журналов, CRM и внешних источников. Внутри формируются модели, адекватные структуре проблем: детерминистские для

режимов с жёсткими ограничениями, стохастические для процессов с неопределённостью переходов между состояниями. Важна верификация: каждый модуль должен демонстрировать согласование с фактическими данными и экспертными суждениями, иначе системная модель теряет объяснительную силу [9].

Применение экономико-математических методов в задачах анализа и прогнозирования позволяет формировать алгоритмическое ядро приложения. Исследования показывают, что адаптация методов кластеризации, регрессии и оптимизации к экономическим данным, в том числе временным рядам и панельным выборкам, обеспечивает устойчивые улучшения качества прогнозов и управленческих рекомендаций, если модели строятся на основе корректной постановки задачи и ясной экономической интерпретации параметров [9].

В задачах анализа бизнес-процессов применяются вероятностные модели дискретных состояний. Скрытая марковская модель удобна, когда наблюдаются только косвенные признаки состояния процесса, а сами состояния недоступны прямому измерению. Для прикладного приложения это означает возможность диагностировать «режим работы» процесса – от устойчивого до перегруженного – по вторичным показателям и выбирать управленческие воздействия, минимизирующие переход в нежелательные состояния. Методологическая и практическая проработка такой постановки для бизнес-процессов представлена в работах А. Ю. Варнухова, где показано, как идентифицировать структуру состояний, оценить вероятности переходов и использовать результаты для анализа и управления процессом [5].

Имитационное моделирование на базе системной динамики востребовано, когда интересуется агрегированная динамика показателей и обратные связи между подсистемами. Для управленческой практики это удобно: можно увидеть запаздывания, накопления, нелинейности и пороговые эффекты, характерные для цепочек «запасы – потоки». В прикладном приложении системно-динамическая схема позволяет исследовать последствия решений в долгосрочной перспективе, оценивать устойчивость к шокам и

проверять сценарии развития. Разработка приложений на базе системно-динамических моделей для поддержки принятия решений в предпринимательских сетях показала, что такой класс моделей технологически интегрируем в программные решения и обеспечивает визуализацию динамики состояний сети и чувствительность к параметрам [2].

Отдельную роль в предметной области играет анализ риска как неотъемлемая часть системной методологии. В экономической практике риск – это не просто случайное отклонение от ожидаемого значения, а характеристика взаимодействия подсистем в условиях неопределённости и ограничений. Системная постановка позволяет увязать источники риска с целями, ресурсами и процессами предприятия, а также встроить оценку риска в процедуры выбора альтернатив. В исследованиях подчёркивается, что анализ риска обретает смысл, когда он интегрирован в контур управления и опирается на идентификацию факторов, их причинно-следственные связи и параметры управляемости [11].

Проблематика экономической безопасности на уровне предприятия наглядно демонстрирует, как системный анализ позволяет согласовать разные подходы в едином приложении. На практике индикаторные методы, функциональные разложения, экономико-математическое моделирование и оценка внешней среды дают сопоставимые, но разнокачественные результаты. С. Л. Ивановский фиксирует необходимость комплексной композиции подходов: «Также авторы предлагают использовать несколько составляющих оценки угроз экономической безопасности и развития предприятия: индикаторный и функциональный подходы с использованием экономико-математического моделирования и оценки внешнего окружения предприятия» [10].

Рассматривая архитектуру прикладного приложения для экономических задач, важно исходить из логики системного анализа. На уровне данных требуется единый словарь сущностей и кодов, обеспечивающий сопоставимость показателей. На уровне моделей – модульность с чёткими

интерфейсами, чтобы блоки оптимизации, имитации и прогнозирования могли обмениваться результатами без потери смысла. На уровне представления – интерфейсы, которые отражают причинно-следственные связи, показывают неопределённости и чувствительность решений к исходным параметрам. Последовательная реализация этой логики делает программную систему устойчивой к росту объёма данных и усложнению задач, а также снижает издержки сопровождения, поскольку изменения в одной подсистеме не разрушают остальные [21].

Системный анализ предъявляет требования к верификации и валидации результатов. Для экономических приложений существенны три аспекта. Во-первых, сопоставимость расчетов с фактическими данными за прошлые периоды при фиксированных допущениях. Во-вторых, прозрачность источников неопределённости с возможностью количественно оценить вклад каждого фактора в колебания результата. В-третьих, устойчивость рекомендаций к изменению шкал измерения и к добавлению новых наблюдений. Эти требования диктуют использование процедур перекрёстной проверки, тестов на стабильность параметров и стресс-сценариев, а также журналирование всех версий исходных данных и результатов, что важно и для методического контроля, и для последующего аудита [3].

Важной частью предметной области остаётся интерпретируемость. Экономическое решение редко может быть сведено к значению одной целевой функции. Пользователю важно видеть многоаспектную картину: какие ограничения стали активными, какие альтернативы отклонены и по какой причине, где проходят узкие места и каковы последствия их устранения. Системный подход как раз и обеспечивает такую объяснимость: каждая величина и каждая зависимость имеют место в общей структуре, а не существуют изолированно. Это позволяет перейти от разрозненных частных расчётов к воспроизводимой процедуре выбора, пригодной для регламентирования в организации [1].

Отдельно следует отметить вопрос интеграции данных. Разнородные

источники – учётные системы, внешние справочники, журналы событий, ручные загрузки – неизбежно создают проблемы качества: пропуски, дубликаты, несогласованные справочники. Системный анализ предписывает рассматривать качество данных как подсистему с собственными целями и ресурсами, а не как побочный эффект. Для прикладного приложения это выражается в модуле контроля качества: проверка полноты и непротиворечивости, процедуры дедупликации, механизм согласования справочников, ведение эталонного каталога признаков. Такой модуль повышает доверие к расчётам и снижает риск управленческих ошибок, вызванных артефактами источников [21].

В перспективе развитие предметной области связано с расширением классов моделей и автоматизацией цикла «данные – модель – решение – эффект – обратная связь». По мере накопления данных и усложнения процессов возрастает роль вероятностных моделей и имитации, которые позволяют учитывать неопределённость и нелинейные обратные связи. Вместе с тем системная методология удерживает фокус на цели и ограничениях, не позволяя размыть постановку задачи чрезмерным усложнением моделей. Для прикладного ПО это означает необходимость поддерживать расширяемость: добавление нового блока анализа или новой метрики не должно нарушать логику системы и согласованность её компонентов [2].

Таким образом, предметная область «приложение для экономических задач» естественным образом соотносится с методами системного анализа. Теоретическая база системного подхода и системной экономики предоставляет язык описания и критерии согласования решений между подсистемами. Экономико-математические и имитационные методы дают инструменты формализации и вычислений. Практика прикладной информатики обеспечивает технологические средства интеграции данных и реализации моделей. Учитывая это, проектирование и разработка программного приложения целесообразно вести как поэтапное уточнение системы: от постановки целей и границ – к данным и моделям, от верификации – к внедрению и оценке эффекта, с

обязательным контролем качества данных и объяснимости результатов.

1.2 Обоснование выбора приложения и круга экономических задач

Выбор прикладного программного решения для системного анализа экономических задач определяется совокупностью методологических и практических обстоятельств, характерных для современной хозяйственной среды. Экономические системы функционируют как сложные целостности, в которых результаты зависят не только от свойств отдельных элементов, но и от структуры связей между ними, от режимов координации и от динамики внешней среды. В этом контексте применение системного подхода позволяет перейти от локального исследования параметров к рассмотрению взаимосвязей между подсистемами предприятия, рынка и институциональной среды. В основе проектируемого приложения лежит задача обеспечить управленческие решения, учитывающие целостность экономического объекта, его многоуровневую структуру и изменчивость внешних условий. Концептуальная рамка задаётся положением о том, что «системная экономика – это экономика как целое, а не ‘экономика экономик’, и системная экономическая теория – это теория экономики как системы» [13]. Эта теоретическая установка определяет логику отбора функциональных контуров будущей системы и критерии релевантности решаемых задач.

Потребность в программном инструменте именно системного анализа усиливается из-за фрагментации данных и одновременного роста требований к согласованности показателей, используемых в финансовом, производственном и маркетинговом контурах. Для экономических процессов характерна нелинейность, порождаемая задержками, пороговыми эффектами и асимметрией информации. На уровне предприятия это проявляется в расхождении тактических и стратегических целей, в конфликтах ограничений по ресурсам и в различиях горизонтов планирования между подразделениями. В результате традиционные локальные калькуляции и частные аналитические

панели плохо выявляют перекрёстные эффекты. Проектируемое приложение должно объединять данные и модели в единую рамку, где возможно сопоставление альтернатив по системе целей и ограничений, а не по одной метрике.

Содержательное ядро приложения формируется вокруг четырёх взаимосвязанных направлений анализа, каждое из которых обусловлено типичными управленческими ситуациями на предприятии. Первое направление – формализация и анализ бизнес-процессов с учётом скрытых состояний, недоступных прямому наблюдению. Выбор скрытых марковских моделей обоснован их способностью описывать вероятностные переходы между режимами работы процессов и оценивать вероятность задержек, сбоев и отклонений качества. Прямо по существу этой методики сказано: «Применение скрытой марковской модели позволяет использовать аппарат теории вероятностей и математической статистики для моделирования последовательностей наблюдений в условиях наличия скрытых параметров, труднодоступных прямому измерению» [5]. Такая постановка обеспечивает детектирование неочевидных фаз производственного цикла и повышает качество нормирования сроков, планирования загрузки и оценки операционных рисков.

Второе направление – экономическая безопасность предприятия как интегральная характеристика устойчивости к внутренним и внешним угрозам. В практическом управлении это означает необходимость совместного учёта ликвидности, финансовой устойчивости, непрерывности процессов, а также эффективности проектов развития. В методологическом плане набор оцениваемых составляющих сформулирован следующим образом: «Также авторы предлагают использовать несколько составляющих оценки угроз на микроуровне: “финансовая безопасность, устойчивость бизнес-процессов (в том числе оценку эффективности инвестиционных проектов), операционная безопасность предприятия”» [10]. Встраивание этих составляющих в архитектуру приложения позволяет синхронизировать показатели казначейства,

производственного планирования и проектного офиса, а также проводить сценарную оценку чувствительности ключевых метрик к шокам спроса, изменению цен факторов и перебоям в поставках.

Третье направление – инвестиционный анализ и управление программой проектов в условиях ограничений по капиталу и ресурсам. В реальности большинство предприятий сталкиваются с набором альтернативных инициатив, конкурирующих за один и тот же денежный поток и производственные мощности. Релевантность системного подхода здесь проявляется в декомпозиции цели на согласованные подцели и в оценке обменов между ними. Это позволяет избегать локального максимума по одному проекту, который ухудшает совокупный эффект портфеля, и поддерживает выбор набора проектов с учётом ограничений по финансированию, трудовым ресурсам, календарным окнам и технологическим зависимостям. Встроенная поддержка портфельной оптимизации, скоринг рисков и расчёт резервов по срокам дополняются механизмами агрегирования эффектов на уровне предприятия, что согласуется с пониманием экономики как системы взаимодействующих подсистем.

Четвёртое направление – интеграция данных и прогнозная аналитика для поддержки оперативных и стратегических решений. Рост объёма и разнообразия данных повышает значение процедур очистки, сопоставимости и методологической согласованности показателей. Это не вопрос техники, а вопрос качества управленческих выводов, поскольку несогласованные ряды неизбежно приводят к противоречивым решениям. Обоснование необходимости более совершенных методов формулируется предельно ясно: «В условиях растущего объёма данных и увеличения сложности экономических взаимодействий возникает необходимость в применении более совершенных методов анализа и междисциплинарных подходов к исследованию систем со смешанным поведением» [9]. Для проектируемого приложения это значит, что подсистема работы с данными должна обеспечивать не только загрузку и валидацию, но и воспроизводимость вычислений, версионирование

источников, логирование преобразований и трассировку метрик до первичного источника.

Указанные направления задают контур круга задач, которые приложение должно решать на регулярной основе. К этой группе относятся сценарные расчёты денежных потоков с учётом ограничений по мощностям и логистике, вероятностная оценка операционных рисков и нарушений сроков, портфельная оптимизация капитальных и организационных инициатив, прогнозирование спроса и цен с учётом сезонности и структурных сдвигов, оценка предельных издержек и стресс-тесты ликвидности. Все эти задачи органично связаны с необходимостью увязывать межфункциональные планы: производственную программу, снабжение, продажи и финансы. Именно системная постановка позволяет транслировать изменение допущений в согласованные корректировки планов подразделений, сохраняя целевые значения по рентабельности и устойчивости.

Архитектурно приложение должно поддерживать многоуровневое представление объекта анализа, когда показатели и решения агрегируются и декомпозируются по бизнес-единицам, технологическим цепочкам и центрам ответственности. Такая конструкция следует из тезиса о дифференциации видов системного ресурса экономики, предложенного в системной экономической теории. Сформулировано это следующим образом: «Таким образом, системный ресурс экономики как совокупность функционирующих в ней экономических систем естественным образом разделяется на четыре вида: ресурс объектов, ресурс проектов, ресурс процессов и ресурс сред» [12]. В производственной практике это означает необходимость иметь отдельные панели и модели для объектного уровня (единицы оборудования, центры затрат), для проектного уровня (инвестиционные и организационные проекты), для процессного уровня (сквозные цепочки “заказ–поставки–производство–сбыт”) и для уровня среды (рыночные и институциональные условия), а также механизмы согласования между ними.

Включение скрытых марковских моделей в аналитический контур

обосновано не только методологически, но и прикладной полезностью для диагностики «режимов» в процессах с прерывистыми наблюдениями. Это позволяет, например, отличать штатные колебания загрузки от перехода в состояние накапливающегося отставания. Интеграция вероятностных выводов с календарно-сетевыми планами даёт возможность корректировать буферы сроков и извещать смежные подразделения о вероятных нарушениях. В производственном контуре такие связи особенно важны для синхронизации графиков технического обслуживания, сменных заданий и отгрузки готовой продукции, поскольку задержки в одном звене порождают каскад эффектов в цепочке поставок. В сочетании с регрессионными и причинно-следственными моделями это образует слой прогнозной аналитики, поддерживающий как краткосрочные, так и среднесрочные решения.

Экономическая безопасность встраивается в систему как сквозная метрика устойчивости. Здесь требуется объединение индикаторов ликвидности, долговой нагрузки, деловой активности, оборачиваемости, рентабельности и операционной непрерывности. Практическое значение состоит в том, что любые локальные решения – от пересмотра графика смен до выбора параметров акций стимулирования продаж – фильтруются через влияние на совокупный риск-профиль предприятия. Для этого в приложении предусматриваются: каталог угроз с параметрами интенсивности и уязвимости, привязка угроз к процессам и активам, методики агрегирования в интегральные индексы, а также сценарные процедуры проверки на устойчивость по ключевым шокам. Такая постановка непосредственно соотносится с позициями о многоаспектной структуре безопасности предприятия, где финансовая, процессная и операционная составляющие рассматриваются совместно [10].

Инвестиционный модуль приложения должен обеспечивать сравнимость проектов по единой методической базе, учитывать ограничения по капиталу и ресурсам и рассматривать альтернативы как портфель, а не как набор независимых заявок. Существенно, что системная рамка позволяет оценивать эффекты взаимодействия проектов, включая конкуренцию за узкие места

производственной системы и возможные комплементарности. Для обеспечения сопоставимости вводятся допущения по ставке дисконтирования, профилям рисков и правилам построения денежных потоков. Механизм сценарного анализа даёт возможность оценить устойчивость результатов к изменению ключевых факторов: цен на сырьё, тарифов логистики, производительности, курсов валют и др. Использование вероятностных описаний переходов между состояниями проекта, в том числе рисков сдвигов по срокам, повышает реализуемость планов и качество коммуникации с заинтересованными сторонами.

Вопросы данных и вычислений образуют самостоятельный слой обоснования. Требуется обеспечить сбор из учётных систем, производственных регистров, таблиц планирования и внешних источников, привести показатели к единым справочникам и шкалам, устранить дубли, восстановить пропуски и зафиксировать происхождение каждой метрики. В условиях различных частот обновления и неодинаковой точности первичных измерений особое значение приобретают процедуры верификации и сопоставимости. Встроенные протоколы согласования показателей между функциями исключают ситуацию, когда одно и то же решение обосновывается разными, несогласованными данными. Прогнозные задачи требуют поддерживать библиотеку моделей и контролировать их качество на контрольных выборках, обеспечивая регулярную переоценку и пересмотр гиперпараметров. Такая организация аналитики отвечает вызовам, связанным с усложнением экономических взаимодействий, и соответствует сформулированной необходимости в более совершенных методах [9].

Существенным элементом обоснования является формат представления результатов и взаимодействия с пользователем. Системный анализ теряет ценность, если результаты не транслируются в управляемые действия. Поэтому интерфейс должен строиться вокруг карт целей и ограничений, где визуально сопоставляются альтернативы по критериям, а изменения допущений немедленно отражаются в связанной группе показателей. Для операционного

уровня это реализуется как панель контрольных индикаторов с предиктивными сигналами риска по срокам и качеству, для проектного – как сценарные карты и суммарные профили стоимости и рисков, для финансового – как кассовые профили и стресс-тесты ликвидности. Важной функцией является фиксация версии допущений и сценариев, что обеспечивает воспроизводимость и аудит управленческих решений.

Обоснование предметной границы приложения исходит из принципа достаточности: система не подменяет собой ERP, MES, WMS или CRM, а использует их как источники данных и инструменты реализации принятых решений. Приложение выполняет роль аналитического слоя и контура согласования, где сводятся данные и модели, формируются решения и затем выгружаются в транзакционные системы для исполнения. Такой режим устраняет дублирование функций и снижает риски рассогласования учёта и аналитики. Позиционирование относительно действующих систем фиксируется в архитектурной схеме интеграции и в регламенте обмена, что обеспечивает технологическую совместимость и надёжность.

В целом выбор именно системного аналитического приложения оправдан как методологически, так и практическими потребностями предприятия в условиях высокой изменчивости внешней среды. Системная постановка задач делает возможным переход от набора разрозненных локальных оптимизаций к согласованным решениям на уровне всей фирмы. Теоретическая опора на системную экономику и классификацию системных ресурсов задаёт структуру уровней анализа [12], а использование вероятностных и имитационных моделей процессов позволяет корректно работать с неопределённостью и скрытыми состояниями [5]. Встроенная компонента экономической безопасности соединяет финансовые, процессные и операционные меры устойчивости [10], а развитая работа с данными и прогнозной аналитикой отвечает требованиям возрастающей сложности взаимодействий и объёма информации [9]. Ключевой ориентир – целостное представление предприятия, при котором значения метрик и управленческие действия согласованы между подсистемами. Именно

в таком понимании «системная экономическая теория – это теория экономики как системы» [13], и проектируемое приложение следует этой логике в своей архитектуре и в составе решаемых задач.

1.3 Экономико-информационная сущность и формализация задач

Экономико-информационная сущность рассматриваемых задач определяется тем, что любое управленческое решение в хозяйственной системе опирается на преобразование исходных экономических данных в информацию, достаточную для выбора действия, а затем – на преобразование информации в формализованную модель, допускающую вычислительную обработку. На операционном уровне такой переход выражается в определении состава объектов, параметров состояния, управляемых переменных, ограничений и критериев целесообразности, что обеспечивает возможность аналитического и вычислительного решения. В рамках системного подхода предмет исследования задаётся как совокупность взаимосвязанных элементов, взаимодействующих в пространстве и времени, а экономическая интерпретация фиксирует роль ресурсов, процессов и результатов в создании стоимости и распределении издержек.

Принцип системной целостности предполагает увязку структурной и процессной сторон задачи с учётом средовых ограничений и проектных воздействий. В основу такого представления целесообразно положить концептуальные положения системной экономики. В частности, Г. Б. Клейнер подчёркивал: "Экономика данной страны как целое рассматривается с системных позиций – как пространственно-временная арена деятельности, на которой размещаются, перемещаются и взаимодействуют экономические системы различных классов" [13]. Данная позиция важна для формализации, поскольку задаёт требования к фиксации пространственно-временных координат наблюдений и к явному описанию взаимодействий между подсистемами организации.

Системная трактовка ресурсной базы хозяйствования задаёт содержание параметров и ограничений модели. В работах Г. Б. Клейнера предложено рассматривать "системный ресурс экономики как совокупность действующих в экономике или потенциальных экономических систем" [12]. В прикладной постановке это означает необходимость описывать, помимо традиционных факторов, структуру объектных элементов (подразделений и контрагентов), процессные потоки (материальные, финансовые, информационные), средовые условия (институциональные и инфраструктурные ограничения) и проектные воздействия (инициируемые изменения), что непосредственно влияет на выбор переменных и критериев задачи.

Требования к формализации задач управления должны опираться на единые нормы разработки программных решений. На стадии постановки задачи и спецификации входных и выходных данных необходимо использовать регламент, закреплённый в отечественных стандартах. В ГОСТ 34.602-89 прямо указано: "ТЗ на АС является основным документом, определяющим требования к создаваемой системе и условия её создания" [24]. Для экономических приложений это означает, что формализуемые показатели, источники данных, алгоритмические процедуры, показатели эффективности и порядок контроля корректности должны быть однозначно зафиксированы в структуре технического задания и согласованы с заинтересованными подразделениями.

Экономико-информационная сущность задач наиболее наглядно проявляется в задачах распределения ограниченных ресурсов, планирования и аналитической оценки состояний. В таких постановках исходные наблюдения преобразуются в переменные моделей. Атрибуты первичных документов и событий (дата, сумма, контрагент, номер заказа, номенклатура) переходят в параметры, коэффициенты и границы, а управленческие решения – в переменные, значения которых определяются решением оптимизационной или имитационной модели. Содержательно это позволяет получить количественную оценку влияния управлений на показатели доходности, затрат, ликвидности и устойчивости.

Формализованное описание задач основывается на выявлении целей и критериев. Для задач планирования производства цель выражается через показатель прибыли, выручки или совокупной стоимости, в задачах снабжения – через минимизацию суммарных издержек или времени, в задачах инвестиционного выбора – через максимизацию ожидаемого эффекта при заданном уровне риска. В каждом случае экономическое содержание критерия должно быть согласовано с информационной структурой данных, поскольку вычисляемая функция должна строиться на доступных и корректно измеренных показателях.

В качестве базовой формы записи применяется операторная модель, в которой вектор управлений связывается с вектором результатов через систему ограничений балансового, технологического и нормативного характера. Практически это означает необходимость выделения множества допустимых решений, определяемого структурой ограничений, и выбора оптимального решения в рамках целевой функции. При этом информационная часть включает источники данных, периодичность обновления, требования к качеству и процедурам верификации, а также правила агрегации и нормализации показателей.

Для задач классификации и предсказания состояний бизнес-процессов применяются стохастические модели. А. Ю. Варнухов подчёркивает, что "Применение скрытой марковской модели позволяет использовать аппарат теории вероятностей и математической статистики для анализа бизнес-процессов, а также решать задачи классификации и кластеризации" [5]. Такая постановка естественным образом связывает экономическое содержание наблюдаемых событий с вероятностной структурой состояний системы и допускает оценку показателей качества управления как функций от вероятностей переходов и эмиссий.

Для задач распределения ресурсов в условиях ограничений целесообразно применять линейные и целочисленные модели. В простейшем случае целевая функция может описывать совокупный экономический результат, а

ограничения – допустимость по ресурсам и нормативам. В дальнейшем такие модели дополняются ограничениями целостности, приоритетов, логическими связями и допусками на отклонения. Информационная составляющая формализации включает сопоставление полей первичных документов с параметрами модели и проверку полноты и актуальности этих полей на период расчёта.

Под установление зависимостей между показателями и управляемыми переменными подбираются функциональные формы, адекватные экономическому смыслу и качеству данных. Если данные высокочастотны и содержат временную структуру, оправдано включение лаговых переменных и сглаживающих фильтров; при доминировании поперечных срезов предпочтительны регрессионные модели с фиксацией групповых эффектов. При наличии априорных связей между элементами используется структурная параметризация, включая ограничения на знаки и интервальные допуски параметров.

Независимо от выбранного математического аппарата, корректность решения определяется согласованностью экономической интерпретации и информационного обеспечения. Это означает необходимость регламентировать источники данных, правила их очистки и верификации, а также хранение метаданных о происхождении и изменениях показателей. В условиях многоподсистемных информационных архитектур особое значение приобретает согласование справочников и кодировок, фиксация единиц измерения и валюты представления, а также привязка к календарю событий и отчётным периодам.

Содержательное наполнение моделей следует формировать через баланс между простотой и объясняющей способностью. При описании производственных и логистических контуров целесообразно выделять межцеховые и внешние связи как отдельные компоненты ресурсных ограничений; при этом качественные требования (уровень сервиса, срок выполнения, допустимый риск) формализуются через дополнительные

переменные и штрафные составляющие целевой функции. Для финансовых задач особое значение имеет корректное сопоставление кассовых и начисленных потоков при построении ограничений ликвидности.

Системная постановка позволяет объединять модели разных уровней: стратегического, тактического и оперативного. В иерархических схемах внешние решения выступают как параметры внутренних задач, а агрегированные ограничения – как свёртка детализированных ограничений нижнего уровня. Благодаря этому обеспечивается последовательная увязка планов продаж, закупок, производства, инвестиций и финансирования. Для информационного обеспечения и контроля корректности предпочтительно формировать единый граф данных, отражающий происхождение каждого показателя и его использование в расчётах.

Практическая формализация должна сопровождаться документированием допущений и границ применимости. Подобная фиксация обеспечивает воспроизводимость вычислений, облегчает экспертизу и передачу модели между подразделениями. В рамках утверждённых регламентов спецификации моделей включают перечень используемых параметров, источники и процедуры получения данных, описание алгоритмов и программной реализации, правила интерпретации результатов и допуски. Такое документирование обеспечивает сопоставимость результатов в динамике и снижает методологические риски при обновлении модели.

Встраивание формальных моделей в приложение требует соблюдения стандартов разработки и испытаний, что обеспечивает сопоставимость результатов между версиями и соблюдение качества.

Принципы унификации требований и процедур испытаний заданы в комплексе стандартов ГОСТ 34, что регламентирует оформление входных материалов, структуру проектной документации и проверку результатов на соответствие заданию.

$$\text{Maximize } Z = c \cdot x \quad (1.1)$$

$$Ax \leq b \quad (1.2)$$

$$x \in \{0; 1\} \quad (1.3)$$

Экономическая интерпретация переменных и ограничений должна сохранять инвариантность по отношению к выбранной технологии реализации приложения. Это означает, что при переносе модели с одной программной платформы на другую сохраняются смысл и единицы измерения переменных, а также порядок вычисления агрегатов и проверок. Такой подход облегчает контроль качества и упрощает аттестацию решения по результатам опытной эксплуатации.

Проверяемость и верифицируемость формализации обеспечиваются через сопоставление результатов модели с ретроспективными данными и эталонными сценариями. Для этого формируются наборы тестов с фиксированным составом входных данных и ожидаемыми результатами, при этом критерием корректности служит достижение заданных допусков отклонения. В случае отличий выполняется анализ причин расхождений с выделением ошибок данных, параметров или вычислительных процедур.

Экономико-информационная сущность задач определяет требования к интерфейсу взаимодействия пользователя с приложением. В частности, пользователь должен иметь возможность воспроизводимо формировать набор входных данных, выбирать вариант расчёта, запускать процедуру вычислений и получать результаты с указанием метаданных. При этом обязательным элементом является журналирование действий и фиксация версий параметров, что позволяет проводить аудит и повторение расчётов в последующие периоды.

Для задач, в которых существенна неопределённость, оправдано включение параметров сценариев и вероятностных допущений в состав входных данных. Это достигается через добавление уровней сценариев и соответствующих весов, что позволяет оценивать устойчивость решений к возмущениям во входных наблюдениях и изменениям конъюнктуры. Итоги

такой оценки дополняют основной результат и служат основанием для управленческих корректировок.

При формировании отчётности результаты вычислений должны сопровождаться пояснениями к экономическому смыслу показателей, ссылками на источники данных и границами применимости. Выводы формируются на основе сопоставления рассчитанных показателей с установленными нормативами и целевыми ориентирами, а также с учётом ограничения по ресурсам и рискам. Это обеспечивает связность между аналитическим выводом и дальнейшими действиями, закрепляемыми в регламентных документах предприятия.

2 Проектная часть

2.1 Информационное обеспечение системного анализа экономических задач

Информационное обеспечение приложения определяет состав данных, их структуру, источники, правила интеграции, хранения и контроля качества. В рамках системного анализа экономических задач информационная модель должна обеспечивать одновременно: сопоставимость показателей между подсистемами, трассировку расчётов до первичных событий и возможность построения сценариев с фиксацией версий исходных параметров. Требования к фиксации состава данных и выходных результатов согласуются с положениями о техническом задании как основном документе для создания и приёмки автоматизированной системы [24], а также с задачами интеграции данных в информационных системах [21].

В проектируемом приложении предусмотрены следующие классы источников данных.

- Учётный контур. Документы продаж, закупок, складского движения, банковские выписки, начисления и платежи.
- Производственный контур. Операции производственного календаря, фактические объёмы выпуска, простои, загрузка оборудования.
- Контур управления проектами. План-графики проектов, бюджеты, статусы этапов, фактические затраты.
- Справочные данные. Номенклатура, контрагенты, центры финансовой ответственности, статьи затрат, классификаторы рисков и угроз.
- Внешние данные. Индексы цен и тарифов, курсы валют, отраслевые нормативы. В прототипе внешние данные задаются как отдельный справочник сценарных параметров.

Данные загружаются в аналитическое хранилище по пакетному регламенту. Для прототипа принят суточный цикл с ночным окном загрузки. Внутрисуточное обновление предусмотрено для критических показателей

ликвидности и выполнения заказов.

Проектные параметры потока данных:

- Суточный объём новых записей событий. 120 000 строк.
- Доля изменяемых записей за сутки. До 3 процентов.
- Норматив времени ночной загрузки. Не более 45 минут.
- Горизонт хранения детальных событий. 36 месяцев.
- Горизонт хранения агрегатов показателей. 72 месяца.

Таблица 1 – Источники данных и регламент обновления в прототипе

Источник	Набор данных	Частота	Окно загрузки	Объём, строк в сутки	Контроль целостности
Учётный контур	продажи, закупки, склад, платежи	1 раз в сутки	01:00–01:25	60 000	первичные ключи, баланс сумм
Производственный контур	операции, выпуск, простои, загрузка	1 раз в сутки	01:25–01:40	40 000	контроль дат, контроль норм времени
Управление проектами	план, факт, статусы, бюджеты	1 раз в сутки	01:40–01:50	5 000	контроль стадий и версий
Справочники	номенклатура, контрагенты, ЦФО	1 раз в сутки	01:50–01:55	10 000	дедупликация, контроль кодов
Внешние параметры сценариев	тарифы, индексы, курсы	1 раз в сутки	01:55–02:00	5 000	контроль диапазонов

Концептуальная модель ориентирована на четыре вида системного ресурса, выделяемые в системной экономике. Ресурс объектов, ресурс процессов, ресурс проектов и ресурс среды [12]. Это обеспечивает единый способ описания экономического объекта как системы взаимосвязанных контуров.

В составе модели данных выделены сущности.

- Организационная структура. Подразделение, центр финансовой ответственности, центр затрат.
- Потоки и события. Заказ, поставка, производственная операция, отгрузка, платёж.
- Ресурсы. Номенклатура, складской остаток, производственная мощность, трудовой ресурс.
- Проекты. Проект, этап, бюджет, фактические затраты, календарный план.

- Риски и угрозы. Реестр угроз, фактор риска, вероятность, ущерб, уровень контроля.

- Сценарии и версии. Сценарий, набор параметров, версия набора данных, версия модели.

Модель поддерживает нормализацию справочников и денормализацию витрин показателей для ускорения расчётов. Показатели фиксируются на временной шкале с дискретностью день. Для части задач допускается агрегирование до недели и месяца.

Хранилище реализуется как набор логических слоёв.

- Слой приёмки. Таблицы загрузки источников в исходной структуре.
- Слой интеграции. Приведение кодов, единиц измерения, календаря, устранение дублей.

- Слой ядра. Факты событий и измерения справочников.
- Слой витрин. Агрегаты и расчётные показатели для модулей анализа.

Для прототипа принят следующий набор витрин.

- Витрина выполнения заказов. Сроки, отклонения, причины, состояния процесса.

- Витрина ликвидности. Плановые и фактические платежи, кассовые разрывы, стресс-сценарии.

- Витрина производственной загрузки. План, факт, узкие места, простои.

- Витрина портфеля проектов. Эффекты, бюджеты, сроки, риски, зависимости.

Контроль качества данных реализуется как отдельный контур с журналированием результатов. Подход согласуется с задачами предотвращения методологических ошибок при интеграции разнородных источников [21].

Проектные метрики качества:

- Полнота обязательных полей. Не ниже 99,0 процента.
- Доля дублей по ключам событий. Не выше 0,2 процента.

- Доля несогласованных справочных кодов. Не выше 0,5 процента.
- Доля событий с некорректной датой. Не выше 0,1 процента.
- Доля выбросов по суммам платежей. Не выше 0,3 процента.

При нарушении порогов формируется протокол загрузки. Протокол включает идентификатор партии, источник, время, количество строк до и после фильтрации, перечень ошибок по типам.

Разграничение доступа реализуется ролевой моделью.

- Администратор системы. Управление пользователями, регламентами, справочниками.
- Аналитик. Доступ к витринам, настройка сценариев, запуск расчётов.
- Руководитель. Доступ к итоговым панелям и отчётам, утверждение сценариев.
- Оператор данных. Доступ к протоколам загрузки и исправлению ошибок справочников.

Для прототипа принят срок хранения журналов действий 180 дней. События аудита включают вход пользователя, запуск расчёта, изменение сценария, изменение справочника, экспорт отчёта.

2.2 Технологическое обеспечение

2.2.1 Обоснование проектных решений по технологическому обеспечению

Технологическое обеспечение описывает методы и средства реализации функций приложения, состав технологических компонентов, режимы выполнения операций, требования к производительности и надёжности. В качестве базовой схемы принята трёхуровневая архитектура: уровень представления, уровень прикладной логики, уровень данных. Такая схема обеспечивает модульность вычислительных блоков, что соответствует необходимости изоляции контуров оптимизации, имитации и прогнозирования.

Требования к испытаниям и проверке результатов в прототипе соотносятся с видами испытаний автоматизированных систем по ГОСТ 34.603-92 [25]. На этой основе выделяются компоненты технологического контура: контур загрузки данных, контур вычислений, контур формирования отчётности, контур администрирования и контроля.

В составе приложения предусмотрены вычислительные модули.

- Модуль структурно-функционального описания процессов. Хранение моделей процессов, версионность, атрибутика входов и выходов.
- Модуль вероятностного анализа состояний процессов. Расчёт вероятностей состояний и переходов для диагностики режимов.
- Модуль сценарных расчётов финансовых потоков. Расчёт кассовых профилей и стресс-нагрузки ликвидности.
- Модуль портфельного анализа проектов. Сопоставление проектов по эффектам, срокам, бюджетам и рискам.
- Модуль отчётности и панелей показателей. Формирование сводных представлений и выгрузок.

В прототипе принят режим вычислений по запросу пользователя и режим плановых расчётов.

- Плановые расчёты выполняются ежедневно после завершения загрузки данных.
- Расчёты по сценариям выполняются по запросу, с фиксацией версии сценария.

Проектные параметры производительности устанавливаются исходя из суточного объёма данных и типового количества одновременных пользователей.

- Количество активных пользователей в рабочее время. 25.
- Количество одновременных аналитических сессий. 8.
- Время формирования панели показателей. Не более 3 секунд для агрегатов за месяц.

- Время выполнения сценарного расчёта ликвидности на горизонт 90 дней. Не более 60 секунд.

- Время расчёта диагностики состояний процесса на 30 дней событий. Не более 120 секунд.

Параметры надёжности приняты на уровне прикладной системы управленческой аналитики.

- Коэффициент готовности. 0,98.
- Допустимое время восстановления работоспособности. До 4 часов.
- Допустимая потеря данных при сбое. Не более 24 часов.

Таблица 2 – Нормативы производительности и надёжности прототипа

Показатель	Норматив	Объект контроля	Метод фиксации
Время отклика панели показателей	до 3 секунд	витрины агрегатов	журнал запросов
Время расчёта сценария ликвидности	до 60 секунд	сценарный модуль	протокол расчёта
Время расчёта диагностики процессов	до 120 секунд	вероятностный модуль	протокол расчёта
Коэффициент готовности	0,98	сервис приложения	журнал доступности
Время восстановления	до 4 часов	сервис и база данных	протокол аварии
Потеря данных при сбое	до 24 часов	слой приёмки	контроль партий

Интеграция реализуется как пакетная загрузка с контролем качества и согласованием справочников. На уровне прототипа предусмотрены два механизма.

- Обмен файлами структурированных данных с фиксированной схемой полей.

- Прямое подключение к источнику через интерфейс чтения таблиц.

Внутренний формат хранения событий унифицирован по полям: идентификатор события, дата и время, тип события, объект, сумма, количество, единица измерения, валюта, подразделение, контрагент, идентификатор документа источника.

Технологический контур включает сквозную трассировку.

- Трассировка показателя до набора событий, из которых он собран.
- Трассировка сценария до набора параметров и версии данных.
- Трассировка отчёта до версии алгоритма и времени расчёта.

Для прототипа принят минимальный состав метаданных: версия данных, версия сценария, версия модели, идентификатор пользователя, время выполнения, контрольная сумма набора входов.

2.2.2 Технологические операции

Технологические операции описывают последовательность действий технологического контура от приёма данных до выдачи результатов. Операции разделены на пакетные регламентные и интерактивные пользовательские. Последовательность фиксируется в виде регламента, что обеспечивает воспроизводимость вычислений и контроль результатов при испытаниях по ГОСТ 34.603-92 [25].

Пакетный цикл выполняется ежедневно.

1. Приёмка данных источников в слой загрузки.
2. Контроль структуры и обязательных полей.
3. Сопоставление справочников и кодов.
4. Формирование фактов событий и измерений.
5. Пересчёт витрин показателей.
6. Плановый запуск вычислительных модулей.
7. Публикация результатов в панелях.
8. Архивация партии и протоколов.

Для каждой операции фиксируются входы, выходы, контрольные условия и коды ошибок.

Проектные параметры регламентного цикла:

- Время старта. 01:00.
- Время завершения. До 02:30.
- Максимальное число ошибок допустимого класса за цикл. 0 для критических, до 50 для некритических.
- Критические ошибки. Нарушение ключей, отрицательные суммы там, где запрещено, несогласованная валюта, разрыв ссылочной целостности.

- Некритические ошибки. Пропуск необязательного поля, редкие выбросы, единичные дубли, не влияющие на агрегаты после дедупликации.

Интерактивные операции выполняются по запросу пользователя в пределах прав роли.

- Создание сценария. Выбор горизонта, выбор набора параметров, фиксация версии.

- Запуск расчёта. Выбор модуля, подтверждение входов, запуск, получение протокола.

- Анализ результата. Просмотр итогов, просмотр ограничений, просмотр чувствительности.

- Экспорт отчёта. Выгрузка сводных таблиц и протоколов расчёта.

Для прототипа предусмотрено ограничение на параллельные расчёты одного пользователя. Не более 2 расчётов одновременно.

Контур сопровождения включает операции.

- Управление справочниками. Добавление, изменение, закрытие записей по датам действия.

- Управление пользователями. Назначение ролей, блокировка, аудит входов.

- Управление моделями. Публикация новой версии модели, откат, сравнение версий.

- Управление протоколами. Хранение протоколов загрузки и расчётов, поиск по партиям.

Таблица 3 – Регламент технологических операций прототипа

№	Операция	Вход	Выход	Норматив времени	Контроль результата
1	Приёмка данных	файлы или таблицы источника	слой приёмки	15 минут	контроль количества строк
2	Валидация структуры	слой приёмки	протокол ошибок	5 минут	контроль схемы полей
3	Согласование справочников	слой приёмки, справочники	слой интеграции	10 минут	доля несоответствий
4	Формирование фактов и измерений	слой интеграции	слой ядра	10 минут	ссылочная целостность
5	Пересчёт витрин	слой ядра	витрины	15 минут	контроль агрегатов

Продолжение таблицы 3

6	Плановые расчёты модулей	витрины, параметры	результаты модулей	20 минут	протокол расчёта
7	Публикация результатов	результаты модулей	панели и отчёты	5 минут	контроль доступности
8	Архивация	партии и протоколы	архив	10 минут	контроль полноты архива

Каждый запуск расчёта формирует протокол, содержащий.

- Идентификатор запуска.
- Время начала и завершения.
- Пользователь и роль.
- Версия данных и сценария.
- Перечень входных параметров с диапазонами допустимости.
- Сводный результат и набор диагностик.
- Перечень предупреждений и ошибок.
- Контрольные суммы входов и выходов.

Результаты предоставляются в двух видах.

- Итоговые показатели. Значения метрик, рассчитанные по выбранному сценарию.
- Объясняющая часть. Активные ограничения, вклад факторов, чувствительность результата.

Такая структура согласуется с требованием системного анализа обеспечивать интерпретируемость и воспроизводимость процедуры выбора решения на основе модели, а также с необходимостью корректной фиксации входов и условий создания системы.

2.3 Техническое обеспечение

2.3.1 Обоснование проектных решений по техническому обеспечению

Техническое обеспечение приложения предназначено для гарантированного выполнения регламентных и интерактивных вычислений, описанных в разделе 2.2, при заданных параметрах нагрузки, объёма данных и

требований к доступности. В рамках проектируемого решения техническое обеспечение рассматривается как совокупность вычислительных, сетевых и инженерных средств, обеспечивающих работу серверного контура, подсистем хранения и рабочих мест пользователей. Фиксация состава технических средств и их параметров выполняется на уровне проектных требований и допущений, что соответствует подходу к формализации условий создания системы в составе технического задания [24].

В качестве базовой организационно-технической схемы принята централизованная серверная архитектура с выделением контуров: контур данных, контур приложений и контур резервного копирования. Разделение контуров необходимо для исключения взаимного влияния загрузок. Наиболее ресурсоёмкими операциями являются ночные пакетные преобразования данных, пересчёт витрин показателей и сценарные расчёты с расширенным горизонтом. Следовательно, техническая конфигурация должна обеспечивать различные по времени пики нагрузки и поддерживать параллельность вычислений при ограничении времени регламентного окна.

Проектирование мощности выполняется на основе принятых в информационном обеспечении параметров: суточный объём новых записей событий 120 000 строк, доля изменяемых записей до 3 процентов, горизонт хранения детальных событий 36 месяцев и норматив ночной загрузки не более 45 минут. При таких допущениях ориентировочный объём детальных событий за период хранения определяется как 120 000 строк в сутки, умноженных на 1 095 дней. Получается 131 400 000 строк событий. Для оценки дискового пространства принимается проектный размер одной записи факта с учётом индексов и служебных полей 220 байт. Эта величина включает значения полей, ссылочные ключи на измерения, метки версии и дату загрузки, а также средний вклад индексов по ключевым полям. Тогда оценка объёма слоя фактов составляет 131 400 000 строк, умноженных на 220 байт, то есть около 28,9 гигабайта. Для витрин агрегатов и расчётных таблиц в прототипе закладывается коэффициент 2,5 от объёма фактов. Этот коэффициент учитывает хранение

нескольких уровней агрегирования и отдельных наборов расчётных результатов по сценариям. Следовательно, суммарное пространство для данных прикладного контура оценивается примерно в 72–75 гигабайт.

Дополнительно учитываются журналы загрузки и вычислений, которые должны храниться 180 дней. Для прототипа принимается объём журналов 1,2 гигабайта в сутки, что даёт около 216 гигабайт за период хранения. Такая величина характерна для детализированных протоколов операций, содержащих контрольные суммы, перечни ошибок, параметры запусков и технические метрики. Таким образом, хранилище и журналы в совокупности определяют минимальную ёмкость подсистемы хранения не менее 300 гигабайт с резервом. Для обеспечения устойчивости к росту объёма и расширению числа витрин принимается коэффициент запаса 3. Тогда проектная ёмкость основного хранилища устанавливается на уровне не менее 1 терабайта для прикладных данных и журналов без учёта резервных копий.

Параметры оперативной памяти и вычислительных ресурсов определяются требованиями к одновременным сессиям и времени выполнения операций. В прототипе приняты 25 активных пользователей и до 8 одновременных аналитических сессий, при этом норматив времени выполнения сценарного расчёта ликвидности составляет до 60 секунд, а диагностики состояний процессов – до 120 секунд. Для таких режимов характерна нагрузка смешанного типа: вычислительная нагрузка на сервер приложений и нагрузка ввода-вывода на сервер данных. В целях исключения деградации времени отклика из-за конкуренции за ресурсы принят принцип выделения отдельного сервера для базы данных и отдельного сервера для прикладной логики.

Для сервера базы данных критичны операции чтения по индексам, группировки и агрегирования. В проекте предусматривается хранение основных таблиц и индексов на твердотельных накопителях с обеспечением высокой производительности случайного чтения. Минимальные требования к производительности подсистемы хранения формулируются через число операций ввода-вывода в секунду. Для прототипа принимается целевой

показатель не ниже 10 000 операций ввода-вывода в секунду на чтение и не ниже 5 000 на запись в ночном окне. Эти значения достаточны для пакетной переработки десятков миллионов строк при пересчёте витрин и построении индексов в ограниченном интервале.

Для сервера приложений критичны операции параллельного выполнения вычислительных задач. Поэтому при обосновании предусматривается многопоточность вычислительных модулей и ограничение на запуск параллельных расчётов одним пользователем. С учётом одновременных сессий и фоновых операций целевое количество вычислительных потоков принимается равным 16, что соответствует 16 логическим вычислительным единицам. Оперативная память сервера приложений определяется потребностью в хранении промежуточных массивов сценариев и результатов. Для прототипа принимается пиковое потребление оперативной памяти одним расчётом 2,0 гигабайта, а для восьми параллельных сессий – 16 гигабайт с учётом служебного резерва. С учётом дополнительного резерва на кэширование и обслуживание веб-интерфейса устанавливается требование к оперативной памяти сервера приложений не менее 32 гигабайт.

Сетевой контур должен обеспечивать передачу данных между сервером данных, сервером приложений и рабочими местами с запасом по пропускной способности, так как на этапе формирования отчётов и панелей осуществляется массовая выдача агрегатов.

При проектировании принимается внутренняя сеть с пропускной способностью 1 гигабит в секунду на серверных портах и возможностью расширения до 10 гигабит в секунду на магистральном соединении, если объёмы витрин увеличатся или появится потребность в более частом обновлении данных. При этом для критических регламентных операций предпочтительно размещение серверов в одном сегменте локальной сети для минимизации задержек.

Надёжность обеспечивается сочетанием резервирования данных и инженерной защиты. На уровне данных предусматривается хранение на

отказоустойчивой дисковой конфигурации с контролем целостности и возможностью восстановления при выходе из строя отдельного накопителя. На уровне электропитания предусматривается источник бесперебойного питания, обеспечивающий корректное завершение операций и сохранение журналов при пропадании напряжения.

В проекте фиксируется требование автономной работы не менее 20 минут при номинальной нагрузке серверного контура, что достаточно для корректного завершения транзакций и остановки служб.

Для достижения коэффициента готовности 0,98 и допустимого времени восстановления до 4 часов, ранее установленного в технологическом обеспечении, предусматривается резервное копирование с ежедневной полной и внутрисуточной дифференциальной схемой по журналам изменений.

В качестве проектных требований к резервному копированию принимается следующая модель. Полная резервная копия выполняется ежедневно после завершения регламентного цикла, дифференциальные копии выполняются каждые 6 часов, а журнал транзакций фиксируется с интервалом 15 минут. Эти параметры согласуются с допустимой потерей данных до 24 часов и с требованиями к восстановлению. При этом резервные копии хранятся на выделенном хранилище, логически отделённом от основного массива данных.

Таблица 4 – Расчётные проектные требования к ресурсам технического контура

Компонент	Процессорные ресурсы	Оперативная память	Основное хранилище	Производительность хранилища	Сетевая связность
Сервер базы данных	16 вычислительных ядер	64 гигабайта	1 терабайт	не ниже 10 000 операций ввода-вывода в секунду на чтение	1 гигабит в секунду
Сервер приложений	16 вычислительных ядер	32 гигабайта	250 гигабайт	не ниже 3 000 операций ввода-вывода в секунду	1 гигабит в секунду
Хранилище резервных копий	4 вычислительных ядра	16 гигабайт	4 терабайта	ориентир на последовательную запись	1 гигабит в секунду
Рабочие места пользователей	4 вычислительных ядра	16 гигабайт	256 гигабайт	стандартная производительность	100 мегабит в секунду

Принятые параметры не являются статистическими данными функционирования конкретной организации. Они представляют собой формализованные проектные требования к прототипу, достаточные для выполнения регламентов и соблюдения нормативов времени отклика. Такое обоснование обеспечивает непротиворечивую связь между требованиями к информационным потокам, технологическими операциями и техническим контуром, что необходимо для дальнейшей проверки системы при испытаниях [25].

2.3.2 Комплекс технических средств

Комплекс технических средств включает серверные узлы, подсистемы хранения и резервного копирования, сетевую инфраструктуру, инженерные средства обеспечения электропитания, а также пользовательские рабочие места. Комплекс формируется исходя из архитектуры с отдельными контурами данных и приложений, принятой в предыдущем пункте, и ориентирован на выполнение двух режимов эксплуатации: регламентной пакетной обработки и интерактивной аналитики.

Серверная часть комплекса включает два основных вычислительных узла. Первый узел обслуживает базу данных и обеспечивает высокую производительность операций чтения, агрегирования и индексации. Вторым узлом обслуживается прикладная логика и пользовательский интерфейс, выполняются вычислительные модули сценарных расчетов и формируются отчетные представления. Разделение узлов обеспечивает независимость нагрузок и снижает вероятность влияния пикового вычислительного сценария на стабильность операций базы данных.

Для сервера базы данных ключевыми характеристиками являются объем оперативной памяти, так как кэширование индексов и часто используемых блоков данных существенно влияет на время отклика, и характеристики подсистемы хранения. В проекте предусматривается размещение данных на

твердотельных накопителях, объединённых в отказоустойчивую дисковую конфигурацию. Такая конфигурация обеспечивает допустимое время восстановления при отказе одного накопителя без остановки системы и без нарушения целостности массива. Для обеспечения трассировки и журналирования предусматривается выделение отдельного логического тома под журналы транзакций, что снижает конкуренцию операций чтения и записи.

Сервер приложений проектируется с ориентацией на многопоточность вычислений и устойчивую работу веб-интерфейса. Подсистема хранения на сервере приложений используется преимущественно для хранения кэшей, временных файлов расчётов и пакетов обновления. Следовательно, требования к производительности хранилища ниже, чем для базы данных, однако наличие твердотельного накопителя остаётся предпочтительным из-за множества операций с временными файлами при сценарных расчётах.

Подсистема резервного копирования формируется как отдельный технический элемент. Предусматривается выделенное хранилище резервных копий объёмом не менее 4 терабайт, рассчитанное на хранение ежедневных полных копий и дифференциальных копий с ротацией. При выборе объёма учитывается коэффициент хранения не менее 14 полных циклов ежедневных копий и не менее 30 дней журналов изменений. Обоснование такого горизонта состоит в необходимости восстановления данных при выявлении логических ошибок, не обнаруженных в день возникновения, и при необходимости анализа корректности расчётов в ретроспективе, что связано с требованиями воспроизводимости.

Сетевая инфраструктура комплекса предусматривает выделение серверного сегмента и сегмента рабочих мест. Серверный сегмент выполняется на основе управляемого коммутатора с пропускной способностью портов 1 гигабит в секунду и с поддержкой разделения сетей на логические подсети. Это обеспечивает разграничение сервисного трафика, трафика пользователей и трафика резервного копирования. Для доступа пользователей к приложению предусматривается внутренняя сеть предприятия. При необходимости

удалённого доступа используется защищённый канал, однако технические параметры такого канала не являются обязательными для базовой конфигурации прототипа.

Инженерная часть комплекса включает источник бесперебойного питания, рассчитанный на серверный контур и сетевое оборудование. Принятый норматив автономной работы 20 минут при полной нагрузке обеспечивает корректное завершение транзакций базы данных, формирование согласованного состояния журналов и останов служб. Также предусматривается защита от перенапряжений и мониторинг состояния питания, поскольку нестабильное электропитание является одним из наиболее типичных факторов повреждения данных при работе серверных систем.

Рабочие места пользователей включаются в комплекс как конечные точки доступа к аналитическим панелям и процедурам расчёта. Требования к рабочим местам определяются особенностями интерфейса, работающего с интерактивными таблицами и визуальными представлениями. Оперативная память 16 гигабайт и наличие твердотельного накопителя обеспечивают стабильность работы в условиях одновременного открытого набора отчётных форм и выгрузок.

Таблица 5 – Комплекс технических средств прототипа приложения

Наименование технического средства	Количество	Основные параметры	Функциональное назначение
Сервер базы данных	1	16 вычислительных ядер; 64 гигабайта оперативной памяти; 1 терабайт на твердотельных накопителях в отказоустойчивой конфигурации	хранение фактов, измерений, витрин и журналов транзакций
Сервер приложений	1	16 вычислительных ядер; 32 гигабайта оперативной памяти; 250 гигабайт на твердотельном накопителе	вычислительные модули, веб-интерфейс, протоколы запусков
Хранилище резервных копий	1	4 терабайта; поддержка последовательной записи; отдельный логический ресурс	хранение полных и дифференциальных резервных копий
Коммутатор управляемый	1	24 порта 1 гигабит в секунду; поддержка логического разделения сети	сегментация трафика, соединение серверов и рабочих мест
Маршрутизатор	1	пропускная способность не ниже 500 мегабит в секунду во внутреннем контуре	маршрутизация между сегментами и доступ к внутренним ресурсам

Продолжение таблицы 5

Источник бесперебойного питания	1	автономная работа 20 минут при полной нагрузке серверов и сети	защита от отключений и корректное завершение операций
Рабочие станции аналитиков	8	4 вычислительных ядра; 16 гигабайт оперативной памяти; 256 гигабайт твердотельного накопителя	сценарные расчёты, анализ результатов, подготовка отчётов
Рабочие станции руководителей	6	4 вычислительных ядра; 16 гигабайт оперативной памяти; 256 гигабайт твердотельного накопителя	просмотр панелей, утверждение сценариев, выгрузка отчётов

Комплекс технических средств в приведённой конфигурации обеспечивает выполнение регламентных операций в ночном окне, поддерживает одновременную работу пользователей и формирование отчётности в интерактивном режиме, а также создаёт условия для воспроизводимости расчётов за счёт устойчивого хранения данных и системного резервного копирования. Принятая спецификация ориентирована на прототип и допускает масштабирование по вертикали через увеличение вычислительных ресурсов серверов и по горизонтали через выделение дополнительного узла для вычислительных задач при росте объёма сценарных расчётов.

2.4 Программное обеспечение приложения

2.4.1 Обоснование проектных решений по программному обеспечению

Программное обеспечение приложения предназначено для реализации функциональных контуров, определённых в аналитической и проектной частях: загрузка и протоколирование данных, контроль качества, управление сценариями, запуск вычислительных модулей системного анализа, формирование отчётности и аудит действий. Программные решения обосновываются требованиями к воспроизводимости расчётов, трассируемости результатов до версии исходных данных и сценария, а также требованиями к формализации состава функций, входов и выходов, закрепляемыми в документации на автоматизированную систему [24]. Контроль результатов и

фиксирование протоколов запусков рассматриваются как часть подготовленности к испытаниям и проверкам по видам испытаний автоматизированных систем [25].

В качестве проектного решения принят формат веб-приложения с локальным хранением состояния в браузере. Данное решение соответствует назначению прототипа, ориентированного на демонстрацию пользовательских потоков и логики системного анализа без развёртывания серверной инфраструктуры. Для прототипа критичны: стабильная работа интерфейса, корректность версионирования и протоколирование действий. С точки зрения жизненного цикла разработки это позволяет отделить формирование требований к данным и алгоритмам от вопросов промышленной интеграции и эксплуатации.

Функционально программное обеспечение прототипа реализует следующие контуры, которые в дальнейшем могут быть перенесены в промышленный контур без изменения их семантики:

- контур пользовательского интерфейса и навигации по вкладкам;
- контур данных и регламентных операций загрузки с формированием протоколов;
- контур контроля качества данных и классификации статуса по порогам;
- контур сценариев и версий параметров;
- контур вычислительных модулей с протоколами запуска и контрольными суммами;
- контур отчётности и выгрузок;
- контур администрирования и аудита.

Проектные решения по программной реализации выбираются исходя из требований к автономности и к минимальному числу зависимостей. Для прототипа принята одностраничная архитектура с разметкой XHTML, оформлением КСС и вычислительной логикой на Джаваскрипт.

В отличие от многокомпонентных сборок, одностраничный формат

снижает риск расхождений версий и повышает воспроизводимость демонстрации. Одновременно сохраняется структурирование кода на логические подсистемы, что необходимо для дальнейшей детализации модулей и алгоритмов в проектной документации [24].

Параметры эксплуатации прототипа фиксируются как программные ограничения и целевые нормативы:

- целевое число активных пользовательских сессий в браузере на одном рабочем месте: 1;
- целевое время переключения вкладок: не более 0,2 секунды при объёме журналов до 5 000 записей;
- целевое время формирования отчётной таблицы предпросмотра: не более 1,0 секунды при объёме выгрузки до 50 строк;
- ограничение объёма локального состояния: до 5 мегабайт;
- срок хранения журналов: настраиваемый параметр 30–365 дней с проектным значением 180 дней.

Важным обоснованием является требование к трассируемости. В прототипе каждая операция загрузки и каждый запуск вычислительного модуля формируют запись протокола, содержащую идентификатор операции, время, активного пользователя, версию данных, версию сценария и контрольные суммы входа и выхода.

Такой состав метаданных обеспечивает воспроизводимость вычислений и реализует принцип фиксации условий получения результата, что необходимо для проверки соответствия требованиям технического задания [24], а также для последующей постановки испытаний [25].

Таблица 12 – Соответствие требований к программному обеспечению и принятых проектных решений

Требование	Формализация в прототипе	Реализация в программном обеспечении	Выходной артефакт
Воспроизводимость расчётов	фиксирование версий данных и сценария	единый объект состояния, версионирование, контрольные суммы	протокол запуска модуля

Продолжение таблицы 12

Трассировка результата	привязка результата к источникам и параметрам	хранение идентификатора партии, сценария, контрольных сумм	запись в журнале аудита
Управляемость сценариев	управление параметрами и версиями	форма редактирования, автоинкремент версии, история изменений	таблица сценариев и лог
Контроль качества данных	пороговые значения метрик	вычисление метрик, классификация статуса, протокол	таблица диагностики качества
Отчётность	единый формат выгрузок	генерация таблиц и экспорт в файл	файл отчёта и предпросмотр
Подготовленность к испытаниям	фиксация протоколов и статусов	регистрация статуса «успешно/предупреждение» и предупреждений	журнал запусков

Принятое программное решение обеспечивает технологическую непротиворечивость с ранее описанными контурами информационного и технологического обеспечения: операции загрузки данных, контроль качества, управление сценариями и запуск аналитических модулей представлены как единая цепочка с однозначными входами и выходами. В дальнейшей стадии разработки данная программная схема допускает перенос вычислительного ядра на серверную часть без изменения логики пользовательских операций и структуры протоколов, что упрощает подготовку проектной и эксплуатационной документации в рамках комплекса стандартов.

2.4.2 Архитектура программного обеспечения

Архитектура программного обеспечения определяется как совокупность компонентов, их интерфейсов, потоков управления и данных, обеспечивающих выполнение функций приложения. Для прототипа принята архитектура одностраничного веб-приложения с централизованным состоянием и модульной организацией функций. Архитектурное решение ориентировано на выполнение требований системного анализа: модульность, объяснимость

результатов, фиксирование версий исходных данных и сценариев, а также на требования к документированию состава функций и условий создания системы [24].

Логическая структура приложения включает три уровня.

1. Уровень представления. Компоненты интерфейса: навигация, формы, таблицы, визуализация графиков, модальные окна.
2. Уровень прикладной логики. Обработчики событий, валидация параметров, формирование протоколов, запуск модулей и построение отчетов.
3. Уровень данных. Локальное хранилище состояния, структуры витрин и журналов, механизмы версионирования и удержания по сроку.

В центре архитектуры находится объект состояния, содержащий: метаданные версии данных, активного пользователя и сценария, реестр сценариев, протоколы загрузок, протоколы запусков модулей, журнал аудита и вычисленные витрины показателей. Все операции приложения изменяют состояние транзакционно: сначала формируется запись протокола, затем обновляются агрегаты и представления, после чего состояние сохраняется. Это снижает риск появления несогласованных данных между вкладками и обеспечивает единый источник правды для интерфейса.

Потоки данных между компонентами организованы по схеме «событие интерфейса → обработчик → изменение состояния → перерисовка представления». Для данного прототипа данная схема предпочтительна, поскольку обеспечивает контролируемость и повторяемость действий пользователя. Каждая вкладка не хранит собственных вычисленных значений, а отображает производные данные из состояния, что соответствует требованиям к однозначности интерпретации показателей при смене сценария или версии данных.

Интерфейсные компоненты используют единые функции форматирования чисел и единые процедуры формирования таблиц. Это снижает риск расхождений в представлении значений. Для критичных сущностей (версия данных, версия сценария, идентификаторы партий и

запусков) используется отображение в моноширинном стиле, что повышает читаемость идентификаторов и соответствует назначению протоколов как технических артефактов.

Архитектура предусматривает следующие внутренние сервисы прикладной логики:

- сервис управления версиями данных и генерации идентификаторов партий;
- сервис управления версиями сценариев и фиксации истории изменений;
- сервис удержания журналов по сроку хранения и очистки устаревших записей;
- сервис вычисления витрин и показателей по активному сценарию;
- сервис формирования отчётов и экспорта.

Каждый сервис реализует детерминированные операции над состоянием. Это важно для системного анализа, поскольку любые результаты должны быть воспроизводимы при повторном запуске на одинаковых входных параметрах. Детерминизм обеспечивается тем, что ключевые вычисления выполняются на основе фиксированных параметров сценария и версии данных, а случайная составляющая в демонстрационных рядах применяется только как часть прототипного моделирования и может быть отключена при переходе к промышленной реализации.

Таблица 13 – Компоненты архитектуры программного обеспечения и их интерфейсы

Компонент	Назначение	Входы	Выходы	Основные отказные состояния
Подсистема интерфейса	отображение вкладок, форм и таблиц	события пользователя	запросы к состоянию, команды запуска	несогласованность отображения при частичных обновлениях
Менеджер состояния	хранение всех сущностей и протоколов	операции сервисов	сериализация в локальное хранилище	превышение лимита локального хранения
Подсистема протоколов	фиксация партий и запусков	данные операции, версии	запись протокола, статус, предупреждения	отсутствие версии данных или сценария

Продолжение таблицы 13

Вычислительное ядро	расчёт витрин и модулей	параметры сценария, витрины	показатели, ряды, диагностические метки	деление на ноль при некорректных параметрах
Экспорт отчётов	формирование выгрузок	тип отчёта, формат	файл выгрузки и предпросмотр	некорректная структура данных при пустых наборах

Архитектурное решение обеспечивает соответствие требованиям документируемости: каждая функция приложения имеет однозначный вход, выход и протокол, что согласуется с подходом к описанию требований и условий создания системы в структуре технического задания [24]. Наличие протоколов и статусов выполнения также создаёт основу для построения процедур испытаний, включая проверку корректности входов, соответствие выходов ожидаемой структуре и анализ обработанных ошибок.

2.4.3 Описание программных модулей и алгоритмов системного анализа

Программное обеспечение прототипа реализует набор модулей, соответствующих функциональным контурам системного анализа экономических задач. Описание модулей приводится в разрезе: назначение, основные функции, входные параметры, выходные результаты и алгоритмическая основа. Алгоритмы выбираются так, чтобы сохранялась интерпретируемость и возможность протоколирования входов и выходов. Это соответствует принципам системного анализа, где важна воспроизводимая процедура выбора решений, а не только вычисление численного результата.

Назначение модуля состоит в формировании проектной модели регламентной загрузки и протокола операций. Модуль принимает параметры партии: источник, ожидаемый объём, долю ошибок. Затем последовательно моделирует этапы: структурная валидация, согласование справочников, дедупликация, построение витрин. Итогом является запись протокола загрузки и обновление версии данных.

Ключевые параметры партии:

- источник данных: учётный, производственный, проектный,

справочный, внешний;

- объём строк: 100–2 000 000;
- доля ошибок: 0–5 процентов;
- идентификатор партии и контрольные суммы входа и выхода.

Выходы модуля:

- протокол партии загрузки с числом принятых и отклонённых строк;
- новая версия данных;
- запись в журнале аудита.

Модуль качества формирует набор метрик и классифицирует состояние «норма/требуется внимания/критично» на основе порогов. Пороговые значения соответствуют проектным метрикам, заданным ранее в информационном обеспечении. Алгоритм вычисления метрик в прототипе использует последнюю партию загрузки как фактор модификации базовых оценок. В промышленной реализации данный модуль должен вычислять метрики напрямую из слоя приёма и слоя интеграции, а также формировать реестр ошибок по типам [21].

Метрики качества:

- полнота обязательных полей;
- доля дублей по ключам событий;
- доля несогласованных справочных кодов;
- доля ошибок дат;
- доля выбросов по суммам.

Выходы:

- таблица диагностики по источникам;
- сводный статус качества;
- технический комментарий к последней партии.

Назначение модуля состоит в создании, редактировании и хранении сценариев, влияющих на расчёты. Сценарий включает: горизонт расчёта, индекс цен, шок спроса, лимит капитальных затрат и другие проектные параметры. При сохранении изменений выполняется инкремент версии сценария и фиксируется запись в журнале аудита. Для активного сценария

дополнительно пересчитываются витрины показателей.

Алгоритм версионирования сценариев:

- версия имеет формат «С-0001» и увеличивается на единицу при каждом сохранении;
- идентификатор сценария неизменен;
- история изменений формируется как выборка из журнала аудита по идентификатору сценария.

В прототипе реализованы три вычислительных модуля. Каждый модуль формирует: результат, диагностические показатели, график и протокол запуска. Протокол содержит идентификатор запуска, версию данных, версию сценария, статус выполнения и перечень предупреждений. Такой подход обеспечивает готовность к проверкам результатов и испытаниям по видам испытаний автоматизированных систем [25].

Модуль сценарного расчёта ликвидности реализует вычисление профиля остатка денежных средств на горизонте сценария. Алгоритм строит дневной ряд притоков и оттоков, рассчитывает чистый поток и кумулятивный остаток. Диагностика включает минимальный и максимальный остатки и признак нарушения ограничения ликвидности при отрицательном минимальном остатке.

Модуль диагностики состояний процессов моделирует вероятностный показатель неблагоприятного режима процесса. В качестве концептуальной базы для промышленной реализации принимается аппарат скрытых марковских моделей, применяемый для анализа бизнес-процессов при наличии скрытых состояний [5]. В прототипе используется упрощённый вероятностный ряд, зависящий от параметров сценария и времени. В промышленной версии для скрытой марковской модели применимы стандартные алгоритмы: оценивание параметров методом максимального правдоподобия и восстановление наиболее вероятной последовательности состояний. Результатом модуля является ряд вероятности неблагоприятного режима и диагностические показатели среднего и максимального значения вероятности.

Модуль портфельного анализа проектов выполняет отбор подмножества проектов при ограничении по лимиту капитальных затрат. В прототипе реализована эвристика отбора по отношению эффект/затраты с последовательным включением проектов до исчерпания лимита. Результатом является состав выбранных проектов, освоение лимита и суммарный эффект. Протокол содержит предупреждение при недостаточном числе проектов из-за жёсткого лимита.

Таблица 14 – Программные модули и алгоритмические характеристики

Модуль	Входные параметры	Основной алгоритм	Результаты	Диагностика и статус
Загрузка данных	источник, объём, доля ошибок	последовательные этапы обработки и протоколирование	протокол партии, версия данных	контроль принятых/отклонённых строк
Качество данных	последняя партия, пороги	расчёт метрик и классификация	статус качества, таблица по источникам	«норма/внимание/критично»
Сценарии	параметры сценария	инкремент версии и фиксация аудита	версия сценария, пересчёт витрин	история изменений
Ликвидность	горизонт, индекс цен, шок спроса	расчёт притоков/оттоков и кумулятивного остатка	ряд остатков, минимум/максимум	предупреждение при отрицательном минимуме
Процессы	горизонт, параметры неопределённости	вероятностная диагностика; концептуально – скрытая марковская модель [5]	ряд вероятности режима	предупреждение при превышении порога вероятности
Портфель проектов	лимит капитальных затрат, корректировки эффектов	эвристический отбор по эффект/затраты	состав портфеля, суммарный эффект	предупреждение при недостаточном наборе

Модуль отчётности формирует табличные представления по выбранному типу отчёта: сводные показатели, протоколы загрузок, протоколы расчётов. Экспорт реализуется в два варианта: структурированный формат Джисон и текстовый табличный формат. В составе протокола аудита фиксируется факт экспорта, тип отчёта и формат.

Модуль администрирования управляет активным пользователем,

параметром срока хранения журналов и операцией очистки устаревших записей. Журнал аудита фиксирует действия: инициализация, загрузки, смена пользователя, изменения сценариев, пересчёт витрин, запуски модулей, экспорт отчётов. Удержание журналов реализуется алгоритмом фильтрации записей по дате относительно заданного срока хранения.

Таким образом, программные модули и алгоритмы прототипа структурируют жизненный цикл системного анализа в прикладной форме: от загрузки и контроля данных до сценарных расчётов, диагностики процессов и отбора портфеля проектов. Формирование протоколов и фиксация версий создают основу для документируемости требований и последующей постановки испытаний в рамках комплекса стандартов.

2.5 Руководство пользователя

2.5.1 Описание интерфейса

Интерфейс прототипа веб-приложения «Системный анализ экономических задач» реализован в формате одностраничного приложения с фиксированной навигационной панелью слева и рабочей областью справа. Принята единая компоновка для всех разделов, что обеспечивает одинаковую логику взаимодействия при переходе между вкладками и снижает риск ошибок оператора при выполнении регламентных операций. Состояние прототипа хранится локально в браузере, поэтому все операции отображаются немедленно, без ожидания сетевых ответов.

Верхняя часть рабочей области содержит строку статуса, в которой отображаются ключевые идентификаторы текущего состояния: версия данных, активный сценарий и активный пользователь. В демонстрационном состоянии в строке статуса отображается версия данных D-20251222-0001, активный сценарий SC-BASE / S-0001, активный пользователь Верещагин Н.А.(Аналитик). В правой части верхней панели расположены кнопки оперативных действий: «Быстрый расчёт», «Экспорт состояния», «Сброс

данных». Указанные элементы присутствуют на всех вкладках, что позволяет выполнять типовые операции без возврата на стартовый экран.

Левая панель навигации содержит название приложения, краткое описание режима работы и список функциональных разделов. В составе меню представлены: «Панель показателей», «Данные и загрузки», «Качество данных», «Сценарии», «Расчёты и модули», «Отчёты», «Администрирование». Для каждого раздела отображается счётчик событий или записей, связанный с данным разделом. В нижней части боковой панели предусмотрен индикатор доступности системы и кнопка вызова справочной информации.

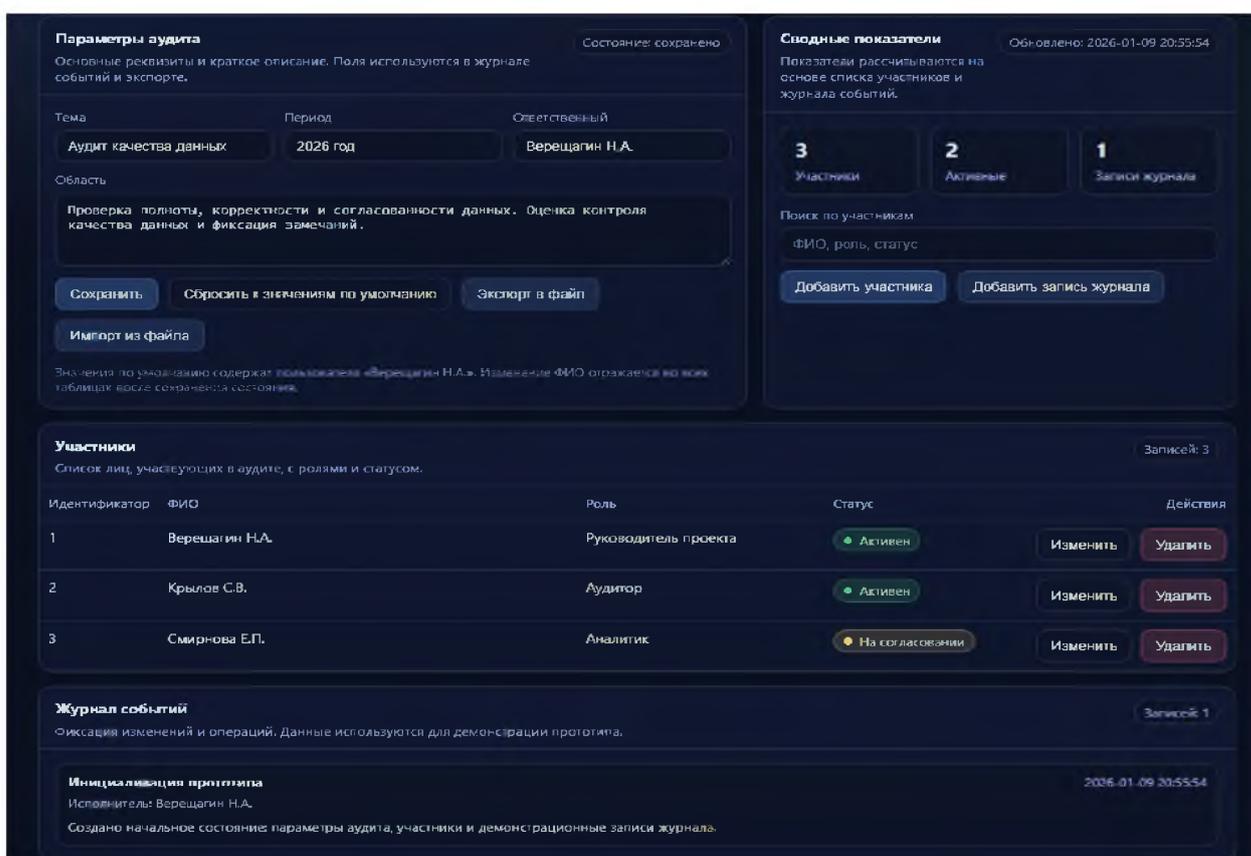


Рисунок 1 – Панель показателей и сводные индикаторы состояния прототипа

Раздел «Панель показателей» предназначен для быстрого обзора результатов по активной версии данных и активному сценарию. В верхней части раздела размещён блок «Сводные показатели», представленный карточками ключевых метрик. В демонстрационной конфигурации отображаются: выручка 2 800 000 рублей, расходы 2 101 814 рублей, прибыль

698 186 рублей, минимальный остаток денежных средств 527 826 рублей, индекс риска процесса 0,22, скоринг портфеля 80,00, число активных ограничений 2, версия витрины D-20251222-0001. Каждая карточка содержит наименование показателя, числовое значение и краткую подпись, фиксирующую смысл агрегата, например «агрегат за горизонт сценария» или «выручка минус расходы». Привязка к сценарию обеспечивается общей строкой статуса: при смене сценария значения сводных показателей обновляются синхронно.

Ниже блока сводных показателей размещается область визуализации динамики денежных потоков. В демонстрационном состоянии показан линейный график «Остаток денежных средств» за горизонт 90 дней, соответствующий параметру горизонта сценария. Подписи минимума и максимума показывают ориентиры диапазона значений и применяются для интерпретации ограничений ликвидности. Справа от графика размещён блок «Последние события», содержащий журнал операций, в который попадают записи о запуске расчётов, экспорте состояния и инициализации прототипа. Формат записи включает дату, время, пользователя, тип события и краткое техническое описание.

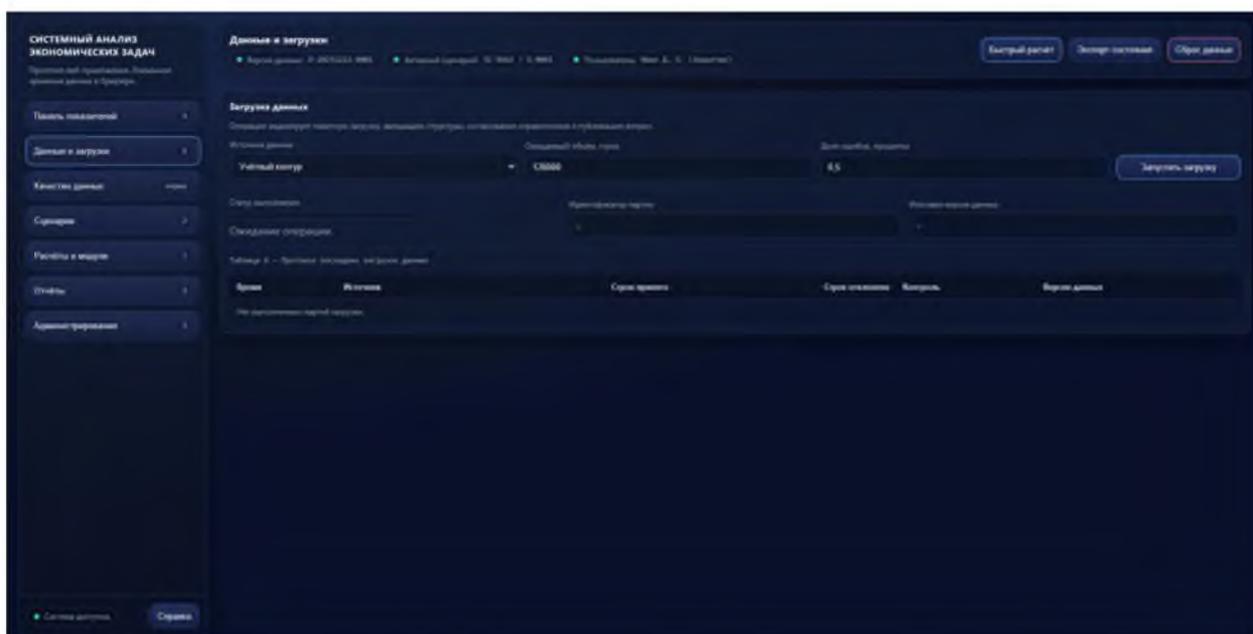


Рисунок 2 – Раздел «Данные и загрузки»: форма параметров пакетной загрузки и протокол последних операций

Раздел «Данные и загрузки» реализует интерфейс регламентной операции моделирования пакетной загрузки и фиксации результата в протоколе. В верхней части рабочей области размещена форма «Загрузка данных», в которой задаются параметры операции: источник данных, ожидаемый объём строк и доля ошибок. В демонстрационном примере выбран источник «Учётный контур», ожидаемый объём 120 000 строк, доля ошибок 0,5 процента. Справа расположена кнопка «Запустить загрузку», которая инициирует процедуру формирования партии загрузки и обновления версии данных.

Ниже формы размещены поля статуса выполнения, идентификатора партии и итоговой версии данных. Данные поля используются как контрольные признаки завершения операции и обеспечивают визуальную проверку соответствия результата заданным параметрам. В нижней части раздела отображается протокол последних загрузок. Протокол представлен в виде табличной области, где фиксируются время операции, источник, число принятых строк, число отклонённых строк, отметка контроля и версия данных, сформированная по результатам загрузки. В демонстрационном состоянии показано сообщение об отсутствии выполненных партий, что соответствует начальному состоянию без регламентных операций.

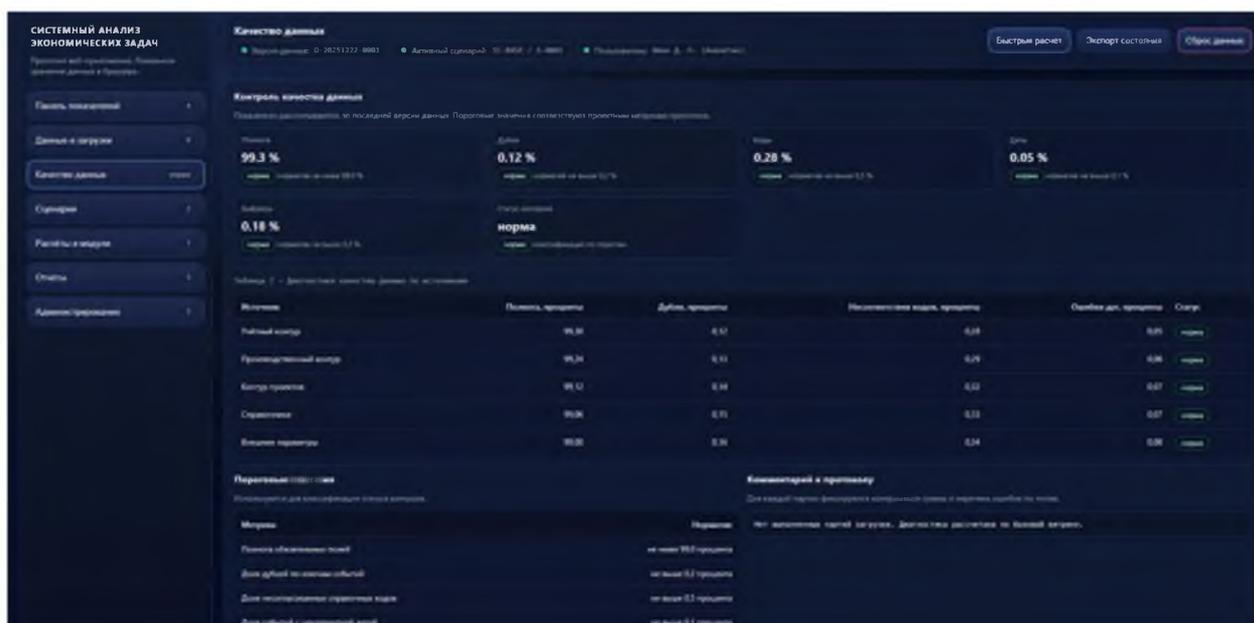


Рисунок 3 – Раздел «Качество данных»: сводные метрики и результаты диагностики по источникам

Раздел «Качество данных» предназначен для визуального контроля проектных метрик качества и классификации состояния по порогам. В верхней части размещён блок «Контроль качества данных», содержащий карточки метрик и единый статус контроля. В демонстрационном состоянии отображаются значения: полнота 99,3 процента, доля дублей 0,12 процента, доля несоответствий кодов 0,28 процента, доля ошибок дат 0,05 процента, доля выбросов 0,18 процента. Для каждой метрики выводится классификация «норма» и краткая интерпретация порога, например «норматив не ниже 99,0 процента» или «норматив не выше 0,2 процента». Итоговый статус контроля также отображается как «норма» и трактуется как результат классификации по порогам.

Центральная часть раздела включает область «Диагностика качества данных по источникам», где показывается разрез по типам источников, включая учётный контур, производственный контур, контур проектов, справочники и внешние параметры. Отдельно выделяется блок «Пороговые значения», содержащий перечень метрик и соответствующих нормативов. В правой части расположен текстовый блок «Комментарий к протоколу», в котором фиксируются служебные сообщения, например указание на расчёт диагностики по базовой витрине при отсутствии выполненных партий загрузки. Такая компоновка разделяет фактические числовые показатели, нормативные ограничения и пояснения, формируя единый контур контроля качества данных.

Раздел «Сценарии» предназначен для управления набором параметров, используемых в расчётах. В верхней части раздела размещён селектор «Выбранный сценарий», который отображает идентификатор и наименование текущего сценария. В демонстрационном состоянии выбран сценарий SC-BASE – Базовый (S-0001). Справа от селектора размещены кнопки операций управления: «Создать сценарий», «Копировать», «Удалить». Данный набор операций ориентирован на работу с версионностью сценариев и формирование альтернативных конфигураций параметров.

Ниже расположена область «Параметры сценария», содержащая поля

ввода и редактирования. В демонстрационном примере зафиксированы значения: горизонт расчёта 90 дней, курс условной валюты 92,4 рубля, индекс цен 1, шок спроса 0 процентов, лимит капитальных затрат 5 000 000 рублей. Дополнительно предусмотрено поле комментария, используемое для краткой фиксации логики сценария. В нижней части блока размещена кнопка «Сохранить изменения» и отображение версии сценария S-0001, что позволяет сопоставлять выполненные расчёты с конкретной версией параметров.

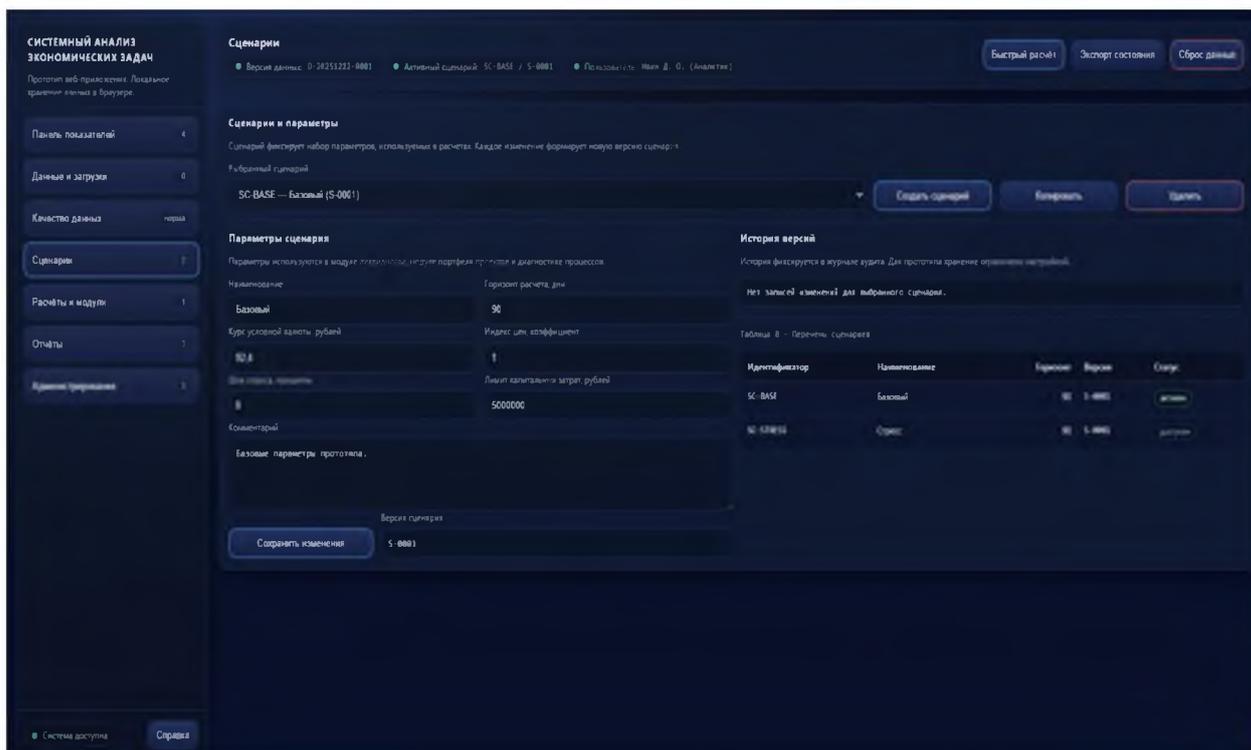


Рисунок 4 – Раздел «Сценарии»: параметры сценария, операции управления и перечень доступных сценариев

Правая часть раздела содержит блок «История версий», который фиксирует факт отсутствия изменений для выбранного сценария в демонстрационном состоянии. Ниже отображается перечень сценариев, где приводятся идентификатор, наименование, горизонт, версия и статус. В демонстрационном наборе присутствуют сценарии SC-BASE со статусом «активен» и SC-STRESS со статусом «доступен». Такое представление обеспечивает различие текущей рабочей конфигурации и альтернативных сценариев для сравнительного анализа.

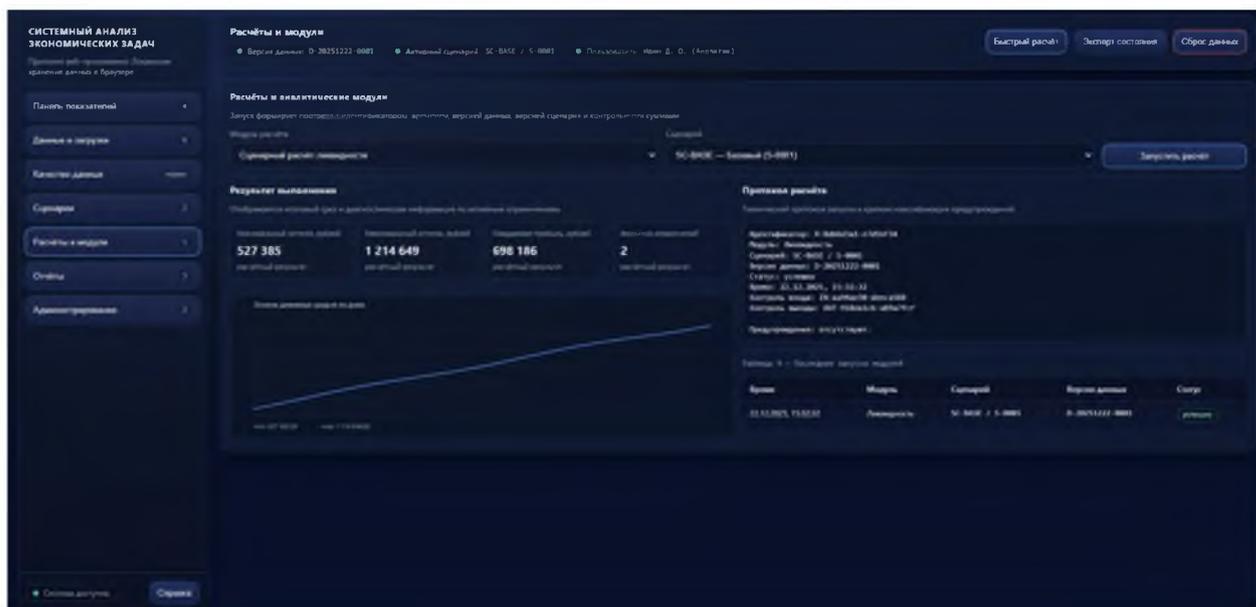


Рисунок 5 – Раздел «Расчёты и модули»: запуск модуля и протокол вычислительной операции

Раздел «Расчёты и модули» предназначен для запуска аналитических модулей и просмотра результатов выполнения в связке «входные параметры – результат – протокол». В верхней части раздела размещены селекторы «Модуль расчёта» и «Сценарий», а также кнопка «Запустить расчёт». В демонстрационном состоянии выбран модуль «Сценарный расчёт ликвидности» и сценарий SC-BASE – Базовый (S-0001).

После выполнения расчёта в блоке «Результат выполнения» отображаются итоговые показатели: минимальный остаток 527 385 рублей, максимальный остаток 1 214 649 рублей, ожидаемая прибыль 698 186 рублей, число активных ограничений 2. Ниже выводится график «Остаток денежных средств по дням», визуальное отражающий траекторию остатков на горизонте расчёта и обеспечивающий сопоставление с числовыми минимумом и максимумом.

Правая часть раздела содержит блок «Протокол расчёта», в котором фиксируются технические атрибуты запуска: идентификатор операции, наименование модуля, сценарий и версия сценария, версия данных, статус выполнения, время запуска, контроль входа и контроль выхода. В

демонстрационной конфигурации статус отображается как «успешно», а поле предупреждений содержит значение «отсутствуют». Протокол представляет собой ключевой элемент трассируемости, поскольку связывает результат с версиями данных и параметров.

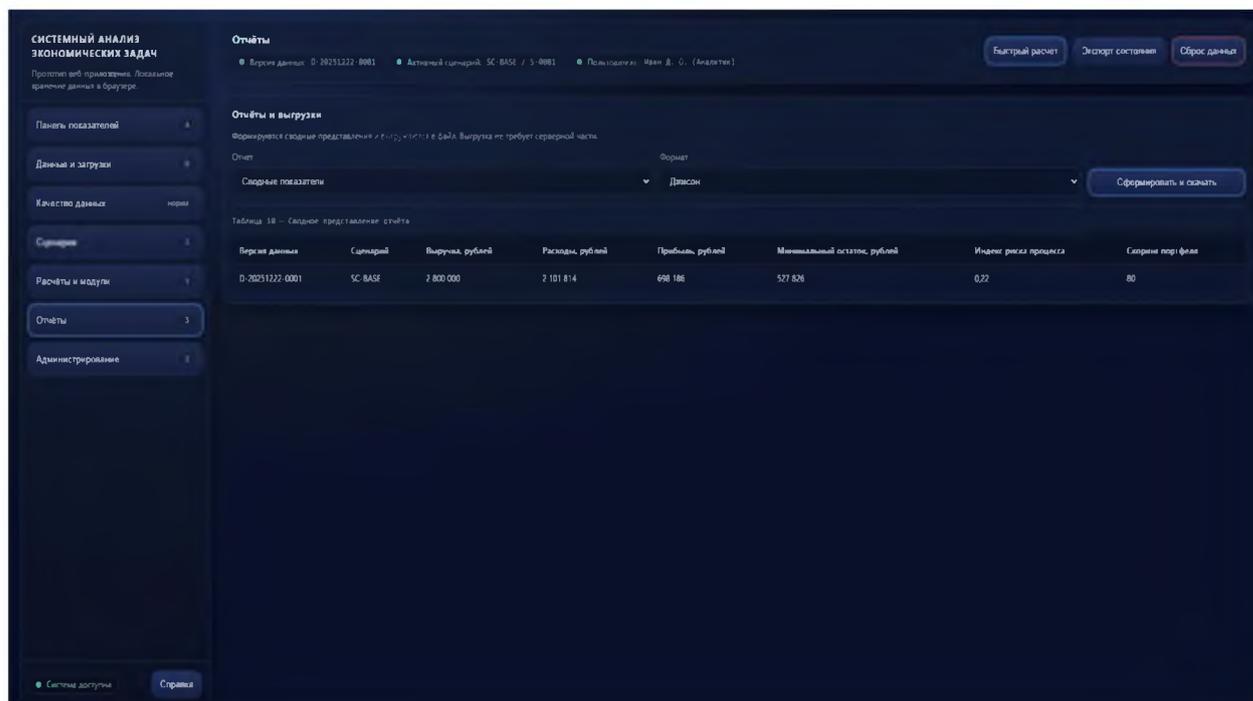


Рисунок 6 – Раздел «Отчёты»: выбор отчёта, формат выгрузки и предварительное представление результата

Раздел «Отчёты» предназначен для формирования сводных представлений и их выгрузки в файл без использования серверной части. В верхней части расположены селекторы «Отчёт» и «Формат». В демонстрационном состоянии выбран отчёт «Сводные показатели» и формат «Джисон». Справа размещена кнопка «Сформировать и скачать», запускающая процедуру экспорта.

Ниже отображается сводное представление отчёта, в котором фиксируются ключевые поля результата: версия данных D-20251222-0001, сценарий SC-BASE, выручка 2 800 000 рублей, расходы 2 101 814 рублей, прибыль 698 186 рублей, минимальный остаток 527 826 рублей, индекс риска процесса 0,22, скоринг портфеля 80. Представление ориентировано на контроль корректности перед выгрузкой: структура полей совпадает с составом сводных

показателей панели, что обеспечивает сопоставимость между обзорным экраном и отчётным артефактом.

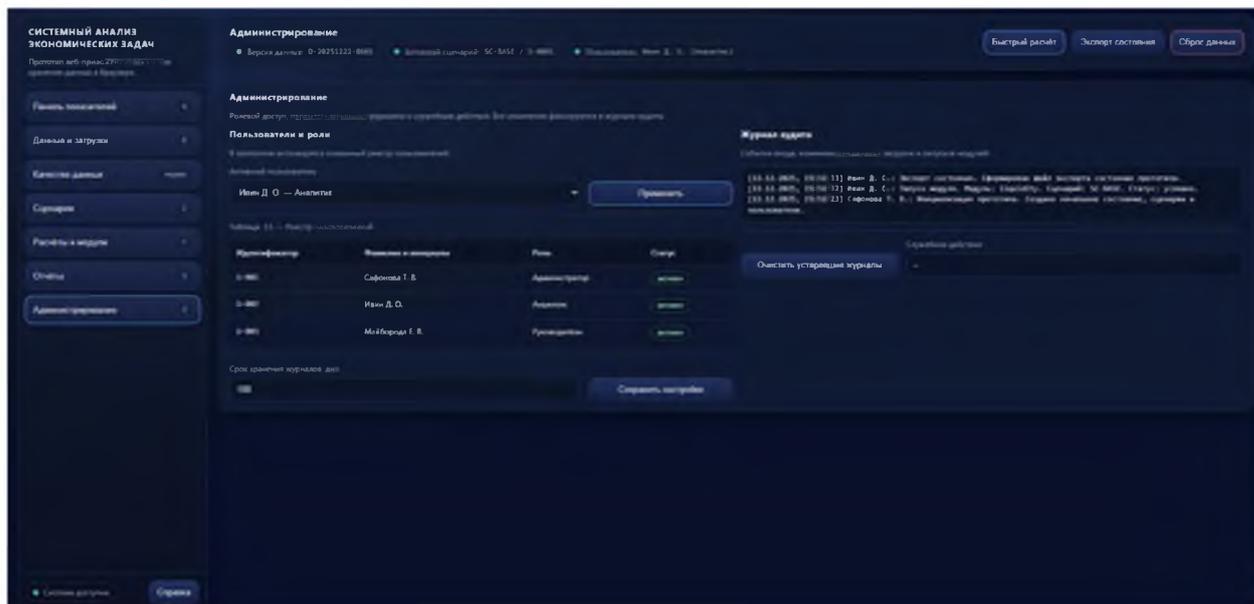


Рисунок 7 – Раздел «Администрирование»: управление пользователями, параметры хранения журналов и журнал аудита

Раздел «Администрирование» предназначен для управления локальным реестром пользователей, параметрами хранения журналов и служебными операциями. В левой части рабочей области расположен блок «Пользователи и роли», содержащий селектор активного пользователя и кнопку «Применить». В демонстрационном состоянии активным пользователем выбран «Верещагин Н. А. – Аналитик». Ниже отображается реестр пользователей с идентификаторами, Фамилией и инициалами, ролью и статусом активности. В демонстрационном наборе присутствуют записи: U-001 Сафонова Т. В. (Администратор), U-002 Верещагин Н.А. (Аналитик), U-003 Майборода Е. В. (Руководитель), статусы – «активен».

Правая часть раздела содержит блок «Журнал аудита», в котором отображаются события входа, изменения сценариев, загрузок и запусков модулей. Формат записи включает дату, время, пользователя и техническое описание операции, например экспорт состояния, запуск модуля «Ликвидность» по сценарию SC-BASE и инициализация прототипа. Ниже

размещена кнопка «Очистить устаревшие журналы», используемая для применения политики хранения. В нижней части раздела предусмотрено поле «Срок хранения журналов, дни» со значением 180 и кнопка «Сохранить настройки». Дополнительно присутствует поле «Служебное действие», предназначенное для фиксации краткого текстового атрибута операции в журнале аудита.

В целом интерфейс прототипа ориентирован на выполнение сквозного пользовательского сценария: выбор и настройка сценария, загрузка и контроль качества данных, запуск вычислительного модуля с получением результата и протокола, формирование отчёта и выгрузка, контроль и аудит действий. Единообразие верхней строки статуса и унификация кнопок оперативных действий обеспечивают согласованность работы во всех разделах и поддерживают требование трассируемости результатов по версии данных и версии сценария.

3 Обоснование экономической эффективности результатов ВКР

3.1 Выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности

Экономическая эффективность результатов выпускной квалификационной работы оценивается для программного приложения системного анализа экономических задач, ориентированного на формализацию процессов, управление сценариями, запуск вычислительных модулей и протоколирование результатов. Специфика объекта оценки состоит в том, что приложение относится к классу информационных систем поддержки принятия решений и не генерирует выручку напрямую. Экономический эффект формируется опосредованно за счёт сокращения трудоёмкости регламентных аналитических операций, снижения затрат на устранение ошибок данных и расчётов, а также уменьшения потерь времени при согласовании версий показателей между участниками процесса.

Для такого типа решений методика расчёта должна удовлетворять следующим требованиям: (1) возможность выделить экономический эффект как раз-разницу «до внедрения» и «после внедрения» при одинаковом объёме работ; (2) учёт единовременных затрат на создание и ввод в эксплуатацию; (3) учёт текущих затрат на сопровождение; (4) представление результатов в форме показателей, сопоставимых с альтернативными вариантами автоматизации. Указанные требования согласуются с логикой обоснования целесообразности создания системы через фиксацию требований, состава работ и условий приёмки в рамках технического задания [24], а также с необходимостью предусматривать контроль результатов и проверяемость в ходе испытаний [25].

В практике оценки эффективности программных решений применяются несколько групп методик. Первая группа – статические методики, основанные на расчёте годового экономического эффекта и простого срока окупаемости. Они применимы, когда денежные потоки слабо распределены во времени, а горизонт оценки невелик. Вторая группа – динамические методики, основанные

на дисконтировании денежных потоков и расчёте чистой приведённой стоимости, индекса доходности и дисконтированного срока окупаемости. Они применимы при наличии значимых единовременных затрат и неоднородных по времени эффектов. Третья группа – методики «затраты–результат» с неполным денежным измерением, когда часть эффектов описывается натуральными показателями качества. Данная группа уместна при существенной доле немонетизируемых эффектов, например росте прозрачности процессов или повышении управляемости.

С учётом целей работы и назначения прототипа целесообразно использовать комбинированный подход: основу расчёта составляют динамические показатели эффективности по денежным потокам, а немонетизируемые результаты фиксируются как качественные эффекты, не включаемые в расчёты. Такой выбор объясняется тем, что: (1) имеется выраженная единовременная стоимость разработки и ввода в эксплуатацию; (2) эффект носит ежегодный повторяющийся характер и связан с трудозатратами; (3) требуется показать сопоставимость результата с альтернативой «выполнение работ вручную», что типично для оценки автоматизации аналитических функций. Подобная логика соответствует подходам инвестиционного анализа для проектов автоматизации, где сравниваются сценарии «как есть» и «как будет» с учётом затрат и ожидаемой экономии [1].

Расчёт эффективности в данной работе основывается на следующих группах показателей:

1. Годовой экономический эффект как экономия затрат на выполнение операций и исправление ошибок.
2. Чистый денежный поток по годам как разность эффекта и текущих затрат.
3. Чистая приведённая стоимость как сумма дисконтированных чистых потоков за горизонт минус единовременные затраты.
4. Индекс доходности как отношение суммы дисконтированных положительных потоков к единовременным затратам.

5. Срок окупаемости в простом и дисконтированном варианте.

Для построения расчёта формируется модель затрат и эффектов. В части затрат выделяются: (а) единовременные затраты на разработку, тестирование, подготовку эксплуатационной документации, внедрение и обучение; (б) единовременные затраты на оснащение рабочего места и тестового контура, если они требуются; (в) текущие затраты на сопровождение, включая регламентное обновление и контроль качества. В части эффектов выделяются: (а) сокращение трудоёмкости регламентных операций (загрузка, контроль качества, сценарные расчёты, формирование отчётов); (б) сокращение времени согласования версий показателей за счёт протоколов и идентификаторов запусков; (в) снижение трудозатрат на разбор ошибок и повторные расчёты за счёт журналирования и унификации сценариев.

Особенность программных решений аналитического класса состоит в том, что эффект зависит от интенсивности использования. Поэтому методика фиксирует набор исходных параметров эксплуатации: число пользователей, периодичность операций, среднюю длительность операций и долю повторов из-за ошибок. Эти параметры задаются как допущения расчёта. Допущения оформляются как входные данные модели эффективности, что позволяет сохранять воспроизводимость расчётов и поддерживать трассируемость результатов, аналогично трассируемости расчётов в приложении по версии данных и сценарию.

Таблица 15 – Сопоставление методик расчёта экономической эффективности для программного приложения

Методика	Основной показатель	Требования к данным	Достоинства для проекта	Ограничения
Статический расчёт эффекта и простого срока окупаемости	годовой эффект; простой срок окупаемости	годовая экономия; единовременные затраты	простота; прозрачная интерпретация	не учитывает распределение эффекта по времени
Дисконтирование денежных потоков	чистая приведённая стоимость; индекс доходности; дисконтированный срок окупаемости	горизонты по годам; ставка дисконтирования; структура затрат	учитывает время и неоднородность потоков; сравнимость с альтернативами	требует задания ставки дисконтирования и горизонта

Продолжение таблицы 15

«Затраты– результат» с качественными эффектами	набор натуральных метрик качества	показатели качества и трудоемкости; экспертная оценка	фиксирует немонетизируемые эффекты, важные для ИС	ограниченная сопоставимость без денежной оценки
Сравнение «как есть / как будет»	разность затрат по сценариям	трудозатраты до и после; объёмы операций	соответствует логике системного анализа сценариев	зависит от корректности допущений

В качестве основной методики в разделе 3.2 применяется динамический расчёт на основе дисконтирования денежных потоков с параллельным расчётом годового эффекта и простого срока окупаемости. Динамическая часть обеспечивает корректное учётное отражение единовременных затрат и распределения эффекта по времени, а статическая часть обеспечивает наглядность представления результата.

3.2 Расчет показателей экономической эффективности

Расчёт выполнен на горизонте 3 года. Денежные потоки формируются по годам и включают: единовременные затраты в нулевом периоде и ежегодный чистый эффект от эксплуатации. Ставка дисконтирования задаётся как параметр модели и принимается равной 12 процентов в год. Принятая ставка используется исключительно для приведения потоков к сопоставимому виду на момент начала проекта и применяется одинаково для всех лет расчёта.

Экономический эффект приложения в расчёте формируется за счёт сокращения трудозатрат на регламентные аналитические операции. Принята модель эксплуатации, в которой приложение используется аналитической группой и руководителем для регулярной подготовки сводных показателей, контроля качества данных, управления сценариями и формирования отчётности.

Приняты следующие допущения по организации работ и стоимости трудозатрат:

1. Численность пользователей:
 - аналитик – 2 человека;
 - руководитель – 1 человек.
2. Стоимость часа работы:
 - аналитик – 800 рублей в час;
 - руководитель – 1 200 рублей в час.
3. Регламентные операции в месяц:
 - загрузка данных и протоколирование – 4 операции;
 - контроль качества данных – 4 операции;
 - запуск расчётов и подготовка результатов – 8 операций;
 - формирование отчётов и выгрузок – 4 операции;
 - согласование версий показателей (обсуждение и сверка) – 4 операции.
4. Трудоёмкость операций «до внедрения» и «после внедрения» (время на одну операцию):
 - загрузка данных: было 45 минут, стало 15 минут;
 - контроль качества: было 40 минут, стало 15 минут;
 - запуск расчёта и фиксация результата: было 35 минут, стало 15 минут;
 - отчёт и выгрузка: было 30 минут, стало 10 минут;
 - согласование версии: было 60 минут, стало 20 минут.
5. Дополнительный эффект от снижения повторных работ из-за ошибок:
 - до внедрения повтор выполнялся в 10 процентах операций расчёта;
 - после внедрения повтор выполняется в 4 процентах операций расчёта;
 - повторная операция принимается равной времени «до внедрения» для соответствующего расчёта.

Единовременные затраты на создание и ввод в эксплуатацию сформированы по статьям: разработка прототипа, тестирование и отладка, подготовка эксплуатационных материалов, обучение, развертывание на рабочих местах. Текущие затраты включают сопровождение и регламентный контроль состояния.

Таблица 16 – Исходные данные для расчёта затрат и эффекта

Показатель	Значение
Горизонт расчёта	3 года
Ставка дисконтирования	12 процентов
Число аналитиков	2 человека
Число руководителей	1 человек
Стоимость часа аналитика	800 рублей
Стоимость часа руководителя	1 200 рублей
Операции в месяц: загрузка данных	4
Операции в месяц: контроль качества	4
Операции в месяц: расчёты	8
Операции в месяц: отчёты	4
Операции в месяц: согласование версий	4
Единовременные затраты на разработку и ввод	420 000 рублей
Текущие затраты на сопровождение в год	60 000 рублей

Единовременные затраты 420 000 рублей в расчёте трактуются как суммарные затраты нулевого периода. Текущие затраты 60 000 рублей в год включают регламентное сопровождение, актуализацию параметров, контроль корректности локального состояния и периодическую проверку протоколов.

Расчёт выполняется по каждой группе операций. Время переводится в часы. Месячная экономия умножается на 12 месяцев для получения годового значения.

1) Загрузка данных

Было 45 минут, стало 15 минут. Экономия на одну операцию:

$$30 \text{ минут} = 0,5 \text{ часа}$$

Операций в месяц: 4.

Экономия времени в месяц:

$$0,5 \times 4 = 2 \text{ часа}$$

Экономия времени в год:

$$2 \times 12 = 24 \text{ часа}$$

Денежная экономия относится к аналитикам, так как операция выполняется аналитиками.

Годовая экономия по загрузке:

$$24 \times 800 = 19\,200 \text{ рублей}$$

2) Контроль качества данных

Было 40 минут, стало 15 минут. Экономия на одну операцию:

$$25 \text{ минут} = 25 / 60 = 0,4167 \text{ часа}$$

Операций в месяц: 4.

Экономия времени в месяц:

$$0,4167 \times 4 = 1,6668 \text{ часа}$$

Экономия времени в год:

$$1,6668 \times 12 = 20,0016 \text{ часа}$$

Годовая экономия по контролю качества:

$$20,0016 \times 800 = 16\,001,28 \text{ рубля}$$

Для расчёта принимается округление до целых рублей: 16 001 рубль.

3) Запуск расчётов и фиксация результата

Было 35 минут, стало 15 минут. Экономия на одну операцию:

$$20 \text{ минут} = 20 / 60 = 0,3333 \text{ часа}$$

Операций в месяц: 8.

Экономия времени в месяц:

$$0,3333 \times 8 = 2,6664 \text{ часа}$$

Экономия времени в год:

$$2,6664 \times 12 = 31,9968 \text{ часа}$$

Годовая экономия по расчётам:

$$31,9968 \times 800 = 25\,597,44 \text{ рубля}$$

Округление: 25 597 рублей.

4) Формирование отчётов и выгрузок

Было 30 минут, стало 10 минут. Экономия на одну операцию:

$$20 \text{ минут} = 0,3333 \text{ часа}$$

Операций в месяц: 4.

Экономия времени в месяц:

$$0,3333 \times 4 = 1,3332 \text{ часа}$$

Экономия времени в год:

$$1,3332 \times 12 = 15,9984 \text{ часа}$$

Годовая экономия по отчётам:

$$15,9984 \times 800 = 12\,798,72 \text{ рубля}$$

Округление: 12 799 рублей.

5) Согласование версий показателей

Было 60 минут, стало 20 минут. Экономия на одну операцию:

$$40 \text{ минут} = 40 / 60 = 0,6667 \text{ часа}$$

Операций в месяц: 4.

Экономия времени в месяц:

$$0,6667 \times 4 = 2,6668 \text{ часа}$$

Экономия времени в год:

$$2,6668 \times 12 = 32,0016 \text{ часа}$$

Согласование выполняется руководителем с участием аналитика. Для упрощения денежной оценки принято: 60 процентов времени относится к руководителю, 40 процентов – к аналитикам. Тогда:

Время руководителя в год:

$$32,0016 \times 0,60 = 19,20096 \text{ часа}$$

Время аналитиков в год:

$$32,0016 \times 0,40 = 12,80064 \text{ часа}$$

Денежная экономия руководителя:

$$19,20096 \times 1\,200 = 23\,041,152 \text{ рубля}$$

Округление: 23 041 рубль.

Денежная экономия аналитиков:

$$12,80064 \times 800 = 10\,240,512 \text{ рубля}$$

Округление: 10 241 рубль.

Итого по согласованию:

$$23\,041 + 10\,241 = 33\,282 \text{ рубля}$$

б) Экономия за счёт снижения повторных расчётов

Повтор относится к операциям расчёта (8 операций в месяц).

Число повторов до внедрения:

$$8 \times 10 / 100 = 0,8 \text{ повтора в месяц}$$

Число повторов после внедрения:

$$8 \times 4 / 100 = 0,32 \text{ повтора в месяц}$$

Снижение повторов:

$$0,8 - 0,32 = 0,48 \text{ повтора в месяц}$$

Время одного повтора принимается равным времени «до внедрения» для расчёта:

$$35 \text{ минут} = 35 / 60 = 0,5833 \text{ часа}$$

Экономия времени в месяц:

$$0,48 \times 0,5833 = 0,279984 \text{ часа}$$

Экономия времени в год:

$$0,279984 \times 12 = 3,359808 \text{ часа}$$

Денежная экономия:

$$3,359808 \times 800 = 2\,687,8464 \text{ рубля}$$

Округление: 2 688 рублей.

7) Суммарная годовая экономия

Сумма годовой экономии по статьям:

- загрузка: 19 200 рублей;
- контроль качества: 16 001 рубль;
- расчёты: 25 597 рублей;
- отчёты: 12 799 рублей;
- согласование: 33 282 рубля;
- снижение повторов: 2 688 рублей.

Суммарный годовой эффект (экономия затрат труда):

$$\begin{aligned} \text{Эгод} &= 19\,200 + 16\,001 + 25\,597 + 12\,799 + 33\,282 + 2\,688 \\ &= 109\,567 \text{ рублей} \end{aligned}$$

Промежуточный расчёт оформляется в требуемом виде:

$$\begin{aligned} \text{Эгод} &= 19\,200 + 16\,001 = 35\,201 \\ 35\,201 &+ 25\,597 = 60\,798 \\ 60\,798 &+ 12\,799 = 73\,597 \\ 73\,597 &+ 33\,282 = 106\,879 \end{aligned}$$

$$106\,879 + 2\,688 = 109\,567 \text{ рублей}$$

Единовременные затраты в нулевом периоде:

$$K_0 = 420\,000 \text{ рублей}$$

Текущие затраты в год:

$$З_{тек} = 60\,000 \text{ рублей}$$

Чистый эффект в год (чистый денежный поток эксплуатации):

$$ЧДП = Э_{год} - З_{тек} = 109\,567 - 60\,000 = 49\,567 \text{ рублей}$$

Расчёт оформляется по требуемому образцу:

$$ЧДП = 109\,567 - 60\,000 = 49\,567 \text{ рублей}$$

Для упрощения расчёта предполагается, что в 1–3 годах чистый поток одинаков.

Чистая приведённая стоимость определяется как сумма дисконтированных чистых потоков за годы 1–3 минус единовременные затраты нулевого периода.

Формула:

$$ЧПС = ЧДП_1 / (1 + p) + ЧДП_2 / ((1 + p) \times (1 + p)) + ЧДП_3 / ((1 + p) \times (1 + p) \times (1 + p)) - K_0$$

где p – ставка дисконтирования.

Подстановка значений:

$$p = 12 / 100 = 0,12$$

$$ЧДП_1 = ЧДП_2 = ЧДП_3 = 49\,567 \text{ рублей}$$

$$K_0 = 420\,000 \text{ рублей}$$

Дисконтирующие множители:

$$(1 + p) = 1 + 0,12 = 1,12$$

$$1,12 \times 1,12 = 1,2544$$

$$1,2544 \times 1,12 = 1,404928$$

Дисконтированные потоки:

• Год 1:

$$49\,567 / 1,12 = 44\,256,25 \text{ рубля}$$

• Год 2:

$$49\,567 / 1,2544 = 39\,515,40 \text{ рубля}$$

• Год 3:

$$49\,567 / 1,404928 = 35\,281,61 \text{ рубля}$$

Сумма дисконтированных потоков:

$$\text{СДП} = 44\,256,25 + 39\,515,40 + 35\,281,61 = 119\,053,26 \text{ рубля}$$

Оформление промежуточно:

$$44\,256,25 + 39\,515,40 = 83\,771,65$$

$$83\,771,65 + 35\,281,61 = 119\,053,26 \text{ рубля}$$

Чистая приведённая стоимость:

$$\text{ЧПС} = 119\,053,26 - 420\,000 = -300\,946,74 \text{ рубля}$$

Полученное значение отрицательно при выбранных допущениях и горизонте 3 года, что означает, что за 3 года дисконтированный эффект не покрывает единовременные затраты.

Индекс доходности определяется как отношение суммы дисконтированных положительных потоков к единовременным затратам:

$$\text{ИД} = 119\,053,26 / 420\,000 = 0,28346$$

Индекс доходности меньше 1, что согласуется с отрицательной чистой приведённой стоимостью на горизонте 3 лет.

Простой срок окупаемости рассчитывается как отношение единовременных затрат к годовому чистому эффекту без дисконтирования:

$$\text{Тпр} = 420\,000 / 49\,567 = 8,47 \text{ года}$$

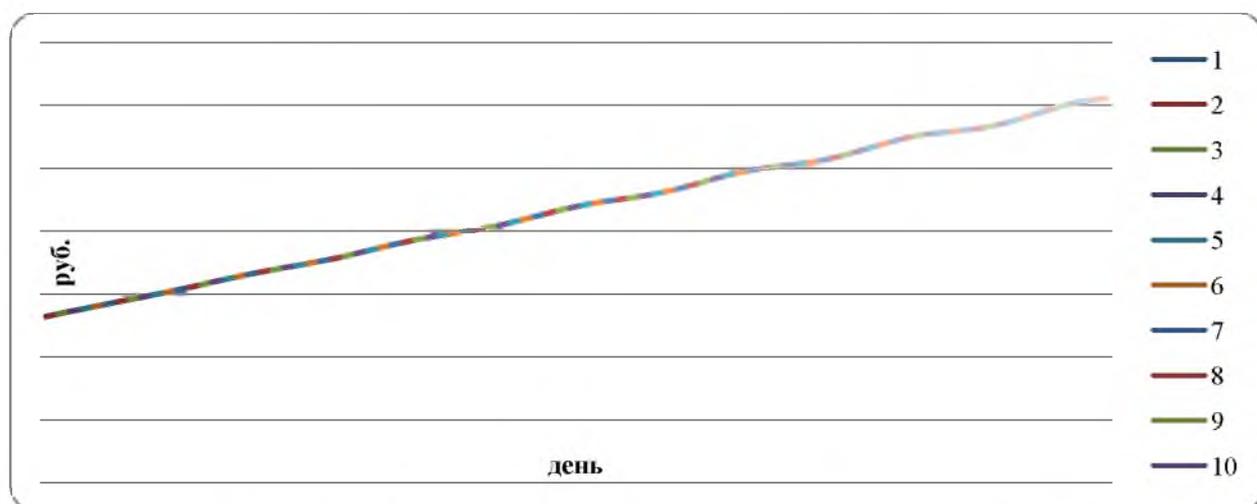


Рисунок 8 – Динамика остатка денежных средств (90 дней)

Дисконтированный срок окупаемости определяется как момент, когда накопленная сумма дисконтированных потоков сравнивается с единовременными затратами. На горизонте 3 лет накопленная дисконтированная сумма составляет 119 053,26 рубля и не достигает 420 000 рублей, следовательно дисконтированный срок окупаемости превышает 3 года при принятых параметрах.

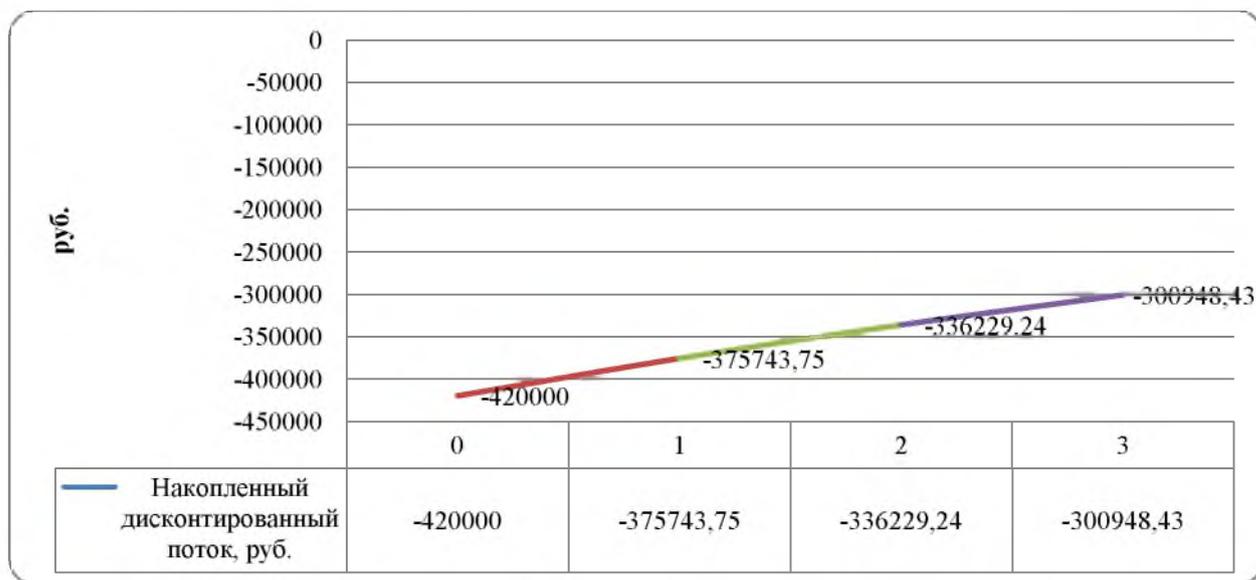


Рисунок 9 – Накопленный дисконтированный поток (0–3 годы)

Результаты расчёта показывают, что при принятой структуре затрат и при оценке эффекта только по прямой экономии трудозатрат окупаемость проекта в горизонте 3 лет не достигается. При этом модель расчёта фиксирует, какие компоненты эффекта дают наибольший вклад: согласование версий показателей и сокращение времени выполнения регламентных операций расчёта. Для приложений системного анализа существенная часть эффекта может проявляться в снижении рисков ошибочных управленческих решений и в предотвращённых потерях, однако такие эффекты требуют отдельной методики монетизации и не включаются в расчёт без исходных данных, подтверждающих величины предотвращённых потерь.

Заключение

В выпускной квалификационной работе рассмотрена задача разработки и обоснования веб-приложения для системного анализа экономических задач, ориентированного на поддержку управленческих решений в организации. В рамках поставленной цели уточнены границы предметной области, определены ключевые контуры анализа и требования к формализации задач, включая фиксирование состава входных данных, параметров и ограничений, а также воспроизводимость расчётов и прослеживаемость результатов до источников данных. Системный подход использован как методологическая основа для согласования экономического содержания показателей с вычислительными процедурами и структурой данных приложения.

В аналитической части показано, что экономические процессы предприятия целесообразно рассматривать как взаимосвязанную совокупность подсистем, где изменение параметров одной подсистемы вызывает последствия в других. Выполнено обоснование выбора круга задач, реализуемых в прототипе, с выделением сценарных расчётов, контроля качества данных, модульного запуска аналитических процедур и формирования отчётности. Формализация задач выполнена через выделение сущностей, параметров и критериев, а также через задание процедур верификации и логирования. Это обеспечило согласование экономической интерпретации с требованиями к информационной модели и регламентам вычислений.

В проектной части разработаны решения по информационному, технологическому и техническому обеспечению приложения. Информационное обеспечение определено как совокупность витрин, справочников, реестров и журналов, обеспечивающих сопоставимость показателей по версиям данных и сценариев. Технологическое обеспечение сформировано как последовательность операций загрузки, контроля качества, расчёта, фиксации результатов и экспорта состояния с регистрацией контрольных сумм и статусов исполнения. Техническое обеспечение обосновано через требования к

вычислительным ресурсам, параметрам рабочих мест и условиям локального хранения состояния в браузере при обеспечении устойчивости пользовательских операций и приемлемого времени отклика интерфейса.

Программное обеспечение приложения описано на уровне архитектуры, модульной структуры и алгоритмических контуров. Реализована модель веб-приложения с набором разделов интерфейса, отражающих стадии типового цикла системного анализа: получение данных, контроль их качества, задание сценария, запуск модулей, просмотр результатов и формирование отчётности. В архитектуре зафиксированы механизмы версионирования данных и сценариев, протоколирования действий, а также разграничения ролей пользователей. Описание модулей и алгоритмов ориентировано на воспроизводимость вычислений, однозначность параметров и контроль целостности входных наборов.

В руководстве пользователя выполнено описание интерфейса, достаточное для выполнения типовых операций без обращения к исходному коду. Разделы интерфейса структурированы по функциональным задачам: панель показателей, загрузка данных, диагностика качества, управление сценариями, запуск расчётов, отчёты и административные функции. Для каждого экрана определены назначение, состав отображаемых показателей, элементы управления и ожидаемый результат выполнения операции. Интерфейс построен так, чтобы пользователь мог работать с согласованным состоянием «версия данных – сценарий – модуль расчёта», а также получать протоколы и статусы исполнения для последующего контроля.

Экономическая часть содержит обоснование методики расчёта эффективности и выполненные расчёты на горизонте трёх лет с применением ставки дисконтирования. Эффект оценён по прямой экономии трудозатрат на регламентные операции, а затраты включили единовременные вложения и ежегодные расходы на сопровождение. Расчёты показали отрицательное значение чистой приведённой стоимости на выбранном горизонте при учёте только прямой экономии, а также выявили статьи, дающие наибольший вклад в

годовой эффект. Таким образом, работа сформировала связанный набор результатов: методологическое обоснование системного подхода, проектные решения по обеспечению и архитектуре, прототип интерфейса и формализованный экономический расчёт, подтверждающий чувствительность итоговой эффективности к структуре учитываемых эффектов и горизонту оценки.

Список литературы

1. Алехина О. А. Инвестиционная деятельность предприятий: системный анализ источников финансирования // Аллея науки. 2018. № 1(17). С. – [Электронный ресурс]. URL: https://alley-science.ru/domains_data/files/12January/INVESTICIONNAYa%20DEYaTELNOST%20PREDPRIYaTIY.pdf (Дата обращения: 20.12.25)
2. Апанасенко А. В., Берг Д. Б. Разработка приложения для поддержки принятия решений по управлению предпринимательской сетью на основе системно-динамической модели // Математические методы системного анализа и управления.- 2020.- № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://cosmatica.org/upload/redactorfiles/07%20%281%29.pdf> (Дата обращения: 21.12.25)
3. Боярский С. Н. Системный анализ бизнес-процессов фирмы // Менеджмент в России и за рубежом. - 2005. - № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/42048849.pdf> (Дата обращения: 20.12.25)
4. Быстрых, Д. А. Использование методов системного анализа при поддержке принятия решений в экономике / Д. А. Быстрых // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2017. – Т. 3. – С. 340-343
5. Варнухов А. Ю. Метод построения модели бизнес-процесса на основе скрытых марковских моделей // Бизнес-информатика. 2024. Т. 18, № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://jle.hse.ru/index.php/bijournal/article/view/25896> (Дата обращения: 22.12.25)
6. Глущенко М. Е. Теоретические аспекты анализа инвестиционной привлекательности предприятия: элементы системного подхода // Вестник ТГАСУ.- 2010.- № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-analiza-investitsionnoy-privlekatelnosti-predpriyatiya.pdf> (Дата обращения: 24.12.25)
7. Гурьянов, В. И. Системный анализ в примерах / В. И. Гурьянов ; В. И. Гурьянов; Региональный ин-т психологии и гуманитарных наук. –

Чебоксары : Региональный ин-т психологии и гуманитарных наук, 2006. – 119с.

8. Дегтярева С. В. Системный подход в экономической теории // Экономическая теория и право. -2012.- № 1. С. 51–55. [Электронный ресурс]. URL: <https://economics.opu.ua/files/science/teoria/51.pdf> (Дата обращения: 20.12.25)

9. Дунская Л. К., Попова Л. Л. Экономико-математические методы и моделирование в задачах анализа // Экономика и управление.- 2025. -№ 1. С. – . [Электронный ресурс]. URL: https://economy.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2025/1-2025/09_Dunskaya%2C-Popova.pdf (Дата обращения: 25.12.25)

10. Иваньковский С. Л. Оценка экономической безопасности и системный анализ методологии ее оценки на уровне предприятия // Вопросы инновационной экономики. -2023. -Т. 13, № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agequal.ru/pdf/2023/323011.pdf> (Дата обращения: 18.12.25)

11. Качалов Р. М., Слепцова Ю. А. Анализ риска в деятельности предприятия с позиций системной методологии // Экономическая политика. 2016.- № 3. С. – [Электронный ресурс]. URL: <https://publications.hse.ru/pubs/share/direct/215640789.pdf> (Дата обращения: 15.12.25)

12. Клейнер Г. Б. Системный ресурс экономики // Вопросы экономики. 2011.- № 1. С. 89–100. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15583108> (PDF: https://mpira.ub.uni-muenchen.de/79743/1/MPRA_paper_79743.pdf) (Дата обращения: 21.12.25)

13. Клейнер Г. Б. Системная экономика как платформа развития современной экономической теории // Вопросы экономики. -2013. -№ 6. С. 4–28. [Электронный ресурс]. URL: <https://kleiner.ru/wp-content/uploads/2019/03/kleiner-sistemnaya-ekonomika-2013.pdf> (Дата обращения: 17.12.25)

14. Клейнер Г. Б. Устойчивость российской экономики в зеркале системной экономической теории. Часть I // Вопросы экономики. -2015.- № 12. С. 107–123. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.econ.msu.ru/ext/lib/>

Article/x6f/x67/28519/file/Kleiner%2C%20voprosy%20economiki%2012%2C2015%2B1%2C%202016.pdf (Дата обращения: 23.12.25)

15. Клейнер Г. Б. Устойчивость российской экономики в зеркале системной экономической теории. Часть II // Вопросы экономики.- 2016. -№ 1. С. 117–138. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.econ.msu.ru/ext/lib/Article/x6f/x67/28519/file/Kleiner%2C%20voprosy%20economiki%2012%2C2015%2B1%2C%202016.pdf> (Дата обращения: 14.12.25)

16. Митрович С. Бизнес-интеллект в экономическом анализе компаний: зарубежный опыт в российских условиях // Экономический анализ: теория и практика. -2019. -Т. 18, № 4. С. 681–695. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/332745857_Business_intelligence_in_the_economic_analysis_of_companies_Foreign_experience_in_Russian_conditions (Дата обращения: 20.12.25)

17. Никонова А. А. «Новая системность» стратегического планирования в Индустрии 4.0 // Journal of New Economy. 2019. Т. 20, № 2. С. 145–. [Электронный ресурс]. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/aebe/82739a65d260459bdf21353d53280db9b8c1.pdf> (Дата обращения: 20.12.25)

18. Орлова Л. Н. Механизмы обеспечения устойчивого социально-экономического развития регионов: системный подход // Регион: экономика и социология.- 2018.- № 4. С. – [Электронный ресурс]. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/b095/3ef4a1fd37def29d5cfb9b730afa2b20e114.pdf> (Дата обращения: 10.12.25)

19. Панков, И. Ю. Актуальные вопросы исследования операций и анализа в современной экономике / И. Ю. Панков // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2019. – Т. 8, № 3. – С. 81-87

20. Скопин А. Ю. Системный анализ в экономике и управлении: исследование и преподавание // Экономический журнал ВШЭ. 1999. № 3. С. 465–468. [Электронный ресурс]. URL: <https://wp.hse.ru/data/2014/06/20/1318695035/465-468.pdf> (Дата обращения: 10.12.25)

21. Соловьев А. В., Туманова И. В. Интеграция данных в информационных системах: системный анализ методов и подходов // Труды ИСА РАН. 2019. № 69. С. – (страницы указаны на странице статьи). [Электронный ресурс]. URL: https://www.isa.ru/proceedings/index.php?id=1144&option=com_content&view=article (Дата обращения: 17.12.25)
22. Травкина Е. А. Методы анализа состояния экономической безопасности предприятия: комплексный системный подход // Вектор экономики.- 2024. -№ 2. С. – [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2024/2/economicsmanagement/Travkina.pdf> (Дата обращения: 21.12.25)
23. Фурсов К. А. Мир-системный анализ как основа учебника по экономической истории (вместо рецензии) // Вопросы экономики.-2013. -№ 11. С. 147–153. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hse.ru/data/2013/11/07/1289856929/Fursov-147-153.pdf> (Дата обращения: 16.12.25)
24. ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание АС. – 24 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.swrit.ru/doc/gost34/34.602-89.pdf> (Дата обращения: 18.12.25)
25. ГОСТ 34.603-92. Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем. – 20 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294848/4294848908.pdf> (Дата обращения: 20.12.25)
26. ГОСТ 34 (обзор/методичка). Разработка автоматизированной системы (пояснения и структура по ГОСТ 34). – 12 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://mt-r.ru/upload/blok-skhemu/gost-34.pdf> (Дата обращения: 24.12.25)
27. Межгосударственный стандарт ГОСТ 34.603-92 (текст). Информационная технология. Виды испытаний АС. – 20 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294848/4294848908.htm> (Дата обращения: 20.12.25)

28. Журнал «Бизнес-информатика». Выпуск (PDF-сборник статей по моделированию и системному анализу). – 160+ с. [Электронный ресурс]. URL: <https://bijournal.hse.ru/issue/download/1696/1499> (Дата обращения: 13.12.25)

29. Сборник трудов «Системный анализ в экономике – 2018». V Международная конф. – 300+ с. [Электронный ресурс]. URL: <https://sae.systemeconomics.ru/wp-content/uploads/2016/05/%> (Дата обращения: 13.12.25)

30. Сборник «Системный анализ в проектировании и управлении». XXIII Международная науч.-практ. конф. (СПб, 2019). Ч. 1. – 300 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/SAEC-2019%D1%871.pdf> (Дата обращения: 14.12.25)