

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Тверской Государственный Технический Университет

Международный конкурс «Академические исследования» 2025/26

Дипломная работа

**“Информационная подсистема оценки
эффективности деятельности сотрудников на
предприятии”**

Выполнил: Янович Михаил Рубенович

студент 4 курса

Руководитель: Егерова Ирина Александровна

преподаватель, доцент, к.т.н.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	2
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	5
1.1 Техничко-экономическая характеристика предметной области.....	5
1.2 Экономическая сущность решаемой задачи.....	11
1.3 Анализ проблемной области исследования в части информационного, математического и программно-технического обеспечения.....	17
1.3.1 Информационное обеспечение.....	17
1.3.2 Формализация расчетных показателей.....	24
1.3.3 Программно-техническое обеспечение.....	35
1.4 Постановка решаемой задачи.....	42
2. ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ.....	49
2.1 Разработка схемы функциональной структуры ИС.....	49
2.2 Разработка информационного обеспечения задачи.....	57
2.3 Разработка математического обеспечения задачи.....	74
2.4 Разработка программно-технического обеспечения задачи.....	87
2.4.1 Обоснование выбора программных средств.....	87
2.4.2 Структура программного продукта.....	92
2.4.3 Описание интерфейса пользователя.....	99
2.5 Расчет надежности ИС.....	106
3. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	116
3.1 Методика расчета экономической эффективности.....	116
3.2 Расчет затрат на разработку и внедрение.....	121
3.3 Расчет показателей экономической эффективности.....	127
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	134
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	140

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы дипломной работы обусловлена возрастающей ролью независимой профессиональной оценки персонала в системе управления человеческими ресурсами современных предприятий и необходимостью повышения эффективности обработки результатов такой оценки. Задачи отбора кандидатов, аттестации работников и формирования кадрового резерва всё чаще решаются с привлечением специализированных компаний-провайдеров, располагающих научно обоснованным психометрическим инструментарием и программными платформами автоматизированного тестирования. Рост числа обслуживаемых компаний-заказчиков и объёмов накапливаемых данных оценки повышает требования к средствам их аналитической обработки.

Объектом рассмотрения в настоящей работе является деятельность ООО «Бизнес Психологи» – российского разработчика и поставщика инструментов профессиональной оценки персонала. Технологической основой деятельности предприятия выступает собственная платформа онлайн-оценки персонала ST (SHL Tools), внесённая в Реестр российского программного обеспечения и обеспечивающая заведение кандидатов, назначение оценочных инструментов, организацию их прохождения и формирование итоговых отчётов по результатам оценки отдельных кандидатов.

Вместе с тем существующая платформа ориентирована преимущественно на проведение оценочных процедур и подготовку индивидуальных результатов по отдельным кандидатам и инструментам. При этом возрастает потребность компаний-заказчиков в сводной аналитической информации об эффективности групп сотрудников – распределении работников по уровням, сопоставлении подразделений, ранжировании сотрудников по интегральным показателям, рассчитанным с учётом результатов нескольких оценочных инструментов. Кроме того, в условиях

широкого распространения генеративных нейросетевых сервисов возникает риск их недобросовестного применения испытуемыми при дистанционном прохождении оценочных инструментов, что снижает достоверность результатов оценки и, как следствие, ценность формируемых заключений. Решение указанных задач в составе существующей платформы как отдельной функциональности не предусмотрено.

Разрешение изложенных проблем предполагает разработку информационной подсистемы, интегрируемой с платформой ST и обеспечивающей, во-первых, расчёт сводных показателей эффективности деятельности сотрудников компаний-заказчиков на основе результатов оценочных инструментов с применением психометрических моделей классической теории тестов и теории ответа на пункт, и, во-вторых, контроль добросовестности прохождения оценочных процедур посредством выявления признаков недобросовестного поведения испытуемых. Внедрение такой подсистемы обеспечивает повышение аналитической ценности и достоверности результатов оценки, что определяет актуальность настоящей дипломной работы.

Целью дипломной работы является повышение эффективности процесса оценки эффективности деятельности сотрудников предприятий-заказчиков путём разработки и внедрения информационной подсистемы, обеспечивающей расчёт сводных показателей эффективности и контроль добросовестности прохождения оценочных процедур в условиях ООО «Бизнес Психологи».

Практическая значимость ожидаемых результатов дипломной работы заключается в возможности интеграции разработанной информационной подсистемы в действующую платформу ST, что обеспечивает: повышение аналитической ценности результатов оценки за счёт формирования сводных показателей эффективности по группам сотрудников; повышение достоверности результатов оценки за счёт выявления случаев

недобросовестного прохождения оценочных процедур; снижение трудоёмкости подготовки сводной аналитической отчётности для компаний-заказчиков; повышение конкурентоспособности оказываемых предприятием услуг.

В дипломной работе рассматриваются следующие вопросы:

1. технико-экономическая характеристика деятельности ООО «Бизнес Психологи» и применяемой платформы оценки персонала ST;
2. экономическая сущность задачи расчёта показателей эффективности сотрудников и контроля добросовестности прохождения оценочных процедур, её место в системе управления предприятием;
3. анализ существующего информационного, математического и программно-технического обеспечения предметной области;
4. постановка задачи на разработку информационной подсистемы;
5. разработка функциональной структуры подсистемы и её интеграции с платформой ST;
6. разработка информационного обеспечения: моделей данных, форм входной, выходной и нормативно-справочной информации;
7. разработка математического обеспечения задачи на основе психометрических моделей и методов выявления аномалий;
8. обоснование выбора программно-технических средств реализации;
9. расчёт надёжности информационной подсистемы;
10. расчёт экономической эффективности разработки и внедрения подсистемы.

Из перечисленных вопросов практически решаются: разработка функциональной структуры информационной подсистемы; проектирование информационного обеспечения; разработка математического обеспечения расчёта сводных показателей эффективности и контроля добросовестности прохождения; обоснование программно-технических решений; расчёт надёжности и экономической эффективности подсистемы [2, 3].

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Технико-экономическая характеристика предметной области

Предметной областью настоящей дипломной работы является деятельность предприятия – разработчика и поставщика услуг профессиональной оценки персонала. Рынок услуг профессиональной оценки персонала представляет собой обособленный сегмент сферы управления человеческими ресурсами, специализирующийся на оказании предприятиям-заказчикам услуг по оценке профессиональных и личностных характеристик сотрудников и кандидатов на должности. Указанные услуги охватывают оценку кандидатов при отборе, аттестацию работников, формирование кадрового резерва, оценку потенциала руководителей и проводятся с применением психометрических инструментов – тестов профессиональных способностей, опросников компетенций, личностных опросников [26, 28].

В качестве объекта рассмотрения принято предприятие – общество с ограниченной ответственностью «Бизнес Психологи» (далее – ООО «Бизнес Психологи», предприятие). Предприятие является российским разработчиком инструментов и платформ профессиональной оценки персонала, осуществляющим деятельность на отечественном рынке с 1997 года и специализирующимся на собственных разработках и исследованиях в области организационной психологии. Деятельность предприятия носит двойственный характер: оно одновременно выступает разработчиком программного обеспечения для оценки персонала и провайдером услуг оценки, оказываемых компаниям-заказчикам с применением этого программного обеспечения. Основные реквизиты предприятия приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные реквизиты ООО «Бизнес Психологи»

Реквизит	Значение
Полное наименование организации	Общество с ограниченной ответственностью «Бизнес Психологи»
Сокращённое наименование организации	ООО «Бизнес Психологи»
ИНН / КПП	7701151593 / 770101001
ОГРН	1027739791067
ОКПО	46341019
Категория субъекта МСП	Малое предприятие
Организационно-правовая форма	Общество с ограниченной ответственностью
Основной вид деятельности (ОКВЭД 2)	62.01 – Разработка компьютерного программного обеспечения
Дополнительные виды деятельности (ОКВЭД 2)	70.22 – Консультирование по вопросам коммерческой деятельности и управления

Основной целью деятельности предприятия является разработка и предоставление компаниям-заказчикам инструментов и услуг профессиональной психометрической оценки персонала на основе собственной программной платформы. Сочетание разработки программного обеспечения, отнесённой к основному виду деятельности по ОКВЭД, и оказания услуг оценки персонала определяет двойственный характер деятельности предприятия. К основным видам деятельности ООО «Бизнес Психологи» относятся:

1. разработка и сопровождение психометрических инструментов оценки персонала (тестов способностей, опросников компетенций, личностных опросников);

2. разработка и сопровождение программной платформы онлайн-оценки персонала;
3. проведение процедур оценки персонала по заказам компаний-заказчиков с применением собственной платформы;
4. подготовка отчётов по результатам оценки и консультационное сопровождение HR-служб компаний-заказчиков;
5. научно-методическая работа по разработке, валидации и стандартизации применяемого оценочного инструментария.

Технологической основой деятельности предприятия является платформа онлайн-оценки персонала ST (SHL Tools) (далее – платформа ST, платформа) – программный комплекс, обеспечивающий проведение процедур оценки персонала компаний-заказчиков в дистанционном режиме. Платформа ST внесена в Реестр российского программного обеспечения, что подтверждает её отечественное происхождение, а также аттестована на соответствие требованиям в области защиты информации, что существенно с учётом обработки в платформе персональных данных в значении Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [1].

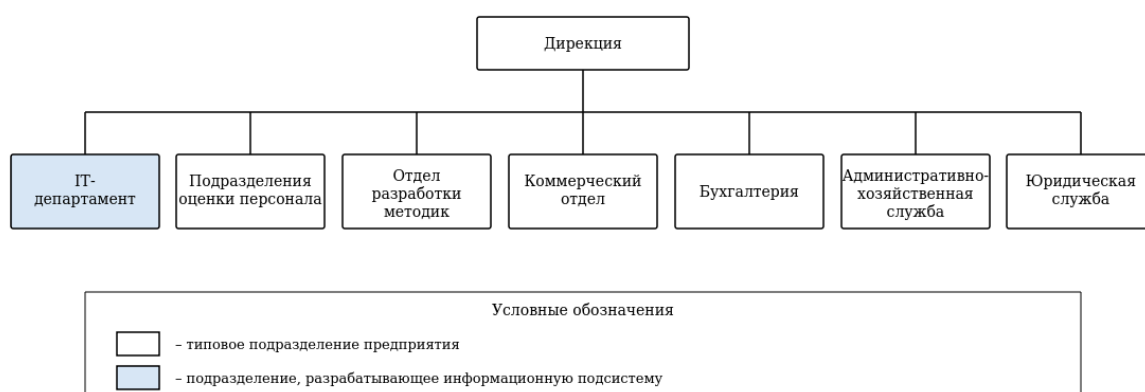
Платформа ST реализует следующие основные функции:

1. заведение кандидатов (оцениваемых сотрудников компаний-заказчиков) в систему;
2. назначение кандидатам оценочных инструментов для прохождения;
3. организация прохождения оценочных инструментов кандидатами в дистанционном режиме;
4. формирование итоговых отчётов по результатам прохождения инструментов;
5. предоставление кандидатам обратной связи по результатам прохождения (в качестве опциональной функции).

Анализ перечисленных функций показывает, что платформа ST обеспечивает полный цикл проведения оценочной процедуры в отношении отдельного кандидата – от его регистрации до формирования индивидуального отчёта. Вместе с тем платформа ориентирована на обработку результатов на уровне отдельного кандидата и отдельного инструмента и не предоставляет в виде самостоятельной функциональности средств сводной аналитической обработки результатов группы сотрудников, а также средств контроля добросовестности прохождения оценочных процедур. Указанные обстоятельства определяют направление разработки настоящей дипломной работы.

Организационная структура предприятия построена по линейно-функциональному принципу. В её состав входят дирекция, IT-департамент, подразделения, осуществляющие оценку персонала и взаимодействие с заказчиками, подразделение разработки и валидации методик, коммерческое подразделение, бухгалтерия и административно-хозяйственная служба. Схема организационной структуры предприятия представлена на рисунке 1.1.

[Рисунок 1.1 – Организационная структура ООО «Бизнес Психологи»]



Разрабатываемая информационная подсистема создаётся и сопровождается силами IT-департамента предприятия, который отвечает за разработку, внедрение, поддержку и обслуживание информационных систем,

программного обеспечения и аппаратных средств, используемых в компании. В соответствии с этим ИТ-департамент выделен на схеме организационной структуры как подразделение-разработчик. Результаты работы разрабатываемой подсистемы потребляются подразделениями, осуществляющими оценку персонала и подготовку заключений для компаний-заказчиков. Таким образом, ИТ-департамент выступает разработчиком и владельцем подсистемы, а её конечными пользователями являются сотрудники подразделений оценки.

Производственная деятельность предприятия в части оказания услуг оценки организована в форме проектов оценки. Под проектом оценки понимается обособленная процедура, инициированная заказом компании-заказчика и характеризующаяся целью оценки (отбор, аттестация, формирование резерва), перечнем оцениваемых сотрудников, составом применяемых оценочных инструментов, сроками проведения и требованиями к итоговой отчётности. Жизненный цикл проекта оценки включает следующие этапы:

1. поступление заказа от компании-заказчика и заключение договора;
2. формирование проекта оценки в платформе ST: заведение оцениваемых сотрудников, назначение оценочных инструментов;
3. прохождение сотрудниками назначенных оценочных инструментов в дистанционном режиме;
4. формирование платформой итоговых отчётов по результатам прохождения;
5. подготовка сводного аналитического заключения по проекту и его передача заказчику.

Этапы 1–4 в полной мере поддерживаются платформой ST. Этап 5 в части формирования сводной аналитической информации по группе

сотрудников, а также контроль достоверности результатов, полученных на этапе 3, в составе платформы как самостоятельная функциональность не реализованы и составляют предмет разработки настоящей дипломной работы.

Количественно-стоимостные характеристики деятельности предприятия, существенные для дальнейшего анализа и расчётов, приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Количественно-стоимостные характеристики деятельности ООО «Бизнес Психологи»

Показатель	Значение
Среднесписочная численность персонала, чел.	45
Выручка за год, млн руб.	214
Чистая прибыль за год, млн руб.	22
Численность сотрудников подразделений оценки, чел.	8
Среднее число действующих компаний-заказчиков, ед.	60
Среднее число проектов оценки в месяц, ед.	45
Среднее число оцениваемых сотрудников в одном проекте, чел.	25
Средняя трудоёмкость подготовки сводного заключения по проекту, чел.-ч	6,5

Из приведённых данных следует, что значимым параметром операционной эффективности предприятия является трудоёмкость подготовки сводного аналитического заключения по проекту оценки (строка 8 таблицы 1.2). При сохранении численности подразделений оценки рост числа обслуживаемых проектов ограничен фондом рабочего времени их сотрудников. Автоматизация формирования сводной аналитики сокращает трудоёмкость указанного этапа и одновременно повышает достоверность

результатов за счёт контроля добросовестности прохождения, что формирует основу экономической и качественной эффективности разработки.

К дополнительным особенностям функционирования предприятия, существенным для постановки задачи, относятся следующие. Платформа обслуживает множество независимых компаний-заказчиков, что предъявляет требования к разграничению доступа и изоляции их данных. Обработываемая информация относится к категории персональных данных и требует соблюдения требований законодательства о защите персональных данных. Применяемые оценочные инструменты разработаны на основе формализованных психометрических моделей, что предоставляет строгий математический аппарат для расчёта показателей эффективности.

1.2 Экономическая сущность решаемой задачи

Среди функций управления, осуществляемых в ООО «Бизнес Психологи», для автоматизации в настоящей дипломной работе выбрана совокупность из двух взаимосвязанных функций: формирование сводной оценки эффективности деятельности сотрудников компании-заказчика по результатам прохождения оценочных инструментов и контроль добросовестности прохождения оценочных процедур. Обе функции относятся к этапу аналитической обработки результатов оценки, выполняемому подразделениями оценки персонала по завершении тестирования, и непосредственно формируют итоговый продукт, поставляемый заказчику, – аналитическое заключение по проекту.

Экономическая сущность решаемой задачи определяется её ролью в доходообразующем процессе предприятия. Аналитическое заключение по проекту оценки является конечным результатом услуги, оказываемой компанией-заказчику на возмездной основе. Качество, достоверность и аналитическая глубина заключения определяют ценность услуги для заказчика и, как следствие, конкурентоспособность предприятия на рынке

оценки персонала. Для компании-заказчика результаты оценки выступают исходными данными для принятия кадровых решений – о приёме на работу, включении в кадровый резерв, направлении на обучение, повышении или ротации сотрудника. Тем самым достоверность результатов оценки и их аналитическая представительность оказывают опосредованное влияние на эффективность управления персоналом у заказчика [27].

Первая функция – формирование сводной оценки эффективности – обеспечивает преобразование результатов прохождения отдельных оценочных инструментов отдельными сотрудниками в сводные аналитические показатели уровня группы сотрудников, подразделения или компании-заказчика в целом. Указанная функция расширяет аналитические возможности, предоставляемые платформой ST на уровне отдельного кандидата, до уровня группового анализа.

Вторая функция – контроль добросовестности прохождения – обеспечивает выявление признаков недобросовестного поведения сотрудников при дистанционном прохождении оценочных инструментов, в том числе признаков применения сторонних средств, включая генеративные нейросетевые сервисы. Указанная функция повышает достоверность исходных данных, на основе которых формируется сводная оценка эффективности, и тем самым обеспечивает обоснованность итоговых заключений.

Состав исходных показателей задачи, поступающих на её вход из информационных потоков платформы ST, представлен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Состав исходных показателей решаемой задачи

Группа показателей	Содержание
Данные о сотрудниках-кандидатах	Идентификатор, фамилия, имя, отчество, должность, отдел, демографические данные

Данные о компании-заказчике	Идентификатор, наименование, отраслевая принадлежность, контактные лица
Данные о проекте оценки	Идентификатор проекта, цель оценки, перечень применяемых инструментов, сроки
Данные об оценочных инструментах	Идентификатор инструмента, его тип (тест, опросник), психометрические параметры
Первичные результаты тестирования	Ответы сотрудника на задания теста, время реакции, факт завершения теста
Нормативно-справочные данные	Нормативные группы, переводные шкалы, тестовые нормы СТТ, параметры заданий IRT

Состав результатных показателей, формируемых в процессе решения задачи, представлен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Состав результатных показателей решаемой задачи

Уровень показателя	Наименование показателя	Назначение
Индивидуальный	Стандартизованный балл сотрудника по инструменту	Сопоставимость с нормативной группой
Индивидуальный	Интегральный показатель эффективности сотрудника	Сводная оценка по проекту
Индивидуальный	Качественная категория уровня	Управленческая интерпретация
Индивидуальный	Индекс достоверности прохождения	Оценка добросовестности прохождения
Групповой	Средние значения по подразделению и компании	Сопоставление подразделений

Групповой	Распределение сотрудников по категориям	Структура кадрового состава
Групповой	Ранжирование сотрудников по интегральному показателю	Поддержка кадровых решений
Аналитический	Перечень результатов с признаками недобросовестного прохождения	Контроль достоверности
Аналитический	Текстовые формулировки сводного заключения	Заключение для заказчика

Преобразование исходных показателей в результатные представляет собой последовательность этапов. На первом этапе выполняется расчёт стандартизованных индивидуальных показателей сотрудников по каждому оценочному инструменту средствами психометрических моделей. На втором этапе для каждого результата рассчитывается индекс достоверности прохождения на основе анализа поведенческих признаков (характеристик ответов и их временных меток). На третьем этапе результаты, не прошедшие контроль достоверности, помечаются для последующего рассмотрения. На четвёртом этапе по достоверным результатам рассчитываются интегральные индивидуальные показатели эффективности и сводные групповые показатели. На пятом этапе формируются текстовые формулировки сводного заключения.

Место решаемой задачи в системе управления предприятием определяется тем, что результаты её решения являются входом для нескольких управленческих процессов: операционного управления подготовкой заключений (распределение проектов между сотрудниками подразделений оценки), управления качеством услуг (контроль достоверности результатов и аналитической полноты заключений), коммерческого управления (формирование конкурентного преимущества за

счёт расширенной аналитики и контроля достоверности) и стратегического управления (анализ востребованности инструментов и типовых конфигураций проектов) [15].

В терминологии классификации управленческих задач, принятой в литературе по экономическим информационным системам [12, 13, 18], решаемая задача относится к классу аналитических задач оперативного уровня с элементами задач поддержки принятия решений. Это обусловлено регулярностью её выполнения в рамках устоявшегося бизнес-процесса, формализуемостью алгоритма решения при допустимости параметризации правил агрегации показателей и порогов контроля достоверности, а также характером выходного продукта – аналитического заключения, используемого для принятия кадровых решений.

Автономность задачи характеризуется следующим. По входным данным задача не автономна: она потребляет результаты работы платформы ST и опирается на справочные данные оценочных инструментов. По выходным данным задача относительно автономна: её результаты потребляются сотрудниками подразделений оценки и через них – внешними заказчиками, не возвращаясь в платформу в качестве управляющего воздействия. Указанная конфигурация обосновывает целесообразность выделения задачи в отдельную информационную подсистему, получающую исходные данные из платформы ST и формирующую собственные результатные документы.

Ожидаемые эффекты от автоматизации решаемой задачи представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Ожидаемые экономические эффекты от автоматизации задачи

Направление эффекта	Характер эффекта	Способ измерения
----------------------------	-------------------------	-------------------------

Снижение трудоёмкости подготовки сводного заключения	Прямой экономический	Изменение трудоёмкости, чел.-ч на заключение
Рост пропускной способности подразделений оценки	Косвенный экономический	Изменение числа проектов в месяц при той же численности
Повышение достоверности результатов оценки	Качественный	Доля результатов, прошедших контроль достоверности
Повышение аналитической ценности заключений	Качественный	Наличие сводных групповых показателей в заключении
Сокращение срока подготовки заключения	Прямой экономический	Календарное время подготовки заключения
Повышение конкурентоспособности услуг	Косвенный экономический	Расширение состава предоставляемой аналитики

Из перечисленных эффектов основу количественного расчёта экономической эффективности в разделе 3 настоящей работы составит снижение трудоёмкости подготовки сводного заключения, непосредственно конвертируемое в денежный эквивалент через фонд оплаты труда подразделений оценки и через расширение пропускной способности предприятия по числу обслуживаемых проектов. Повышение достоверности и аналитической ценности результатов представляет собой качественный эффект, обеспечивающий рост конкурентоспособности услуг предприятия.

1.3 Анализ проблемной области исследования в части информационного, математического и программно-технического обеспечения

1.3.1 Информационное обеспечение

Под информационным обеспечением информационной системы понимается совокупность единой системы классификации и кодирования информации, унифицированных систем документации, схем информационных потоков, циркулирующих в организации, а также методологии построения и ведения баз данных [13, 16, 32]. Информационное обеспечение является фундаментальным компонентом информационной системы, определяющим её прикладные возможности: состав хранимых данных задаёт границы того, какие функции система способна реализовать, а структура связей между данными определяет эффективность их обработки. Применительно к решаемой задаче информационное обеспечение должно поддерживать получение первичных данных оценки из платформы ST, их структурированное хранение, нормативно-справочное сопровождение, а также хранение расчётных сводных показателей эффективности и результатов контроля добросовестности прохождения оценочных процедур.

Информационное обеспечение платформы ST построено на основе реляционной модели данных и реализовано в виде многоарендной (мультиотенантной) базы данных, обслуживающей одновременно несколько независимых компаний-заказчиков в рамках единого экземпляра системы. Выбор реляционной модели для платформы рассматриваемого класса обусловлен структурированным характером обрабатываемых данных, наличием чётко определённых связей между сущностями предметной области (компания, проект, сотрудник, инструмент, результат) и необходимостью обеспечения ссылочной целостности при одновременной работе множества пользователей [19, 32]. Логическая структура базы данных

платформы (далее – исходная база данных) включает четыре основные группы таблиц, рассматриваемые ниже.

Первая группа – таблицы организационного уровня, описывающие субъектов и контекст проведения оценки:

- Таблица `companies` хранит сведения о компаниях-заказчиках, обслуживаемых платформой. Каждая запись таблицы соответствует одному заказчику и содержит суррогатный первичный ключ (идентификатор компании), наименование организации, сведения об отраслевой принадлежности, контактные данные ответственных лиц и реквизиты договорных отношений. Данная таблица играет ключевую роль в обеспечении многоарендности: идентификатор компании выступает признаком принадлежности всех порождаемых данных конкретному заказчику.
- Таблица `users` содержит сведения о пользователях платформы. К пользователям относятся как сотрудники предприятия (сотрудники подразделений оценки, методологи, администраторы), так и представители компаний-заказчиков, наделённые правом просмотра результатов. Запись таблицы содержит идентификатор пользователя, данные аутентификации (имя учётной записи, защищённое представление пароля), роль пользователя, определяющую его права в системе, полное имя и привязку к компании. Привязка пользователя к компании обеспечивает разграничение доступа: пользователь компании-заказчика имеет доступ только к данным своей организации.
- Таблица `projects` описывает проекты оценки. Каждая запись соответствует одному проекту и содержит идентификатор проекта, ссылку на компанию-заказчика, ссылку на ответственного сотрудника подразделения оценки, цель оценки (отбор, аттестация, формирование резерва), плановые сроки проведения и текущий статус проекта. Таблица проектов занимает центральное положение в структуре

данных, связывая организационный уровень с уровнем первичных результатов.

Вторая группа – таблицы оценочного инструментария, описывающие применяемые в платформе тесты и опросники:

- Таблица `instruments` содержит метаданные оценочных инструментов. Запись таблицы включает идентификатор инструмента, наименование, тип (тест способностей, опросник компетенций, личностный опросник), сведения об авторстве, указание применяемой психометрической модели и дату валидации инструмента. Указание психометрической модели существенно для решаемой задачи, поскольку определяет способ расчёта индивидуальных показателей сотрудника по данному инструменту.
- Таблица `groups_of_questions` описывает логические группы заданий внутри инструмента – шкалы, субшкалы и тематические блоки. Запись таблицы содержит идентификатор группы, ссылку на инструмент, наименование группы, тип шкалы и порядковый номер группы в составе инструмента. Группировка заданий обеспечивает возможность расчёта показателей не только по инструменту в целом, но и по отдельным его шкалам.
- Таблица `questions` содержит отдельные задания инструментов. Запись таблицы включает идентификатор задания, ссылку на группу заданий, формулировку задания, варианты ответов, ключ правильного ответа (для тестов способностей) и психометрические параметры задания – показатели сложности и дискриминативности, используемые при расчёте оценок по моделям теории ответа на пункт. Наличие психометрических параметров на уровне отдельного задания является признаком зрелости информационного обеспечения платформы и создаёт основу для применения современных психометрических моделей.

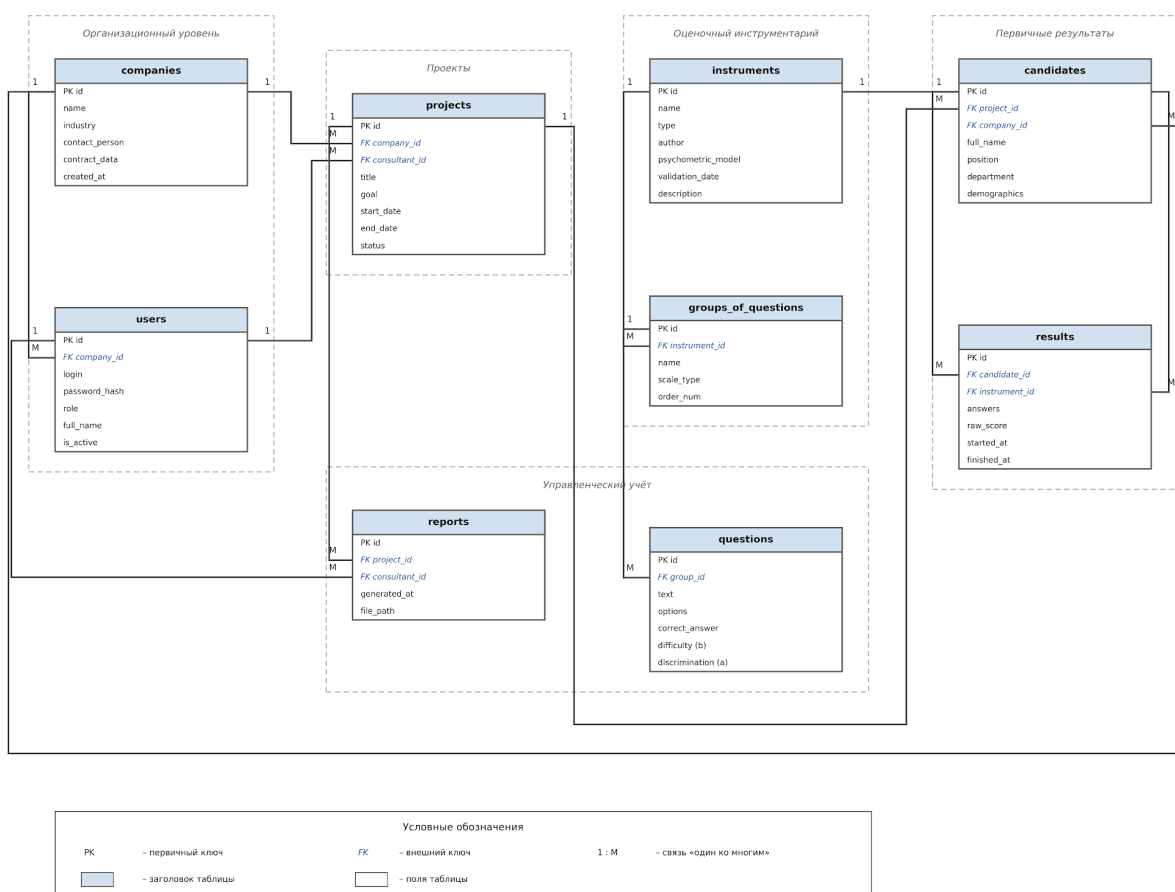
Третья группа – таблицы первичных результатов, накапливающие данные о прохождении оценочных процедур:

- Таблица `candidates` содержит сведения о сотрудниках компаний-заказчиков, проходящих процедуру оценки в рамках проекта. Запись таблицы включает идентификатор кандидата, ссылку на проект, ссылку на компанию-заказчика, фамилию, имя и отчество сотрудника, его должность и подразделение. Наличие в записи кандидата сведений о должности и подразделении создаёт основу для формирования сводных показателей в разрезе подразделений компании-заказчика, что является одной из целевых функций разрабатываемой подсистемы.
- Таблица `results` накапливает первичные результаты прохождения оценочных инструментов. Запись таблицы содержит идентификатор результата, ссылку на кандидата, ссылку на инструмент, последовательность ответов сотрудника на задания, временные метки получения ответов и признак завершения сессии тестирования. Состав данной таблицы имеет особое значение для решаемой задачи: помимо собственно ответов, необходимых для расчёта баллов, таблица содержит временные метки ответов, образующие информационную основу для анализа поведенческих характеристик прохождения. Анализ распределения интервалов между ответами, общего времени прохождения и его сопоставление с типовыми значениями позволяет выявлять аномалии, характерные для недобросовестного прохождения, что составляет содержание второй целевой функции подсистемы.

Четвёртая группа – таблицы управленческого учёта. К ней относится таблица `reports`, в которой регистрируются факты формирования отчётов по проектам: идентификатор записи, ссылка на проект, ссылка на сформировавшего отчёт сотрудника, дата и время формирования, ссылка на сформированный файл отчёта.

Логическая схема исходной базы данных представлена на рисунке 1.2. Связи между таблицами обеспечивают ссылочную целостность данных и реализуют типовую для многоарендных систем модель доступа. Каждая запись результата прохождения связана цепочкой ссылок «результат – кандидат – проект – компания-заказчик», по которой осуществляется разграничение видимости данных между арендаторами: запрос данных любого уровня может быть ограничен по идентификатору компании-заказчика, что гарантирует изоляцию данных различных заказчиков в пределах единой базы данных.

[Рисунок 1.2 – Логическая схема базы данных платформы ST]



Модель многоарендности, реализованная в исходной базе данных, относится к типу с разделяемой базой данных и разделяемой схемой, при

котором данные всех арендаторов хранятся в общих таблицах, а их разграничение обеспечивается логически – по значению идентификатора компании-заказчика. Указанная модель характеризуется экономичностью использования вычислительных ресурсов и простотой сопровождения, однако предъявляет повышенные требования к корректности формирования запросов: каждый запрос к данным должен содержать условие фильтрации по арендатору. Разрабатываемая подсистема, получая данные из исходной базы, обязана соблюдать ту же модель разграничения, обеспечивая обработку данных строго в пределах одной компании-заказчика в рамках одного проекта.

Классификация и кодирование информации в исходной базе данных реализованы посредством суррогатных первичных ключей – генерируемых системой идентификаторов, не несущих смысловой нагрузки и используемых исключительно для установления связей между таблицами. Применение суррогатных ключей обеспечивает устойчивость структуры данных к изменениям в предметной области и упрощает сопровождение базы данных. Для обозначения статусов проектов, ролей пользователей и типов инструментов применяются перечисляемые типы, значения которых хранятся в виде строковых констант. Вместе с тем в исходной базе данных не предусмотрено применение отраслевых классификаторов (например, классификаторов видов экономической деятельности компаний-заказчиков), что ограничивает возможности формирования аналитики в отраслевом разрезе, однако не является существенным для решаемой задачи.

Формы документооборота, поддерживаемые платформой ST, представлены следующими экранными формами: формами заведения проектов оценки и регистрации кандидатов; формами назначения оценочных инструментов кандидатам; формами прохождения оценочных инструментов, используемыми сотрудниками компаний-заказчиков в ходе тестирования; формами формирования индивидуальных отчётов по результатам

прохождения. Указанные формы обеспечивают полный цикл проведения оценочной процедуры в отношении отдельного кандидата. Формы автоматизированного формирования сводной аналитической отчётности по группе сотрудников, а также формы представления результатов контроля добросовестности прохождения в составе платформы как самостоятельная функциональность не реализованы.

Анализ информационного обеспечения платформы ST позволил выявить ряд недостатков применительно к решаемой задаче.

Первый недостаток – отсутствие в исходной базе данных структур для хранения сводных расчётных показателей эффективности группы сотрудников. Платформа хранит индивидуальные результаты прохождения, однако групповые показатели (средние значения по подразделению, распределение сотрудников по уровням, ранжирование сотрудников по интегральному показателю) в базе данных не представлены. Следствием является необходимость повторного расчёта этих показателей при каждом обращении к результатам проекта, в том числе при подготовке уточнённых или повторных заключений, что увеличивает трудоёмкость работы сотрудников подразделений оценки.

Второй недостаток – отсутствие структур для хранения результатов контроля добросовестности прохождения. Поведенческие данные, необходимые для такого контроля, в исходной базе данных присутствуют в виде временных меток ответов в таблице результатов, однако производные показатели достоверности (индекс достоверности прохождения, признаки аномального поведения) не рассчитываются и не сохраняются. Следствием является невозможность учёта достоверности результатов при формировании сводной оценки и отсутствие документального подтверждения проведённого контроля.

Третий недостаток – отсутствие хранения параметров формирования сводного заключения. Параметры, определяющие порядок расчёта итоговых показателей (весовые коэффициенты оценочных инструментов в составе проекта, пороговые значения категоризации сотрудников по уровням, пороговые значения контроля достоверности), не фиксируются в базе данных. Следствием является снижение воспроизводимости результатов: при повторном формировании заключения по тому же проекту нет гарантии применения тех же параметров, а сопоставление результатов однотипных проектов затрудняется.

Четвёртый недостаток – отсутствие журналирования операций аналитической обработки данных. Платформа фиксирует факт формирования отчёта в таблице reports, однако не ведёт детального журнала операций обработки персональных данных при подготовке сводного заключения. Следствием является затруднённый аудит обработки персональных данных, требуемого в связи с отнесением обрабатываемой информации к категории персональных данных в значении Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [1].

Перечисленные недостатки формируют требования к информационному обеспечению разрабатываемой подсистемы в части дополнения существующего информационного обеспечения структурами хранения сводных показателей эффективности, результатов контроля добросовестности, параметров формирования заключения и журнала операций аналитической обработки.

1.3.2 Формализация расчетных показателей

Под математическим обеспечением информационной системы понимается совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, применяемых для обработки информации в процессе решения функциональных задач системы [13, 17]. Математическое обеспечение

определяет содержательную часть обработки данных, качество получаемых результатов и достоверность формируемых на их основе заключений. Применительно к решаемой задаче математическое обеспечение должно обеспечивать, во-первых, корректное преобразование первичных ответов сотрудников на задания оценочных инструментов в сопоставимые количественные показатели эффективности и их агрегацию в сводные оценки, и, во-вторых, выявление признаков недобросовестного прохождения оценочных процедур на основе анализа поведенческих характеристик.

Математическое обеспечение задачи расчёта показателей эффективности базируется на двух взаимодополняющих психометрических теориях – классической теории тестов (Classical Test Theory, СТТ) и теории ответа на пункт (Item Response Theory, IRT) [24, 25]. Указанные теории применяются в комплексе: СТТ предоставляет аппарат для базовых преобразований сырых баллов и оценки надёжности инструментов, IRT – аппарат для построения метрически устойчивых индивидуальных оценок и обеспечения сопоставимости результатов различных оценочных инструментов.

Классическая теория тестов исходит из предположения о структуре наблюдаемого балла испытуемого: каждый наблюдаемый балл представляется суммой истинного балла и случайной ошибки измерения [24]. Указанное предположение формально записывается выражением (1.1):

$$X = T + E, (1.1)$$

где X – наблюдаемый (сырой) балл сотрудника по оценочному инструменту; T – истинный балл сотрудника, отражающий его действительный уровень измеряемого свойства; E – случайная ошибка измерения.

В рамках классической теории тестов принимаются стандартные допущения: математическое ожидание ошибки измерения равно нулю; ошибки измерения не коррелируют с истинным баллом; ошибки измерения

по различным инструментам взаимно независимы. На основе указанных допущений выводятся базовые характеристики оценочного инструмента – дисперсия наблюдаемых баллов, надёжность и стандартная ошибка измерения.

Надёжность оценочного инструмента в классической теории тестов определяется как отношение дисперсии истинных баллов к дисперсии наблюдаемых баллов и описывается выражением (1.2):

$$r = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2}, \quad (1.2)$$

где r – коэффициент надёжности оценочного инструмента; σ_T^2 – дисперсия истинных баллов; σ_X^2 – дисперсия наблюдаемых баллов.

Поскольку дисперсия истинных баллов непосредственно не наблюдаема, для оценки надёжности применяются косвенные методы. Наиболее распространённой оценкой надёжности на основе внутренней согласованности заданий инструмента является коэффициент α Кронбаха [24, 29], рассчитываемый по выражению (1.3):

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_X^2} \right), \quad (1.3)$$

где k – число заданий в оценочном инструменте; σ_i^2 – дисперсия ответов на i -е задание; σ_X^2 – дисперсия суммарного балла по инструменту.

Стандартизация сырых баллов по нормативной группе является одним из ключевых преобразований, выполняемых в рамках классической теории тестов. Преобразование сырого балла X в стандартизованную форму Z осуществляется по выражению (1.4):

$$Z = (X - M) / S, \quad (1.4)$$

где Z – стандартизованный балл; X – сырой балл; M – среднее значение сырых баллов в нормативной группе; S – стандартное отклонение сырых баллов в нормативной группе.

На основе Z -балла вычисляются производные стандартизованные шкалы, традиционно применяемые в психометрии: T -балл (среднее 50, стандартное отклонение 10), стэн (среднее 5,5, стандартное отклонение 2, диапазон от 1 до 10), стэнайн (среднее 5, стандартное отклонение 2, диапазон от 1 до 9). Преобразование Z -балла в T -балл выполняется по выражению (1.5):

$$T = 50 + 10Z, (1.5)$$

где T – стандартизованный T -балл; Z – стандартизованный Z -балл, рассчитанный по выражению (1.4).

Главное ограничение классической теории тестов состоит в том, что характеристики оценочного инструмента (надёжность, средние, дисперсии) и оценки сотрудника (сырые и стандартизованные баллы) рассчитываются в одной общей метрике и неразделимо связаны с характеристиками нормативной группы, на которой проводилась стандартизация. Это означает, что сравнение результатов сотрудников, проходивших разные оценочные инструменты, а также сопоставление сотрудников, оценённых в разных нормативных группах, в рамках СТТ затруднительно [25].

Теория ответа на пункт (Item Response Theory, IRT) преодолевает указанное ограничение за счёт перехода от агрегированной модели «балл = истинный балл + ошибка» к моделированию вероятности правильного ответа на каждое отдельное задание оценочного инструмента в зависимости от уровня измеряемого свойства сотрудника [23, 25]. В IRT-моделях оценка способности сотрудника θ и характеристики каждого задания оцениваются на единой метрической шкале (логистах), не зависящей от состава конкретного оценочного инструмента и от нормативной группы.

Базовой моделью теории ответа на пункт является однопараметрическая модель Раша, описывающая вероятность правильного ответа сотрудника на задание выражением (1.6):

$$P(X_{ij} = 1 | \theta_i, b_j) = \frac{1}{1 + \exp(-(\theta_i - b_j))}, \quad (1.6)$$

где $P(X_{ij} = 1 | \theta_i, b_j)$ – вероятность правильного ответа i -го сотрудника на j -е задание; θ_i – уровень способности (выраженности измеряемого свойства) i -го сотрудника; b_j – уровень сложности j -го задания.

Из выражения (1.6) следует, что вероятность правильного ответа равна 0,5, когда уровень способности сотрудника совпадает с уровнем сложности задания ($\theta_i = b_j$). При $\theta_i > b_j$ вероятность правильного ответа превышает 0,5; при $\theta_i < b_j$ – меньше 0,5. Оба параметра модели Раша – θ_i и b_j – измеряются в одних и тех же логистических единицах (логитах), что обеспечивает их прямое сопоставление и совместное расположение сотрудников и заданий на единой метрической шкале.

Двухпараметрическая логистическая модель IRT (модель Бирнбаума, 2PL) дополнительно учитывает дискриминативность задания – чувствительность задания к различиям в уровне способности сотрудников. Вероятность правильного ответа в модели 2PL описывается выражением (1.7):

$$P(X_{ij} = 1 | \theta_i, a_j, b_j) = \frac{1}{1 + \exp(-a_j(\theta_i - b_j))}, \quad (1.7)$$

где a_j – параметр дискриминативности j -го задания; b_j – параметр сложности j -го задания; θ_i – уровень способности i -го сотрудника.

Параметр дискриминативности a_j характеризует крутизну характеристической кривой задания: чем выше a_j , тем сильнее задание

разграничивает сотрудников с близкими уровнями способности. Применение модели 2PL целесообразно для оценочных инструментов, задания которых обладают существенно различной диагностической ценностью.

Трёхпараметрическая модель (3PL) дополнительно учитывает параметр угадывания c_j , важный для тестовых заданий с вариантами ответа. В практике корпоративной оценки персонала наиболее широко применяются модель Раша (1.6) и модель 2PL (1.7).

Оценка уровня способности сотрудника θ_i по результатам прохождения оценочного инструмента в рамках IRT обычно производится методом максимального правдоподобия. Логарифм функции правдоподобия для совокупности ответов сотрудника описывается выражением (1.8):

$$\ln \ln L(\theta_i) = \sum_j X_{ij} \ln \ln P_{ij} + (1 - X_{ij}) \ln \ln (1 - P_{ij}), \quad (1.8)$$

где $L(\theta_i)$ – функция правдоподобия; X_{ij} – фактический ответ i -го сотрудника на j -е задание (0 или 1); P_{ij} – вероятность правильного ответа, рассчитываемая по выбранной модели IRT.

Оценкой уровня способности θ_i принимается значение, максимизирующее функцию $\ln \ln L(\theta_i)$. Решение указанной задачи в общем случае не имеет аналитического выражения и выполняется численными методами – градиентного спуска, Ньютона – Рафсона, итерационного перебора с заданным шагом.

Задача агрегации показателей различных оценочных инструментов в интегральную оценку эффективности сотрудника решается в рамках разрабатываемой подсистемы посредством метода взвешенной аддитивной свёртки [17]. Поскольку частные показатели сотрудника по разным инструментам могут быть получены в различных метриках –

стандартизованные баллы классической теории тестов (Z-баллы, T-баллы) и оценки способности θ теории ответа на пункт (логиты), – их непосредственное суммирование некорректно. Поэтому перед свёрткой все частные показатели приводятся к единой стандартизованной шкале. В качестве такой шкалы в подсистеме принимается шкала T-баллов; приведение IRT-оценки способности к T-шкале выполняется по выражению (1.9):

$$S_{in} = 50 + 10 * \frac{\theta_{in} - M_{\theta n}}{S_{\theta n}}, \quad (1.9)$$

где S_{in} – приведённый к единой T-шкале балл i-го сотрудника по n-му оценочному инструменту; θ_{in} – оценка способности i-го сотрудника по n-му инструменту (в логитах); $M_{\theta n}$ – среднее значение оценок способности в нормативной группе по n-му инструменту; $S_{\theta n}$ – стандартное отклонение оценок способности в нормативной группе по n-му инструменту.

Для инструментов, обрабатываемых средствами классической теории тестов, приведение к T-шкале выполняется по выражениям (1.4) и (1.5). Тем самым обеспечивается сопоставимость частных показателей, полученных разными методами, в единой метрике. Интегральный показатель эффективности сотрудника рассчитывается как взвешенная сумма приведённых частных показателей по выражению (1.10):

$$I_i = \sum_n w_n S_{in}, \quad (1.10)$$

где I_i – интегральный показатель эффективности i-го сотрудника по проекту оценки; w_n – весовой коэффициент n-го оценочного инструмента в составе проекта; S_{in} – приведённый к единой T-шкале балл i-го сотрудника по n-му оценочному инструменту; n – номер оценочного инструмента в составе проекта.

Весовые коэффициенты w_n удовлетворяют условиям неотрицательности и нормировки (1.11):

$$w_n \geq 0, \quad \sum_n w_n = 1, \quad (1.11)$$

Значения весовых коэффициентов определяются методологом проекта на основании смысловой значимости каждого инструмента для достижения цели оценки. Преобразование интегрального показателя в качественную категорию выполняется на основании пороговых значений по выражению (1.12):

$$C_i = \begin{cases} \text{«высокий уровень»} & \text{если } I_i \geq I_h \\ \text{«средний уровень»} & \text{если } I_l \leq I_i < I_h \\ \text{«требуемый уровень»} & \text{если } I_i < I_l \end{cases} \quad (1.12)$$

где C_i – качественная категория i -го сотрудника; I_h – верхний пороговый уровень; I_l – нижний пороговый уровень.

На уровне группы сотрудников рассчитываются сводные показатели: среднее значение интегрального показателя по подразделению или компании, определяемое по выражению (1.13):

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_i I_i \quad (1.13)$$

где \bar{I} – среднее значение интегрального показателя по группе; N – число сотрудников в группе; I_i – интегральный показатель i -го сотрудника.

Совокупность выражений (1.1)–(1.13) образует математическую основу первой целевой функции подсистемы – расчёта индивидуальных и сводных показателей эффективности.

Математическое обеспечение второй целевой функции подсистемы — контроля добросовестности прохождения оценочных процедур — основано

на статистическом анализе поведенческих характеристик прохождения, фиксируемых платформой ST в виде временных меток ответов, и на анализе согласованности профиля ответов сотрудника с психометрической моделью оценочного инструмента. Применение указанных методов обусловлено тем, что недобросовестное прохождение (в том числе с применением сторонних средств, включая генеративные нейросетевые сервисы) проявляется в аномальных характеристиках процесса ответа — нехарактерно малом времени ответа на сложные задания при их правильном решении, а также в несоответствии наблюдаемого профиля ответов профилю, ожидаемому по психометрической модели.

Анализ времени ответов основан на сопоставлении фактического времени ответа сотрудника на каждое задание с нормативными характеристиками времени ответа на это задание, накопленными по совокупности достоверных прохождений. Для каждого задания j рассчитывается стандартизованное отклонение времени ответа i -го сотрудника по выражению (1.14):

$$z_{ij} = \frac{t_{ij} - \mu_j}{s_j}, \quad (1.14)$$

где z_{ij} — стандартизованное отклонение времени ответа i -го сотрудника на j -е задание; t_{ij} — фактическое время ответа i -го сотрудника на j -е задание; μ_j — среднее время ответа на j -е задание по нормативной совокупности достоверных прохождений; s_j — стандартное отклонение времени ответа на j -е задание по той же совокупности.

Аномально малое время ответа само по себе не является признаком недобросовестности, поскольку может объясняться высоким уровнем способности сотрудника. Поэтому признак аномалии устанавливается лишь при одновременном выполнении трёх условий: аномально малого времени ответа, правильного ответа на задание и достаточной сложности задания. Признак аномалии для j -го задания определяется по выражению (1.15):

$$A_{ij} = \{1 \text{ если } (z_{ij} < z_{кр}) \text{ и } (X_{ij} = 1) \text{ и } (b_j > b_{кр})\} 0 \text{ в противном случае}, (1.15)$$

где A_{ij} — признак аномалии времени ответа i -го сотрудника на j -е задание; $z_{кр}$ — критическое значение стандартизованного отклонения времени (по умолчанию $z_{кр} = -2,0$, что соответствует уровню значимости 0,025 при предположении о нормальном распределении времени ответов); X_{ij} — фактический ответ сотрудника на j -е задание (1 — верный, 0 — неверный); b_j — сложность j -го задания; $b_{кр}$ — пороговое значение сложности (по умолчанию принимается равным медианной сложности заданий инструмента). Общее число выявленных аномалий m_i для результата i -го сотрудника определяется как сумма признаков A_{ij} по всем K_i заданиям инструмента, на которые сотрудником дан ответ.

Анализ согласованности профиля ответов с психометрической моделью основан на сопоставлении фактических ответов сотрудника с вероятностями правильного ответа, рассчитанными по модели теории ответа на пункт при оценённом уровне способности сотрудника. Недобросовестное прохождение проявляется в нетипичном профиле — например, в правильных ответах на трудные задания при неверных ответах на лёгкие. Мерой несоответствия служит индекс несоответствия профиля, рассчитываемый по выражению (1.16) как сумма квадратов стандартизованных невязок между фактическими ответами и модельными вероятностями:

$$U_i = \sum_j \frac{(X_{ij} - P_{ij})^2}{P_{ij}(1 - P_{ij})}, (1.16)$$

где U_i — индекс несоответствия профиля ответов i -го сотрудника; X_{ij} — фактический ответ сотрудника на j -е задание (0 или 1); P_{ij} — вероятность правильного ответа i -го сотрудника на j -е задание, рассчитанная по выбранной модели теории ответа на пункт (выражения (1.6), (1.7)) при оценённом уровне способности θ_i . Чем сильнее фактический профиль ответов

отклоняется от ожидаемого по модели, тем больше значение U_i . Полученное значение U_i подвергается нормированию к диапазону от 0 до 1 (выражение (2.5) подраздела 2.3).

Итоговый индекс достоверности прохождения формируется как взвешенная свёртка двух частных признаков недобросовестности — относительной доли заданий с выявленной аномалией времени ответа и нормированного индекса несоответствия профиля — по выражению (1.17):

$$D_i = 1 - \frac{\beta_1 * m_i}{K_i + \beta_2 * U_i^*}, \quad (1.17)$$

где D_i — индекс достоверности прохождения i -го сотрудника (принимает значения в диапазоне $[0; 1]$, где 1 соответствует полной достоверности результата); m_i — число выявленных аномалий времени ответа; K_i — число заданий инструмента, на которые дан ответ; U_i^* — нормированный индекс несоответствия профиля; β_1, β_2 — весовые коэффициенты частных признаков, удовлетворяющие условиям $\beta_1 \geq 0, \beta_2 \geq 0, \beta_1 + \beta_2 = 1$ (по умолчанию $\beta_1 = \beta_2 = 0,5$, что соответствует равнокладному учёту обоих признаков). При отсутствии аномалий и полном соответствии профиля модели ($m_i = 0, U_i^* = 0$) индекс достоверности принимает значение $D_i = 1$; при максимальной выраженности обоих признаков ($m_i = K_i, U_i^* = 1$) — значение $D_i = 0$.

Заключение о достоверности прохождения формируется сопоставлением полученного индекса достоверности с пороговым значением $D_{кр}$ по решающему правилу (1.18):

$$\{\text{результат достоверен, если } D_i \geq D_{кр} \text{ результат требует рассмотрения, если } D_i < D_{кр}\}, \quad (1.18)$$

где $D_{кр}$ — пороговое значение индекса достоверности (по умолчанию $D_{кр} = 0,7$). Результаты, отнесённые к категории требующих рассмотрения, не подвергаются автоматической отбраковке: они исключаются из расчёта

сводных показателей до принятия решения сотрудником подразделения оценки, который рассматривает частные признаки аномальности и принимает окончательное решение об учёте, исключении результата или о повторном тестировании сотрудника. Вероятностный характер математического аппарата контроля добросовестности и недопустимость автоматического вынесения отрицательных заключений в отношении испытуемых обоснованы в подразделе 1.4 настоящей работы.

Совокупность выражений (1.14)–(1.18) образует математическую основу второй целевой функции подсистемы — контроля добросовестности прохождения оценочных процедур. Совокупность выражений (1.1)–(1.18) образует полное математическое обеспечение решаемой задачи, реализуемое в виде программно выполнимых процедур подсистемы, проектирование которых рассмотрено в подразделе 2.3 настоящей работы.

1.3.3 Программно-техническое обеспечение

Под программно-техническим обеспечением информационной системы понимается совокупность программных средств (системного, прикладного и инструментального программного обеспечения) и технических средств (серверного и клиентского оборудования, сетевой инфраструктуры), обеспечивающих функционирование системы и реализацию заложенных в неё функций [13, 16]. Программно-техническое обеспечение определяет эксплуатационные характеристики системы – производительность, надёжность, сопровождаемость – и должно соответствовать характеру решаемых системой задач, объёмам обрабатываемых данных и условиям эксплуатации.

Применительно к решаемой задаче программно-техническое обеспечение должно поддерживать выполнение вычислений психометрических моделей, описанных в подразделе 1.3.2, обработку данных, структура которых рассмотрена в подразделе 1.3.1, а также

взаимодействие разрабатываемой подсистемы с действующей платформой ST. При этом ключевым требованием к программно-техническому обеспечению подсистемы является технологическая совместимость с платформой ST, обеспечивающая возможность интеграции в единую программно-техническую среду предприятия без избыточных затрат на сопровождение разнородных технологий.

Программно-техническое обеспечение платформы ST представляет собой многокомпонентный программно-аппаратный комплекс, развёрнутый по клиент-серверной архитектуре с разделением на серверную часть, обеспечивающую обработку данных и предоставление программного интерфейса, и клиентскую часть, представленную веб-интерфейсом, доступным через браузер пользователя. Серверная часть платформы реализована на языке программирования Python с применением веб-фреймворка Django; клиентская часть – на языке TypeScript с применением фреймворка Vue. Хранение данных осуществляется в реляционной системе управления базами данных PostgreSQL. Серверная часть платформы развёрнута в среде операционной системы семейства Linux; рабочие места пользователей предприятия (сотрудников подразделений оценки) функционируют в среде Microsoft Windows. В качестве офисного программного обеспечения на рабочих местах используется пакет Microsoft Office, применяемый при подготовке итоговых документов.

Архитектурный выбор платформы ST – клиент-серверная архитектура с разделением серверной и клиентской частей, доступом через веб-интерфейс и хранением данных в реляционной СУБД – является типовым для современных многопользовательских систем рассматриваемого класса и обеспечивает следующие преимущества: централизованное хранение данных и единый источник истины для всех пользователей; разграничение прав доступа на уровне сервера; масштабируемость по числу одновременных пользователей; независимость клиентского рабочего места от типа

применяемой операционной системы пользователя; возможность дистанционного прохождения оценочных процедур сотрудниками компаний-заказчиков.

Указанная архитектура платформы определяет принципиальное проектное решение для разрабатываемой подсистемы: подсистема разрабатывается как программное расширение платформы ST в её действующем технологическом стеке. Такой подход обеспечивает минимизацию затрат на интеграцию, единство процедур сопровождения и развития, общность вычислительной инфраструктуры и согласованность жизненного цикла подсистемы с жизненным циклом основной платформы. Альтернативный подход – разработка подсистемы на отличающемся стеке с интеграцией через программные интерфейсы – отклонён по соображениям дополнительных затрат на сопровождение разнородных технологий и риска нарушения согласованности данных при асинхронном обмене.

Анализ серверной операционной системы. Серверная часть подсистемы развёртывается в среде операционной системы семейства Linux, применяемой на серверном оборудовании предприятия. Применение Linux на серверном уровне обусловлено её распространённостью в серверном сегменте, открытым лицензированием, исключая лицензионные отчисления, развитыми средствами виртуализации и контейнеризации, обеспечивающими гибкость развёртывания, а также высокой совместимостью со средствами разработки веб-приложений на языке Python. Использование той же операционной системы, что и для серверной части платформы ST, обеспечивает однородность серверной инфраструктуры и упрощает её сопровождение силами IT-департамента предприятия. Клиентская часть подсистемы, представленная веб-интерфейсом, не предъявляет требований к операционной системе рабочего места пользователя и функционирует в среде любого современного браузера, что

обеспечивает совместимость с рабочими местами сотрудников подразделений оценки, использующими операционную систему Microsoft Windows.

Обоснование выбора системы управления базами данных. Для хранения данных подсистемы принята система управления базами данных PostgreSQL – та же СУБД, что и применяемая в платформе ST. Сравнительный анализ распространённых реляционных СУБД с точки зрения требований решаемой задачи приведён в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Сравнительный анализ реляционных СУБД

Критерий	PostgreSQL	MySQL	MS SQL Server
Лицензирование	Свободное (открытое)	Свободное (открытое)	Проприетарное (платное)
Совместимость с платформой ST	Полная	Отсутствует	Отсутствует
Поддержка сложных типов данных (JSON, массивы)	Высокая	Ограниченная	Высокая
Поддержка оконных функций и обобщённых табличных выражений	Полная	Частичная	Полная
Производительность на аналитических запросах	Высокая	Средняя	Высокая
Совместимость с Linux	Полная	Полная	Ограниченная
Стоимость владения	Низкая	Низкая	Высокая

Принятие PostgreSQL в качестве СУБД подсистемы обусловлено прежде всего требованием совместимости с действующей платформой ST: применение единой СУБД позволяет использовать общие средства резервного копирования, мониторинга и администрирования, а также при необходимости размещать таблицы подсистемы в той же базе данных, что и таблицы платформы, что упрощает совместную обработку данных. Дополнительными аргументами выбора PostgreSQL являются открытое лицензирование, отсутствие лицензионных отчислений, развитая поддержка сложных типов данных (в том числе типа JSON, удобного для хранения параметров формирования заключения и сериализованных промежуточных

результатов), полная поддержка оконных функций и обобщённых табличных выражений, необходимых для расчёта групповых аналитических показателей по выражению (1.13), а также полная совместимость с операционной системой Linux [19, 21]. Тем самым выбор СУБД одновременно удовлетворяет требованию совместимости и предъявляемым к подсистеме функциональным требованиям.

Обоснование выбора языка программирования и фреймворка серверной части. Серверная часть подсистемы реализует математическое обеспечение, описанное в подразделе 1.3.2, и взаимодействие с базой данных и компонентами платформы ST. Сравнительная характеристика языков программирования, рассматривавшихся для серверной части, приведена в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Сравнительная характеристика языков программирования серверной части

Критерий	Python	PHP	JavaScript (Node.js)
Совместимость с платформой ST	Полная	Отсутствует	Отсутствует
Наличие библиотек научных и статистических вычислений	Обширное (NumPy, SciPy, pandas)	Ограниченное	Ограниченное
Пригодность для реализации психометрических моделей	Высокая	Низкая	Средняя
Наличие развитых веб-фреймворков	Высокое (Django, Flask, FastAPI)	Высокое (Laravel, Symfony)	Высокое (Express, NestJS)
Читаемость и сопровождаемость кода	Высокая	Средняя	Средняя
Совместимость с PostgreSQL	Полная	Полная	Полная

Принятие языка Python и веб-фреймворка Django в качестве технологий серверной части подсистемы обусловлено двумя группами факторов. Первая группа – фактор совместимости с действующей платформой ST: применение

того же языка и фреймворка обеспечивает возможность разделения общих компонентов (моделей данных, методов аутентификации, механизмов разграничения доступа), единство процедур сборки, тестирования и развёртывания, а также сопровождение силами тех же специалистов IT-департамента, что и платформа. Вторая группа – функциональные факторы: экосистема Python содержит обширный набор библиотек научных и статистических вычислений (NumPy для матричных операций, SciPy для численных методов и статистических процедур, pandas для обработки табличных данных), необходимых для реализации численной оценки уровня способности по выражению (1.8), расчёта стандартизованных отклонений и индекса несоответствия профиля по выражениям (1.14) и (1.16), а также для эффективной обработки массивов первичных результатов. Веб-фреймворк Django обеспечивает развитые средства работы с реляционной базой данных (объектно-реляционное отображение), штатные механизмы аутентификации и разграничения доступа, шаблонные средства формирования веб-интерфейса и поддержку построения программных интерфейсов.

Обоснование выбора технологий клиентской части. Клиентская часть подсистемы, реализующая веб-интерфейс сотрудника подразделения оценки, разрабатывается на языке TypeScript с применением фреймворка Vue – теми же технологиями, что и клиентская часть платформы ST. Выбор обусловлен требованием единства пользовательского опыта (общий визуальный стиль, согласованное поведение элементов интерфейса), возможностью повторного использования компонентов клиентской части платформы и сопровождением силами тех же специалистов. Язык TypeScript обеспечивает статическую типизацию, повышающую надёжность клиентского кода и упрощающую его сопровождение; фреймворк Vue предоставляет реактивную модель построения интерфейсов и развитую экосистему компонентов.

Способ интеграции подсистемы с платформой ST. Поскольку подсистема разрабатывается в едином стеке с платформой и сопровождается

тем же IT-департаментом, интеграция реализуется в виде логического модуля в составе общей программно-технической среды. Подсистема получает первичные данные непосредственно из базы данных платформы (на чтение) либо через предоставляемый платформой программный интерфейс, выполняет их обработку средствами собственного математического обеспечения, сохраняет расчётные показатели в собственных таблицах базы данных и предоставляет сотрудникам подразделения оценки веб-интерфейс для управления расчётами и выгрузки результатов. Принципиальным условием интеграции является отсутствие модификации структуры существующих таблиц платформы ST: подсистема создаёт собственные таблицы для хранения сводных показателей, индексов достоверности, параметров формирования заключений и журнала операций (проектирование этих таблиц рассмотрено в разделе 2.2 настоящей работы).

Анализ программно-технического обеспечения платформы ST показал следующие ограничения применительно к решаемой задаче.

Первое ограничение – отсутствие в платформе серверного компонента, реализующего агрегацию показателей различных оценочных инструментов и формирование сводной аналитической отчётности по группам сотрудников. Расчёты подобного характера в текущей конфигурации выполняются вне платформы, что не обеспечивает централизованного хранения и контроля версий применяемых расчётных алгоритмов.

Второе ограничение – отсутствие в платформе серверного компонента контроля добросовестности прохождения. Несмотря на наличие в базе данных временных меток ответов, образующих исходные данные для анализа, программные средства расчёта индекса достоверности и выявления аномалий в платформе не реализованы.

Третье ограничение – отсутствие средств генерации сводных аналитических документов в форматах, привычных для передачи

компаниям-заказчикам (документы текстового процессора, переносимый формат документов). Формирование сводного заключения по проекту в текущей конфигурации выполняется в офисных приложениях вручную, что не обеспечивает унифицированности оформления документов между проектами.

Четвёртое ограничение – зависимость промежуточных результатов расчётов от рабочего места конкретного сотрудника подразделения оценки. Поскольку часть расчётов выполняется в локальных файлах электронных таблиц, утрата таких файлов или различия в их версиях между сотрудниками снижают унифицированность отчётности и затрудняют её аудит.

1.4 Постановка решаемой задачи

На основе анализа предметной и проблемной областей, выполненного в разделах 1.1–1.3 настоящей работы, установлено, что технологической основой деятельности ООО «Бизнес Психологи» в части оказания услуг профессиональной оценки персонала является платформа ST, обеспечивающая полный цикл проведения оценочных процедур в отношении отдельного кандидата – от его регистрации в системе до формирования индивидуального отчёта по результатам прохождения. Вместе с тем платформа ST не предоставляет в виде самостоятельной функциональности средств сводной аналитической обработки результатов группы сотрудников компании-заказчика и средств контроля добросовестности прохождения оценочных процедур. Указанные обстоятельства определяют содержание решаемой задачи.

Выявленные в ходе анализа существующего обеспечения процесса ограничения сведены в таблицу 1.8.

Таблица 1.8 – Сводка выявленных ограничений существующего обеспечения процесса

Вид обеспечения	Выявленное ограничение	Следствие для процесса
------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Информационное	Отсутствие структур хранения сводных расчётных показателей эффективности группы сотрудников	Повторный расчёт показателей при каждом обращении к результатам проекта
Информационное	Отсутствие структур хранения результатов контроля добросовестности прохождения	Невозможность учёта достоверности результатов при формировании сводной оценки
Информационное	Отсутствие хранения параметров формирования сводного заключения	Снижение воспроизводимости результатов и затруднённая их сопоставления между проектами
Информационное	Отсутствие журналирования операций аналитической обработки данных	Затруднённая аудита обработки персональных данных
Математическое	Отсутствие автоматизированной агрегации показателей различных инструментов в интегральную оценку	Формирование интегральной оценки вне платформы, высокая трудоёмкость и риск несогласованности расчётов
Математическое	Отсутствие расчёта сводных групповых показателей по подразделению и компании-заказчику	Ручное формирование сводной аналитики, ограничение её представительности
Математическое	Отсутствие математического аппарата контроля добросовестности прохождения	Невозможность выявления недобросовестных результатов, снижение достоверности итоговых заключений
Математическое	Отсутствие автоматизированного подбора параметров обработки	Экспертное задание параметров, риск различий между проектами
Программно-техническое	Отсутствие серверного компонента агрегации показателей и формирования сводной аналитической отчётности	Выполнение расчётов вне платформы, отсутствие централизованного контроля версий алгоритмов
Программно-техническое	Отсутствие серверного компонента контроля добросовестности прохождения	Отсутствие технических средств реализации функции контроля
Программно-техническое	Отсутствие средств генерации сводных аналитических документов в форматах для передачи заказчику	Ручное формирование сводного заключения в офисных приложениях
Программно-техническое	Зависимость промежуточных результатов от рабочего места сотрудника	Снижение унифицированности отчётности и затруднённая её аудита

Перечисленные ограничения приводят к двум группам негативных последствий для деятельности предприятия. Первая группа относится к

экономическим показателям выполнения функции управления: высокая трудоёмкость подготовки сводного заключения по проекту ограничивает пропускную способность подразделений оценки и, как следствие, число обслуживаемых предприятием проектов в единицу времени при сохранении численности персонала. Вторая группа относится к показателям качества обработки информации: ручной характер расчётов повышает вероятность ошибок и снижает воспроизводимость результатов; отсутствие контроля добросовестности прохождения снижает достоверность данных, на которых основано формирование сводной оценки; отсутствие журналирования затрудняет аудит операций обработки персональных данных в значении Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [1].

В соответствии с методическими требованиями цель решения задачи сводится к устранению выявленных ограничений посредством разработки информационной подсистемы, интегрируемой с платформой ST и реализующей две взаимосвязанные функции – формирование сводной оценки эффективности деятельности сотрудников и контроль добросовестности прохождения оценочных процедур. Цель конкретизируется в виде двух групп подцелей.

Первая группа подцелей – улучшение экономических показателей выполнения функции управления:

- снижение трудоёмкости подготовки сводного аналитического заключения по проекту оценки;
- увеличение пропускной способности подразделений оценки по числу обслуживаемых проектов в единицу времени без увеличения численности сотрудников;
- сокращение календарного срока подготовки заключения от момента завершения тестирования до момента его передачи компании-заказчику.

Вторая группа подцелей – улучшение показателей качества обработки информации:

- повышение достоверности итоговых оценок за счёт исключения из сводной обработки результатов, не прошедших контроль добросовестности;
- повышение аналитической ценности результатов за счёт расчёта сводных групповых показателей и ранжирования сотрудников;
- обеспечение воспроизводимости результатов за счёт централизованного хранения параметров формирования заключения;
- повышение унифицированности отчётности за счёт применения единых расчётных алгоритмов и шаблонов представления результатов;
- обеспечение возможности аудита операций аналитической обработки персональных данных за счёт ведения журнала операций.

Для достижения сформулированной цели разрабатываемая информационная подсистема должна удовлетворять следующим функциональным требованиям [8]:

1. получение из платформы ST первичных данных проекта оценки – сведений о компании-заказчике, проекте, сотрудниках-кандидатах, применяемых оценочных инструментах и результатах их прохождения;
2. расчёт стандартизованных индивидуальных показателей сотрудников по каждому оценочному инструменту средствами классической теории тестов и теории ответа на пункт с приведением частных показателей к единой шкале по выражениям (1.4), (1.5), (1.9);
3. расчёт интегрального показателя эффективности каждого сотрудника методом взвешенной аддитивной свёртки по выражениям (1.10), (1.11) с настраиваемыми весовыми коэффициентами;
4. категоризация сотрудников по качественным уровням на основании настраиваемых пороговых значений по выражению (1.12);

5. расчёт сводных групповых показателей по подразделению и компании-заказчику (среднее значение интегрального показателя по выражению (1.13), распределение сотрудников по категориям, ранжирование сотрудников);
6. расчёт индекса достоверности прохождения для каждого результата оценки на основе статистического анализа времени ответов и согласованности профиля ответов с психометрической моделью по выражениям (1.14)–(1.17);
7. выделение результатов, требующих дополнительного рассмотрения, по пороговому значению индекса достоверности согласно выражению (1.18);
8. хранение расчётных показателей, индексов достоверности и параметров формирования заключения в собственной базе данных подсистемы;
9. формирование итогового сводного аналитического заключения по проекту в формате, пригодном для передачи компании-заказчику;
10. ведение журнала операций аналитической обработки данных, фиксирующего параметры расчётов и действия пользователя;
11. предоставление сотруднику подразделения оценки веб-интерфейса для управления расчётами, настройки параметров и выгрузки заключения.

Разрабатываемая подсистема должна удовлетворять следующим нефункциональным требованиям:

- подсистема интегрируется с платформой ST в едином технологическом стеке (Python, Django, TypeScript, Vue, PostgreSQL, Linux) без модификации структуры существующих таблиц платформы;

- подсистема соблюдает принцип многоарендности существующей платформы, обеспечивая обработку данных строго в пределах одной компании-заказчика и одного проекта;
- подсистема обеспечивает защиту персональных данных в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» [1];
- подсистема обеспечивает время отклика при выполнении типового расчёта по проекту, не создающее существенных задержек в работе сотрудника подразделения оценки;
- подсистема обеспечивает сопровождение и развитие силами ИТ-департамента предприятия за счёт применения тех же технологий, что и платформа ST.

Основным критерием эффективности выполнения функции управления принято снижение трудоёмкости подготовки сводного аналитического заключения по проекту оценки, измеряемое в человеко-часах на одно заключение. Достижение указанного критерия обеспечивает производные эффекты – увеличение пропускной способности подразделений оценки и сокращение календарного срока подготовки заключения для заказчика.

Критериями качества обработки информации приняты: доля результатов прохождения, прошедших контроль добросовестности и допущенных к формированию сводной оценки (подлежит контролю и фиксации); наличие в формируемом заключении сводных групповых показателей по подразделению и компании-заказчику; наличие полного журнала операций обработки персональных данных по каждому проекту; доля заключений, подготовленных в едином унифицированном формате.

На разработку подсистемы накладываются следующие ограничения:

- подсистема разрабатывается как функциональное расширение действующей платформы ST и не предполагает её замены или существенной модификации;
- подсистема не модифицирует структуру существующих таблиц базы данных платформы и не вмешивается во внутреннюю логику её работы;
- реализация подсистемы выполняется с использованием программных средств со свободным лицензированием, что соответствует выбору технологий действующей платформы и обеспечивает минимизацию лицензионных затрат;
- применяемый математический аппарат контроля добросовестности прохождения носит вероятностный характер: результаты контроля являются основанием для дополнительного рассмотрения сотрудником подразделения оценки, а не для автоматического вынесения отрицательных заключений в отношении испытуемых.

2. ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ

2.1 Разработка схемы функциональной структуры ИС

Функциональная структура информационной подсистемы представляет собой иерархическую декомпозицию её функций, отражающую состав выполняемых операций, их последовательность и взаимосвязи между ними [12, 13]. Разработка функциональной структуры выполняется на основе постановки задачи, сформулированной в подраздечёле 1.4 настоящей работы, и предшествует проектированию информационного, математического и программно-технического обеспечения, поскольку определяет логику работы подсистемы и состав её компонентов. Для разработки функциональной структуры применяется методология функционального моделирования IDEF0, обеспечивающая представление функций подсистемы в виде иерархии блоков, связанных потоками данных, управляющих воздействий, механизмов выполнения и ресурсов [15].

Контекстная диаграмма подсистемы (диаграмма уровня А-0) определяет границы подсистемы и её взаимодействие с внешней средой. На контекстном уровне подсистема рассматривается как единый функциональный блок, выполняющий обобщённую функцию «Сформировать сводное аналитическое заключение по проекту оценки». Контекстная диаграмма представлена на рисунке 2.1.

[Рисунок 2.1 – Контекстная диаграмма подсистемы (уровень А-0)]



Входными потоками подсистемы, поступающими в блок слева в нотации IDEF0, являются:

- первичные данные проекта оценки, получаемые из базы данных платформы ST (сведения о компании-заказчике, проекте, сотрудниках-кандидатах, оценочных инструментах и результатах их прохождения);
- нормативно-справочные данные оценочных инструментов (тестовые нормы, переводные шкалы, параметры заданий по моделям классической теории тестов и теории ответа на пункт);
- параметры формирования заключения, задаваемые сотрудником подразделения оценки в режиме настройки.

Выходными потоками подсистемы, поступающими из блока справа, являются:

- сводное аналитическое заключение по проекту в формате, пригодном для передачи компании-заказчику;
- расчётные показатели, сохраняемые в собственной базе данных подсистемы (стандартизованные индивидуальные баллы, интегральные показатели, сводные групповые показатели, индексы достоверности прохождения);
- записи журнала операций аналитической обработки данных.

Управляющими воздействиями, поступающими в блок сверху, являются:

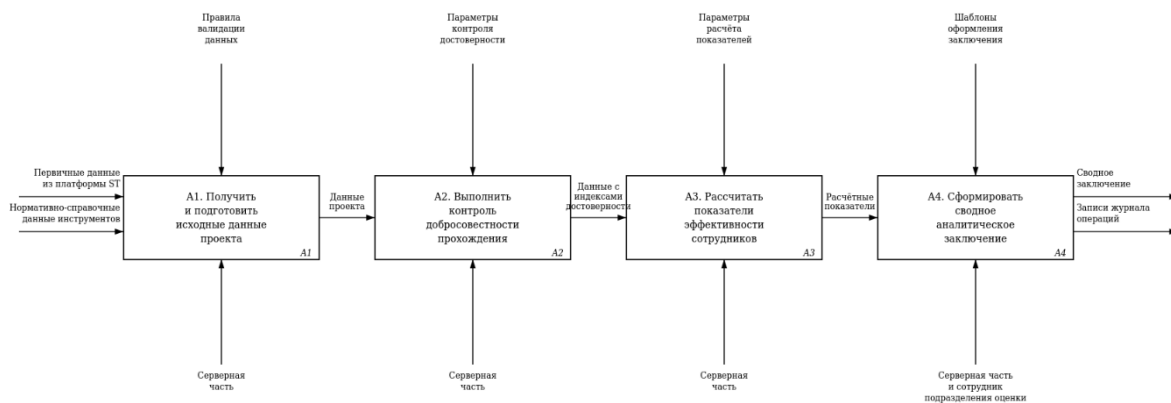
- требования законодательства о защите персональных данных (Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ);
- внутренние методические требования предприятия к содержанию и оформлению аналитических заключений;
- психометрические модели и алгоритмы расчёта, описанные в подразделе 1.3.2.

Механизмами выполнения, поступающими в блок снизу, являются:

- сотрудник подразделения оценки как пользователь подсистемы;
- программные и технические средства подсистемы (серверная часть на стеке Python/Django, клиентская часть на стеке TypeScript/Vue, СУБД PostgreSQL).

Декомпозиция первого уровня (диаграмма уровня A0) раскрывает обобщённую функцию подсистемы как совокупность четырёх функциональных блоков, отражающих этапы преобразования первичных данных в сводное аналитическое заключение, обоснованные в подразделе 1.2 настоящей работы. Диаграмма декомпозиции первого уровня представлена на рисунке 2.2.

[Рисунок 2.2 – Диаграмма декомпозиции первого уровня (уровень A0)]



Функциональный блок A1 – «Получить и подготовить исходные данные проекта». Блок выполняет извлечение первичных данных проекта из базы данных платформы ST, их валидацию на полноту и согласованность, формирование внутренних структур данных подсистемы, готовых к последующей обработке. Входом блока являются первичные данные проекта из платформы ST и нормативно-справочные данные оценочных инструментов; выходом – подготовленный набор данных проекта во внутреннем представлении подсистемы. Управляющим воздействием выступают правила валидации данных; механизмом – серверная часть подсистемы.

Функциональный блок A2 – «Выполнить контроль добросовестности прохождения». Блок обрабатывает каждый результат прохождения оценочного инструмента, рассчитывая для него индекс достоверности на основе статистического анализа времени ответов и согласованности профиля ответов с психометрической моделью по выражениям (1.14)–(1.17). Блок относит результаты к категории достоверных или требующих

дополнительного рассмотрения по выражению (1.18). Входом блока является подготовленный набор данных проекта; выходом – расширенный набор данных, в котором для каждого результата указан индекс достоверности и категория. Управляющим воздействием выступают параметры контроля (пороговые значения индекса достоверности, критические значения стандартизованных отклонений); механизмом – серверная часть подсистемы.

Функциональный блок А3 – «Рассчитать показатели эффективности». Блок выполняет основной расчёт индивидуальных и сводных показателей эффективности сотрудников. На индивидуальном уровне рассчитываются стандартизованные баллы по каждому оценочному инструменту с применением классической теории тестов или теории ответа на пункт и их приведение к единой Т-шкале по выражениям (1.4), (1.5), (1.9), затем выполняется агрегация в интегральный показатель по выражениям (1.10), (1.11) и категоризация по выражению (1.12). На групповом уровне рассчитываются сводные показатели по подразделению и компании-заказчику по выражению (1.13), а также распределения и ранжирования. Результаты, отнесённые в блоке А2 к категории требующих дополнительного рассмотрения, исключаются из сводной обработки либо учитываются с соответствующей пометкой. Входом блока является расширенный набор данных после контроля достоверности; выходом – индивидуальные и сводные расчётные показатели. Управляющим воздействием выступают параметры расчёта (весовые коэффициенты инструментов, пороги категоризации); механизмом – серверная часть подсистемы.

Функциональный блок А4 – «Сформировать сводное аналитическое заключение». Блок выполняет преобразование расчётных показателей в итоговый документ, представляющий результаты оценки в форме, пригодной для передачи компании-заказчику. Блок формирует структуру документа, включает в него сводные показатели, ранжирование сотрудников, графические представления распределений, текстовые интерпретации и

сведения о результатах контроля добросовестности. Входом блока являются индивидуальные и сводные расчётные показатели; выходом – сводное аналитическое заключение по проекту в формате документа, а также записи журнала операций. Управляющим воздействием выступают шаблоны оформления заключения; механизмом – серверная часть подсистемы и сотрудник подразделения оценки.

Связи между функциональными блоками реализованы по принципу последовательного преобразования данных: выход каждого блока служит входом следующего. Дополнительно блоки А2 и А3 имеют общий вход в виде нормативно-справочных данных оценочных инструментов (психометрических параметров заданий), необходимых обоим блокам для расчётов. Блок А4 имеет дополнительный вход в виде нормативно-справочной информации о составе и оформлении сводных заключений.

С точки зрения архитектурного построения подсистемы её функциональные блоки группируются в три функциональные подсистемы.

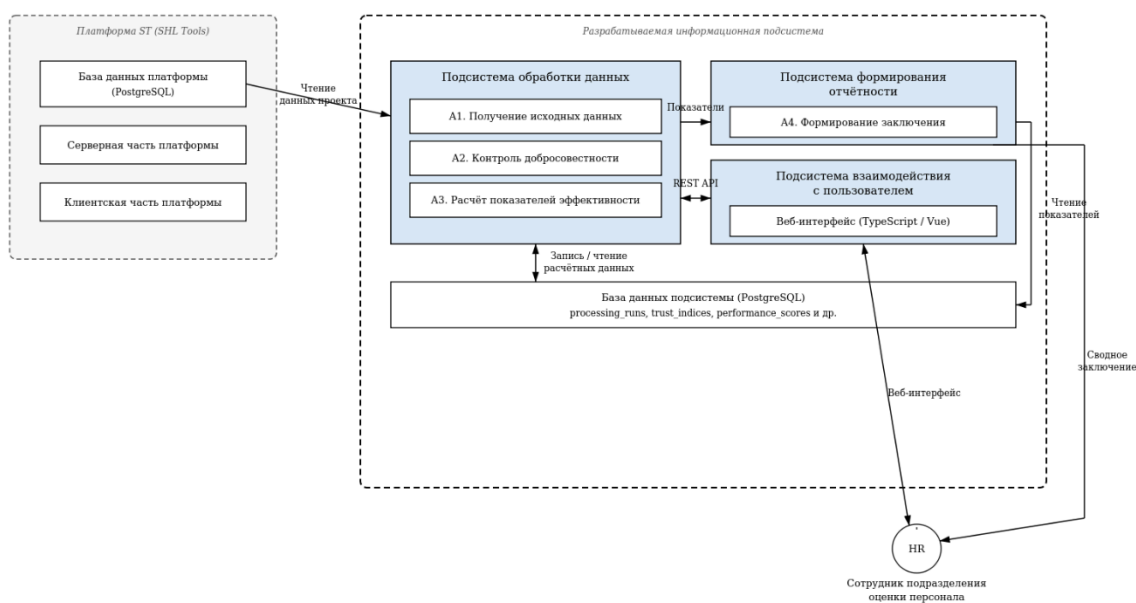
Первая функциональная подсистема – подсистема обработки данных – объединяет блоки А1, А2 и А3 и представляет собой серверную часть, реализующую основную содержательную обработку данных. Подсистема обработки данных взаимодействует с базой данных платформы ST (на чтение) и с собственной базой данных подсистемы (на чтение и запись).

Вторая функциональная подсистема – подсистема формирования отчётности – реализуется блоком А4 и обеспечивает преобразование расчётных показателей в итоговый документ. Подсистема формирования отчётности использует шаблоны документов и средства их генерации, проектные решения по которым рассмотрены в подразделе 2.4 настоящей работы.

Третья функциональная подсистема – подсистема взаимодействия с пользователем – реализует веб-интерфейс сотрудника подразделения оценки, обеспечивающий управление расчётами (запуск обработки проекта, настройку параметров, просмотр промежуточных и итоговых результатов, выгрузку заключения). Указанная подсистема реализуется на стеке TypeScript и Vue и взаимодействует с подсистемой обработки данных через программный интерфейс серверной части.

Схема функциональной структуры подсистемы, отражающая состав функциональных подсистем и их взаимодействие, представлена на рисунке 2.3.

[Рисунок 2.3 – Функциональная структура подсистемы]



Взаимодействие подсистемы с платформой ST организовано следующим образом. Подсистема обработки данных получает первичные данные проекта непосредственно из базы данных платформы ST посредством запросов на чтение к существующим таблицам (companies, users, projects, instruments, groups_of_questions, questions, candidates, results). Указанный способ доступа обоснован принадлежностью подсистемы и платформы

единой технологической среде, что снимает необходимость в построении промежуточного программного интерфейса для передачи данных и обеспечивает минимальную задержку при их получении. При этом подсистема не выполняет операций записи в существующие таблицы платформы, что соответствует ограничению, установленному в подразделе 1.4 (отсутствие модификации структуры платформы). Результаты обработки сохраняются в собственных таблицах подсистемы, проектирование которых выполнено в подразделе 2.2 настоящей работы.

При получении данных из платформы ST подсистема соблюдает модель многоарендности существующей базы данных: каждый запрос содержит условие фильтрации по идентификатору компании-заказчика и проекта, что обеспечивает обработку данных строго в пределах одного проекта и исключает кросс-арендное смешивание информации.

К проектным решениям, принятым при разработке функциональной структуры подсистемы, относятся следующие.

Решение о выделении контроля добросовестности в отдельный функциональный блок (A2), выполняемый до расчёта показателей эффективности (A3), обусловлено необходимостью обеспечения достоверности данных, поступающих в сводную обработку: учёт индекса достоверности после расчёта сводных показателей не позволил бы исключить недостоверные результаты из агрегирования.

Решение о реализации трёх функциональных подсистем (обработки данных, формирования отчётности, взаимодействия с пользователем) в едином технологическом стеке с платформой ST обусловлено требованием совместимости и единства сопровождения, обоснованным в подразделе 1.3.3.

Решение о доступе подсистемы к базе данных платформы ST на чтение, минуя промежуточный программный интерфейс, обусловлено принадлежностью обеих систем единой технологической среде и

сопровождением их одним IT-департаментом, что снимает архитектурные риски, типичные для интеграции независимых систем.

Решение о реализации управления расчётами через веб-интерфейс, а не через автоматический запуск по событию завершения проекта в платформе ST, обусловлено необходимостью сохранения контроля сотрудника подразделения оценки за моментом запуска обработки: согласно ограничению из подраздела 1.4, результаты контроля добросовестности являются основанием для рассмотрения, а не для автоматических действий, что предполагает интерактивный характер работы.

2.2 Разработка информационного обеспечения задачи

Информационное обеспечение разрабатываемой подсистемы проектируется как функциональное расширение информационного обеспечения платформы ST, рассмотренного в подразделе 1.3.1 настоящей работы. Принципиальное проектное решение состоит в том, что подсистема не модифицирует структуру существующих таблиц платформы и создаёт собственный набор таблиц для хранения расчётных данных, что согласуется с ограничением, установленным в подразделе 1.4, и обеспечивает изоляцию подсистемы от действующей платформы в части структуры данных. Логически таблицы подсистемы располагаются в той же базе данных PostgreSQL, что и таблицы платформы, что упрощает совместные запросы при получении исходных данных и обеспечивает единство процедур резервного копирования и сопровождения.

Инфологическая модель данных подсистемы строится по методологии моделирования «сущность – связь» и представляет состав предметных сущностей подсистемы, их атрибуты и связи между ними без привязки к конкретным средствам реализации [14, 22]. Указанная модель служит основой для последующей даталогической проработки, в ходе которой

сущности преобразуются в таблицы, атрибуты – в поля, а связи – в механизмы ссылочной целостности.

К сущностям подсистемы, отражающим её предметную область, относятся следующие.

Сущность «Сводный показатель эффективности» представляет результат расчёта индивидуального интегрального показателя эффективности сотрудника по проекту оценки. Сущность характеризуется атрибутами: идентификатор сводного показателя, ссылка на проект, ссылка на сотрудника-кандидата, значение интегрального показателя, качественная категория сотрудника, дата и время расчёта, ссылка на запуск обработки, в рамках которого выполнен расчёт. Сущность связана с проектом оценки и сотрудником-кандидатом из информационного обеспечения платформы ST по ссылкам на их идентификаторы.

Сущность «Групповой показатель» представляет результат расчёта сводного показателя по группе сотрудников (подразделению или компании-заказчику в целом). Сущность характеризуется атрибутами: идентификатор группового показателя, ссылка на проект, область расчёта (подразделение или компания), наименование подразделения (для подразделения), наименование показателя, значение показателя, дата и время расчёта, ссылка на запуск обработки. Связь сущности с проектом оценки реализуется по ссылке на его идентификатор.

Сущность «Индекс достоверности прохождения» представляет результат контроля добросовестности прохождения отдельного оценочного инструмента сотрудником. Сущность характеризуется атрибутами: идентификатор индекса, ссылка на результат прохождения из платформы ST, значение индекса достоверности, число выявленных аномалий времени ответов, значение индекса несоответствия профиля ответов, заключение о достоверности, дата и время расчёта, ссылка на запуск обработки. Связь

сущности с результатом прохождения из платформы ST реализуется по ссылке на его идентификатор.

Сущность «Параметры обработки проекта» представляет набор параметров, заданных сотрудником подразделения оценки и применённых при обработке проекта. Сущность характеризуется атрибутами: идентификатор набора параметров, ссылка на проект, ссылка на сотрудника, задавшего параметры, дата и время задания параметров, весовые коэффициенты оценочных инструментов в составе проекта, пороговые значения категоризации сотрудников, пороговое значение индекса достоверности, весовые коэффициенты признаков аномальности, признак активности набора параметров. Сущность связана с проектом оценки по ссылке на его идентификатор.

Сущность «Запуск обработки» представляет факт выполнения обработки проекта подсистемой с фиксацией её параметров и результатов. Сущность характеризуется атрибутами: идентификатор запуска, ссылка на проект, ссылка на сотрудника, инициировавшего запуск, ссылка на применённый набор параметров обработки, дата и время запуска, дата и время завершения, статус запуска, число обработанных результатов, число результатов, отнесённых к категории требующих рассмотрения.

Сущность «Сводное заключение» представляет факт формирования итогового документа сводного аналитического заключения по проекту. Сущность характеризуется атрибутами: идентификатор заключения, ссылка на проект, ссылка на запуск обработки, на основании которого сформировано заключение, ссылка на сотрудника, сформировавшего заключение, дата и время формирования, ссылка на файл документа заключения, формат документа, признак переданности заключения заказчику.

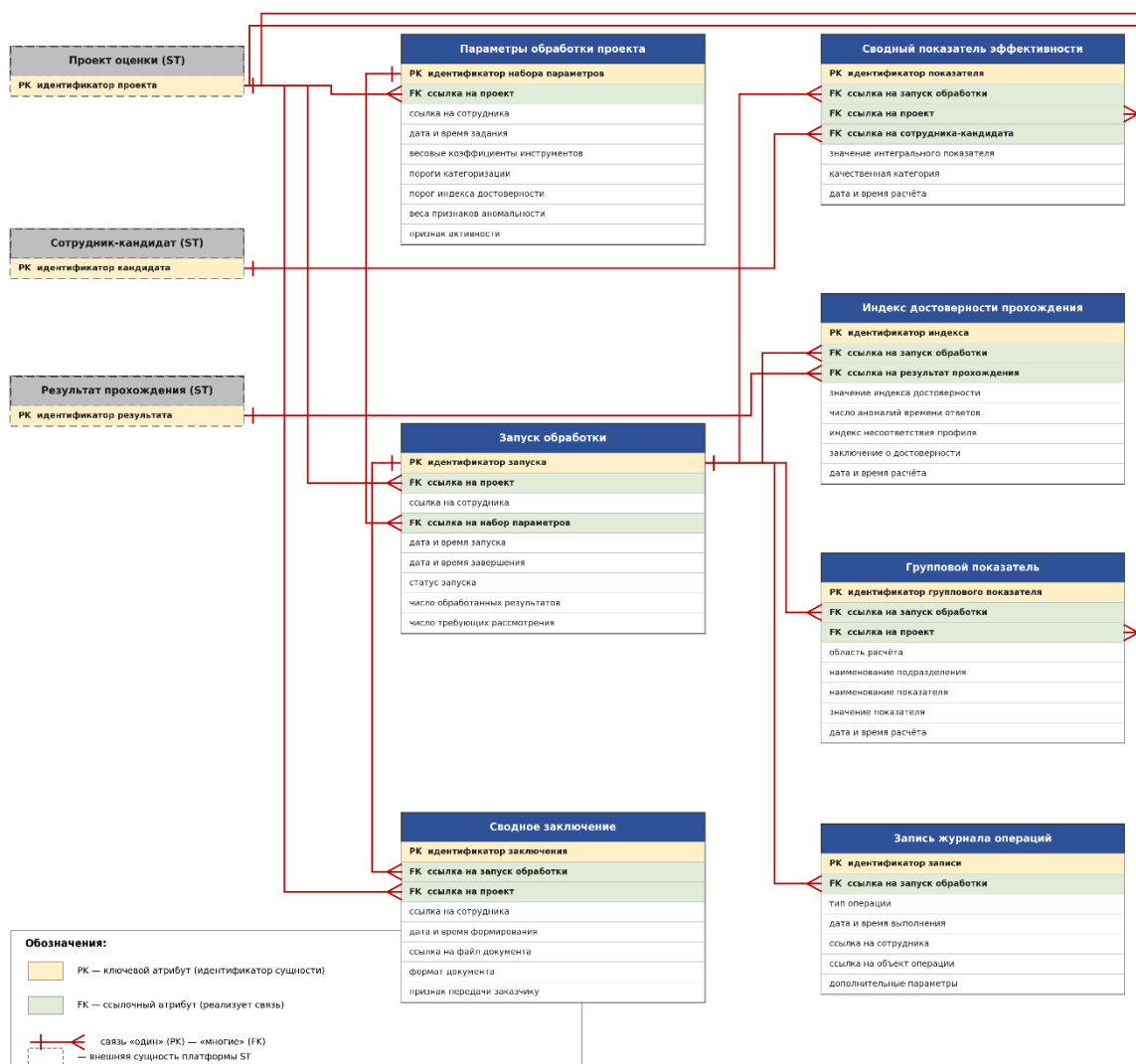
Сущность «Запись журнала операций» представляет отдельную операцию аналитической обработки данных, выполняемую подсистемой, с

фиксацией её параметров для целей аудита. Сущность характеризуется атрибутами: идентификатор записи, ссылка на запуск обработки, тип операции (получение данных, контроль достоверности, расчёт показателей, формирование заключения), дата и время выполнения операции, ссылка на сотрудника, действие которого послужило основанием для операции, ссылка на сущность, к которой относится операция, дополнительные параметры операции в неструктурированном виде.

Связи между сущностями подсистемы реализуют логику обработки данных: запуск обработки агрегирует множество сводных показателей эффективности (по числу сотрудников проекта), множество индексов достоверности (по числу результатов прохождения), множество групповых показателей, ссылается на применённый набор параметров обработки и на проект оценки. Сводное заключение формируется по итогам конкретного запуска обработки. Записи журнала операций группируются по запускам обработки. Связи сущностей подсистемы с сущностями платформы ST (проектами, сотрудниками-кандидатами, результатами прохождения) реализуются как односторонние ссылки от сущностей подсистемы к сущностям платформы, что обеспечивает независимость структуры подсистемы от возможных изменений структуры платформы.

Инфологическая модель данных подсистемы в нотации «сущность – связь» представлена на рисунке 2.4.

[Рисунок 2.4 – Инфологическая модель данных подсистемы]



Даталогическая модель данных подсистемы представляет физическую структуру таблиц реляционной базы данных, реализующих сущности инфологической модели в среде PostgreSQL. Преобразование инфологической модели в даталогическую выполнено по стандартным правилам [20]: каждая сущность преобразована в таблицу, атрибут – в поле таблицы с указанием типа данных, связи реализованы через внешние ключи. Все таблицы подсистемы снабжены суррогатными первичными ключами, что соответствует подходу, применённому в платформе ST, и обеспечивает единообразие сопровождения. Для всех ссылок на сущности платформы ST

используются те же типы данных, что и для соответствующих первичных ключей в таблицах платформы.

Состав и структура таблиц подсистемы приведены ниже. Для каждой таблицы указывается её назначение, состав полей, типы данных, ограничения целостности и связи с другими таблицами.

Таблица «processing_runs» (запуски обработки) предназначена для хранения сведений о выполненных запусках обработки проектов. Состав полей таблицы приведён в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Структура таблицы processing_runs

Поле	Тип данных	Назначение	Ограничения
id	bigserial	Идентификатор запуска	Первичный ключ
project_id	bigint	Ссылка на проект в платформе ST	NOT NULL
parameters_id	bigint	Ссылка на применённый набор параметров обработки	NOT NULL, внешний ключ
initiated_by	bigint	Ссылка на сотрудника, инициировавшего запуск	NOT NULL
started_at	timestamp	Дата и время запуска	NOT NULL
finished_at	timestamp	Дата и время завершения	NULL до завершения
status	varchar(32)	Статус запуска (running, completed, failed)	NOT NULL
processed_count	integer	Число обработанных результатов	NOT NULL, по умолчанию 0
requires_review_count	integer	Число результатов, требующих рассмотрения	NOT NULL, по умолчанию 0
error_message	text	Сообщение об ошибке (при неудачном завершении)	NULL по умолчанию

Таблица служит центральной точкой группировки результатов обработки: все рассчитанные показатели, индексы достоверности и

формируемые заключения связываются с конкретным запуском обработки, что обеспечивает воспроизводимость результатов и возможность сопоставления различных запусков обработки одного проекта (например, выполненных с различными параметрами).

Таблица «processing_parameters» (параметры обработки) предназначена для хранения наборов параметров, применяемых при обработке проектов. Состав полей таблицы приведён в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Структура таблицы processing_parameters

Поле	Тип данных	Назначение	Ограничения
id	bigserial	Идентификатор набора параметров	Первичный ключ
project_id	bigint	Ссылка на проект в платформе ST	NOT NULL
created_by	bigint	Ссылка на сотрудника, задавшего параметры	NOT NULL
created_at	timestamp	Дата и время задания параметров	NOT NULL
instrument_weights	jsonb	Весовые коэффициенты инструментов	NOT NULL
category_thresholds	jsonb	Пороги категоризации (верхний и нижний)	NOT NULL
trust_threshold	numeric(4,3)	Пороговое значение индекса достоверности	NOT NULL, диапазон [0; 1]
anomaly_weights	jsonb	Весовые коэффициенты признаков аномальности	NOT NULL
z_critical	numeric(5,3)	Критическое значение стандартизованного отклонения времени	NOT NULL
difficulty_threshold	numeric(5,3)	Пороговое значение сложности задания	NOT NULL
is_active	boolean	Признак активности набора параметров	NOT NULL, по умолчанию true

Применение типа jsonb для весовых коэффициентов и порогов категоризации обусловлено переменным составом этих параметров (число оценочных инструментов в проекте, число категорий) и удобством работы с

такими данными в PostgreSQL, обеспечивающей штатные средства индексации и валидации jsonb-полей.

Таблица «trust_indices» (индексы достоверности прохождения) предназначена для хранения результатов контроля добросовестности прохождения отдельных результатов оценки. Состав полей таблицы приведён в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Структура таблицы trust_indices

Поле	Тип данных	Назначение	Ограничения
id	bigserial	Идентификатор индекса достоверности	Первичный ключ
processing_run_id	bigint	Ссылка на запуск обработки	NOT NULL, внешний ключ
result_id	bigint	Ссылка на результат прохождения в платформе ST	NOT NULL
trust_index	numeric(4,3)	Индекс достоверности, значение D_i по выражению (1.17)	NOT NULL, диапазон [0; 1]
anomaly_count	integer	Число выявленных аномалий времени ответов	NOT NULL
profile_misfit	numeric(8,4)	Индекс несоответствия профиля по выражению (1.16)	NOT NULL
profile_misfit_normalized	numeric(4,3)	Нормированное значение индекса несоответствия	NOT NULL, диапазон [0; 1]
conclusion	varchar(32)	Заключение о достоверности (trustworthy, requires review)	NOT NULL
calculated_at	timestamp	Дата и время расчёта	NOT NULL

Состав полей обеспечивает хранение как итогового индекса достоверности (поле trust_index), так и его частных составляющих (anomaly_count, profile_misfit), что необходимо для последующего обоснования заключения о достоверности при возникновении спорных

ситуаций и для накопления статистики, используемой при последующей калибровке параметров контроля.

Таблица «performance_scores» (сводные показатели эффективности) предназначена для хранения индивидуальных интегральных показателей эффективности сотрудников по проектам оценки. Состав полей таблицы приведён в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Структура таблицы performance_scores

Поле	Тип данных	Назначение	Ограничения
id	bigserial	Идентификатор показателя	Первичный ключ
processing_run_id	bigint	Ссылка на запуск обработки	NOT NULL, внешний ключ
project_id	bigint	Ссылка на проект в платформе ST	NOT NULL
candidate_id	bigint	Ссылка на сотрудника-кандидата в платформе ST	NOT NULL
integral_score	numeric(6,2)	Значение интегрального показателя I_i по выражению (1.10)	NOT NULL
category	varchar(32)	Качественная категория сотрудника	NOT NULL
instruments_used	jsonb	Перечень инструментов, использованных в расчёте	NOT NULL
instruments_excluded	jsonb	Перечень инструментов, исключённых из расчёта по результатам контроля достоверности	NOT NULL, по умолчанию пустой
calculated_at	timestamp	Дата и время расчёта	NOT NULL

Поле instruments_excluded предназначено для хранения сведений об инструментах, результаты прохождения которых были исключены из расчёта интегрального показателя по итогам контроля достоверности. Наличие такого поля обеспечивает полную трассируемость расчёта: для каждого

индивидуального показателя сохраняется информация о том, на каких именно инструментах он рассчитан и какие были исключены, что необходимо для обоснования итоговых оценок при возникновении спорных ситуаций.

Таблица «group_indicators» (групповые показатели) предназначена для хранения сводных показателей по группам сотрудников – подразделениям компании-заказчика и компании-заказчику в целом. Состав полей таблицы приведён в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Структура таблицы group_indicators

Поле	Тип данных	Назначение	Ограничения
id	bigserial	Идентификатор группового показателя	Первичный ключ
processing_run_id	bigint	Ссылка на запуск обработки	NOT NULL, внешний ключ
project_id	bigint	Ссылка на проект в платформе ST	NOT NULL
company_id	bigint	Ссылка на компанию-заказчика в платформе ST	NOT NULL
scope	varchar(32)	Область расчёта (department, company)	NOT NULL
department_name	varchar(255)	Наименование подразделения (при scope=department)	NULL при scope=company
indicator_name	varchar(64)	Наименование показателя	NOT NULL
indicator_value	numeric(10,3)	Значение показателя	NOT NULL
sample_size	integer	Число сотрудников в группе	NOT NULL
distribution	jsonb	Распределение сотрудников по категориям (при необходимости)	NOT NULL
calculated_at	timestamp	Дата и время расчёта	NOT NULL

Универсальная структура таблицы с полями indicator_name и indicator_value позволяет хранить произвольные виды групповых показателей (среднее значение по выражению (1.13), стандартное отклонение, медиана,

доля сотрудников в каждой из категорий и т.д.), не требуя расширения структуры таблицы при добавлении новых видов показателей в перспективе.

Таблица «summary_conclusions» (сводные заключения) предназначена для хранения сведений о сформированных сводных аналитических заключениях по проектам. Состав полей таблицы приведён в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Структура таблицы summary_conclusions

Поле	Тип данных	Назначение	Ограничения
id	bigserial	Идентификатор заключения	Первичный ключ
processing_run_id	bigint	Ссылка на запуск обработки	NOT NULL, внешний ключ
project_id	bigint	Ссылка на проект в платформе ST	NOT NULL
generated_by	bigint	Ссылка на сотрудника, сформировавшего заключение	NOT NULL
generated_at	timestamp	Дата и время формирования	NOT NULL
file_path	varchar(512)	Путь к файлу документа заключения	NOT NULL
file_format	varchar(16)	Формат документа (docx, pdf)	NOT NULL
file_size	integer	Размер файла, байт	NOT NULL
delivered_to_client	boolean	Признак передачи заключения заказчику	NOT NULL, по умолчанию false
delivered_at	timestamp	Дата и время передачи заключения	NULL до передачи

Хранение файлов сформированных заключений в файловой системе сервера с фиксацией пути в таблице (поле file_path) обусловлено типовым подходом к работе с бинарными данными значительного объёма, обеспечивающим эффективность операций как при формировании, так и при последующей выдаче файлов. Поле delivered_to_client обеспечивает фиксацию факта передачи заключения заказчику, что необходимо для управленческого учёта оказанных услуг.

Таблица «audit_log» (журнал операций) предназначена для хранения детальных записей о выполненных операциях аналитической обработки данных в целях обеспечения аудита обработки персональных данных. Состав полей таблицы приведён в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Структура таблицы audit_log

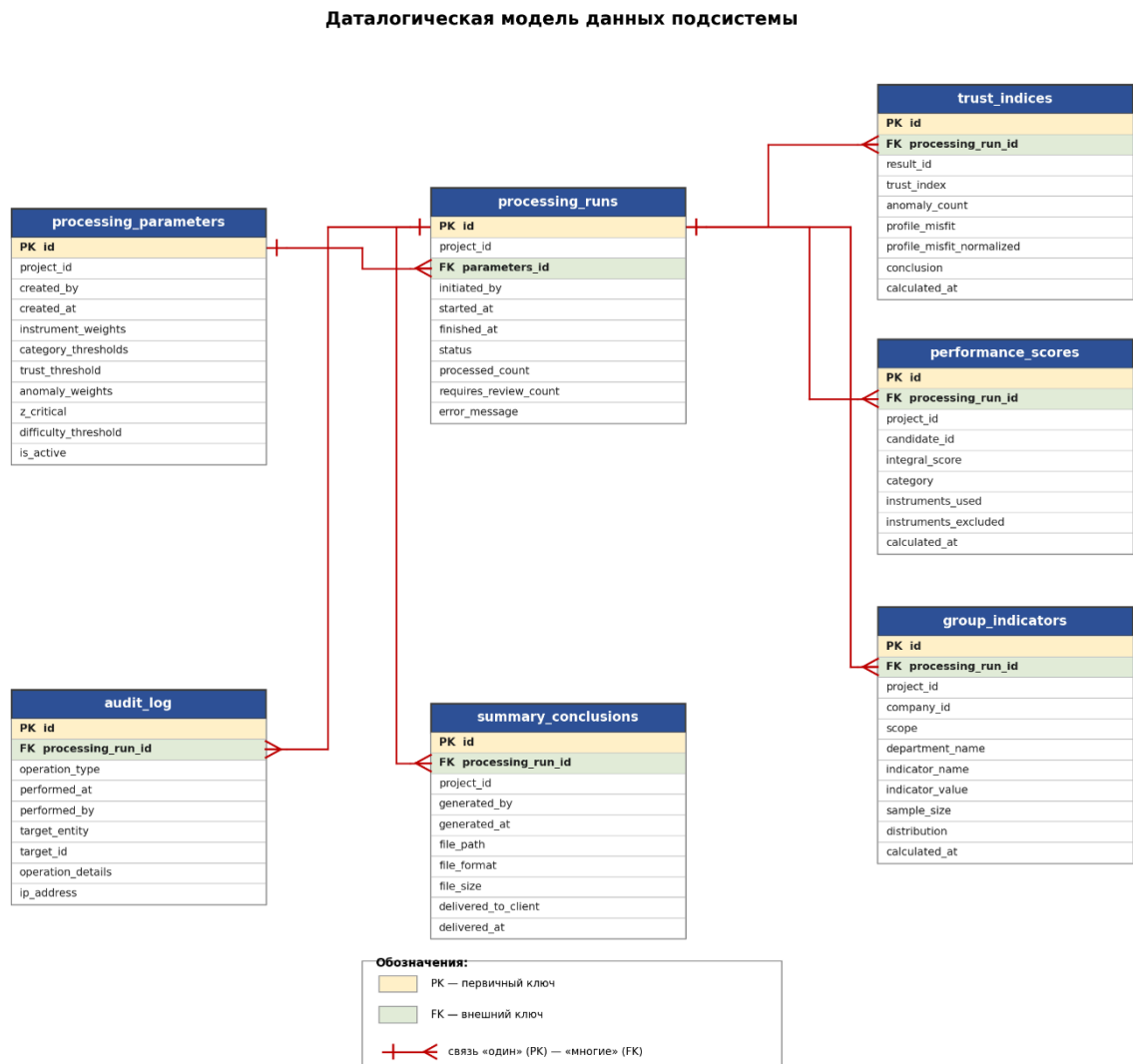
Поле	Тип данных	Назначение	Ограничения
id	bigserial	Идентификатор записи журнала	Первичный ключ
processing_run_id	bigint	Ссылка на запуск обработки	NULL для общесистемных событий
operation_type	varchar(64)	Тип операции	NOT NULL
performed_at	timestamp	Дата и время выполнения операции	NOT NULL
performed_by	bigint	Ссылка на сотрудника, инициировавшего операцию	NULL для автоматических операций
target_entity	varchar(64)	Тип сущности, к которой относится операция	NOT NULL
target_id	bigint	Идентификатор сущности	NULL при отсутствии конкретного объекта
operation_details	jsonb	Дополнительные параметры операции в неструктурированном виде	NULL по умолчанию
ip_address	inet	IP-адрес инициатора операции	NULL по умолчанию

Состав полей таблицы соответствует типовым требованиям к ведению журнала аудита обработки персональных данных: для каждой операции фиксируются её тип, время, инициатор, объект воздействия и дополнительные параметры. Поле operation_details типа jsonb обеспечивает гибкость состава фиксируемых параметров без необходимости расширения структуры таблицы при появлении новых видов операций. Сохранение

IP-адреса инициатора операции обеспечивает идентификацию источника действия в случаях, требующих расследования.

Даталогическая модель данных подсистемы, представленная в виде логической схемы связей между таблицами, приведена на рисунке 2.5.

[Рисунок 2.5 – Даталогическая модель данных подсистемы]



Описание входной информации подсистемы. Входная информация поступает в подсистему из базы данных платформы ST посредством запросов на чтение. Состав входных данных определяется требованиями математического обеспечения, описанного в подразделе 1.3.2, и постановкой

задачи из подраздела 1.4. Свод входной информации представлен в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Состав входной информации подсистемы

Группа информации	Источник	Назначение в подсистеме
Сведения о проекте оценки	Таблица projects платформы ST	Идентификация проекта и привязка результатов обработки
Сведения о компании-заказчике	Таблица companies платформы ST	Группировка показателей, формирование шапки заключения
Сведения о сотрудниках-кандидатах	Таблица candidates платформы ST	Расчёт индивидуальных и сводных показателей
Сведения об оценочных инструментах	Таблица instruments платформы ST	Выбор алгоритма расчёта показателей
Сведения о заданиях оценочных инструментов	Таблица questions платформы ST	Расчёт оценок IRT и контроль профиля ответов
Сведения о группах заданий	Таблица groups_of_questions платформы ST	Расчёт показателей по отдельным шкалам инструментов
Первичные результаты прохождения	Таблица results платформы ST	Исходные данные для всех видов расчётов
Сведения о пользователях	Таблица users платформы ST	Привязка действий пользователя к идентификатору в платформе

Получение входной информации выполняется на этапе работы функционального блока А1 «Получить и подготовить исходные данные проекта», описанного в подразделе 2.1. На указанном этапе данные извлекаются из таблиц платформы ST и преобразуются во внутреннее представление подсистемы, удобное для последующей обработки. Все запросы к таблицам платформы ST содержат условие фильтрации по идентификатору проекта (а через него – по идентификатору компании-заказчика), обеспечивая соблюдение модели многоарендности.

Описание выходной информации подсистемы. Выходная информация формируется подсистемой и предоставляется конечным потребителям – сотруднику подразделения оценки (через веб-интерфейс) и компании-заказчику (в виде сводного аналитического заключения). Состав выходной информации представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Состав выходной информации подсистемы

Вид выходной информации	Форма представления	Потребитель
Сводное аналитическое заключение по проекту	Документ формата docx или pdf	Компания-заказчик
Перечень индивидуальных показателей сотрудников	Экранная форма веб-интерфейса, табличное представление	Сотрудник подразделения оценки
Сводные групповые показатели по подразделениям и компании	Экранная форма веб-интерфейса, графическое представление	Сотрудник подразделения оценки
Перечень результатов, требующих рассмотрения	Экранная форма веб-интерфейса с возможностью просмотра деталей	Сотрудник подразделения оценки
Журнал операций обработки	Экранная форма веб-интерфейса с возможностью фильтрации	Сотрудник подразделения оценки, администратор
Параметры выполненной обработки	Экранная форма веб-интерфейса	Сотрудник подразделения оценки

Структура сводного аналитического заключения, формируемого подсистемой, включает следующие разделы: титульный лист со сведениями о компании-заказчике, проекте и периоде проведения оценки; вводный раздел с описанием цели оценки и применённого инструментария; индивидуальные результаты сотрудников с указанием интегрального показателя, качественной категории и распределения по применённым инструментам; сводные показатели по подразделениям и компании в целом с графическими

представлениями; ранжирование сотрудников по интегральному показателю; сведения о результатах, исключённых из обработки по результатам контроля достоверности (без раскрытия персональных причин исключения); заключительные рекомендации.

Описание нормативно-справочной информации подсистемы. Нормативно-справочная информация представляет собой относительно стабильные данные, используемые при расчётах и формировании заключения. Свод нормативно-справочной информации представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Состав нормативно-справочной информации подсистемы

Вид информации	Расположение	Назначение
Психометрические параметры оценочных инструментов	Таблица instruments платформы ST	Выбор модели расчёта
Параметры отдельных заданий (сложность, дискриминативность)	Таблица questions платформы ST	Расчёт оценок по моделям IRT
Тестовые нормы оценочных инструментов	Нормативные таблицы платформы ST	Стандартизация сырых баллов по выражению (1.4)
Параметры обработки проекта (веса, пороги)	Таблица processing_parameters подсистемы	Расчёт интегральных показателей и контроль достоверности
Шаблоны сводного заключения	Файловая система подсистемы	Формирование документа заключения
Справочник типов операций журнала	Программный код подсистемы	Классификация записей журнала
Справочник статусов запусков обработки	Программный код подсистемы	Управление жизненным циклом обработки
Справочник качественных категорий сотрудников	Программный код подсистемы	Категоризация по выражению (1.12)

Подсистема использует нормативно-справочную информацию платформы ST на чтение, что согласуется с принятым решением о

неизменности структуры данных платформы. Дополнительная нормативно-справочная информация, специфичная для подсистемы (параметры обработки, шаблоны заключений), размещается в её собственных таблицах и файловой системе. Справочники неизменных по составу значений (типы операций, статусы запусков, категории сотрудников) реализованы в программном коде подсистемы как перечисляемые типы, что соответствует подходу, применённому в платформе ST для аналогичных классификаций.

К проектным решениям, принятым при разработке информационного обеспечения подсистемы, относятся следующие.

Решение о размещении таблиц подсистемы в той же базе данных, что и таблицы платформы ST, без модификации структуры существующих таблиц обусловлено двумя факторами: требованием совместимости и неизменности платформы (подраздел 1.4) и возможностью выполнения совместных запросов к данным подсистемы и платформы средствами штатных механизмов PostgreSQL, что существенно при расчёте показателей.

Решение о применении типа данных jsonb для хранения параметров обработки, перечней инструментов и распределений обусловлено переменностью состава этих данных и удобством их обработки в PostgreSQL, поддерживающей штатные средства индексации, валидации и обработки jsonb-полей. Альтернатива в виде нормализованного хранения с отдельными таблицами для каждого вида параметров рассматривалась, но отклонена ввиду существенного усложнения структуры базы данных при ограниченной выгоде от нормализации, поскольку соответствующие данные практически никогда не запрашиваются отдельно от родительских записей.

Решение о ведении детального журнала операций в отдельной таблице audit_log с возможностью хранения произвольных параметров операций обусловлено требованиями обеспечения аудита обработки персональных данных в значении Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ. Состав

фиксируемых параметров (тип операции, инициатор, объект, время, IP-адрес) соответствует типовым требованиям к журналам аудита и обеспечивает возможность последующего анализа действий пользователей в случаях, требующих расследования.

Решение о хранении файлов сформированных заключений в файловой системе сервера, а не в базе данных в виде binary large object, обусловлено типовыми соображениями производительности при работе с бинарными данными значительного объёма и упрощением процедур резервного копирования: файлы заключений могут резервироваться независимо от базы данных штатными средствами файловой системы.

Решение о выделении сущности «Запуск обработки» в отдельную таблицу `processing_guns` с привязкой к ней всех расчётных данных обусловлено необходимостью обеспечения воспроизводимости результатов и возможностью сопоставления различных запусков обработки одного проекта. При повторном запуске обработки проекта с изменёнными параметрами результаты предыдущего запуска сохраняются, что обеспечивает накопление истории обработки и возможность анализа влияния параметров на результаты.

2.3 Разработка математического обеспечения задачи

Математическое обеспечение разрабатываемой подсистемы реализует совокупность выражений (1.1)–(1.18), описанных в подразделе 1.3.2 настоящей работы, в виде программно выполнимых процедур серверной части подсистемы. Проектирование математического обеспечения предполагает выбор численных методов, обеспечивающих устойчивое и эффективное вычисление показателей в условиях типичных объёмов данных проектов оценки, разработку алгоритмов обработки и определение порядка применения процедур в составе функциональных блоков подсистемы.

В качестве принципиального проектного решения принят подход, при котором математическое обеспечение реализуется средствами специализированных научных библиотек экосистемы языка Python – NumPy, SciPy, pandas, что соответствует обоснованному в подразделе 1.3.3 выбору языка программирования серверной части. Применение указанных библиотек обеспечивает производительность, сопоставимую с реализацией на скомпилированных языках, при сохранении выразительности кода и упрощении его сопровождения. Все расчёты выполняются в режиме обработки данных проекта целиком, что обеспечивает возможность векторизованных вычислений и существенно повышает производительность по сравнению с пообъектной обработкой [21].

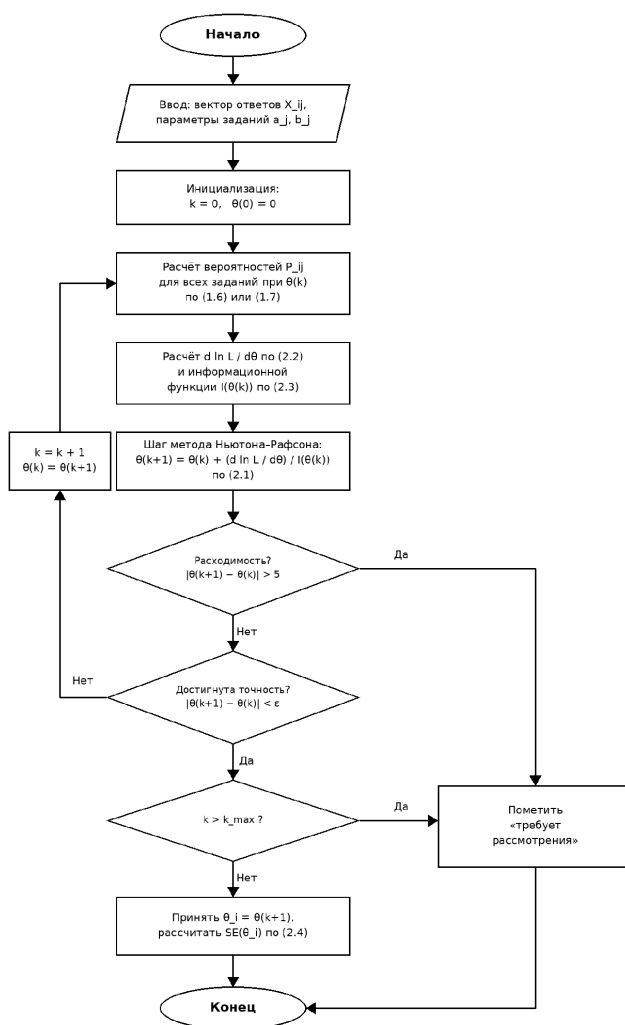
Расчёт стандартизованных индивидуальных показателей по модели классической теории тестов реализуется следующей последовательностью операций. Для каждого результата прохождения оценочного инструмента, отнесённого по итогам контроля достоверности к категории достоверных, рассчитывается сырой балл сотрудника как сумма правильных ответов на задания. Для тестов способностей правильность ответа определяется сопоставлением фактического ответа с ключом, хранящимся в поле `correct_answer` таблицы `questions` платформы ST. Для опросников компетенций и личностных опросников сырой балл вычисляется как сумма численных значений ответов с учётом обратных шкал, отмеченных в нормативно-справочной информации инструмента. Полученный сырой балл преобразуется в стандартизованный Z-балл по выражению (1.4) с применением средних значений и стандартных отклонений нормативной группы, хранящихся в нормативно-справочной информации инструмента, и далее в T-балл по выражению (1.5).

Реализация расчётов средствами библиотеки NumPy позволяет выполнить указанные операции для всех сотрудников проекта одновременно средствами векторизованных операций над массивами, что существенно

сокращает время обработки. При типичном объёме проекта (25 сотрудников, 3–5 оценочных инструментов на сотрудника) полный цикл стандартизации выполняется за время, не превышающее долей секунды на сервере типовой конфигурации.

Расчёт индивидуальных показателей по моделям теории ответа на пункт представляет собой более сложную задачу, поскольку оценка уровня способности сотрудника θ_i по выражениям (1.6)–(1.8) не имеет аналитического решения и требует применения численного метода максимизации функции правдоподобия. В качестве численного метода в подсистеме принят метод Ньютона–Рафсона, обладающий квадратичной скоростью сходимости вблизи оптимума и подходящий для рассматриваемой задачи в силу гладкости функции правдоподобия и её унимодальности в типовых случаях [25]. Алгоритм численной оценки уровня способности представлен на рисунке 2.6.

[Рисунок 2.6 – Блок-схема алгоритма численной оценки уровня способности]



Содержание алгоритма заключается в следующем. На вход алгоритма поступают вектор ответов сотрудника по заданиям инструмента (значения X_{ij}) и параметры заданий – сложности b_j и (для модели 2PL) дискриминативности a_j . В качестве начального приближения уровня способности принимается значение $\theta^{(0)} = 0$, соответствующее центру шкалы. На каждой итерации k рассчитываются вероятности правильного ответа P_{ij} для всех заданий по выражению (1.6) или (1.7) при текущем значении $\theta^{(k)}$, первая производная логарифма правдоподобия по θ и вторая производная, а затем выполняется шаг метода Ньютона–Рафсона по выражению (2.1):

$$\theta^{k+1} = \theta^k + \frac{\frac{d \ln L(\theta^k)}{d\theta}}{I(\theta^k)}, \quad (2.1)$$

где $\theta^{(k)}$ – оценка уровня способности на k -й итерации; $\ln \ln L(\theta^k)/d\theta$ – первая производная логарифма правдоподобия по θ ; $I(\theta^{(k)})$ – информационная функция (отрицательная вторая производная логарифма правдоподобия по θ).

Производная логарифма правдоподобия для модели Раша вычисляется по выражению (2.2):

$$\frac{d \ln L(\theta)}{d\theta} = \sum_j X_{ij} - P_{ij}, \quad (2.2)$$

где X_{ij} – фактический ответ сотрудника на j -е задание; P_{ij} – вероятность правильного ответа на j -е задание при текущем значении θ .

Информационная функция для модели Раша вычисляется по выражению (2.3):

$$I(\theta) = \sum_j P_{ij}(1 - P_{ij}), \quad (2.3)$$

Для модели 2PL соответствующие выражения дополнительно учитывают параметр дискриминативности a_j : производная становится

$$\sum_j a_j(X_{ij} - P_{ij}), \text{ а информационная функция } - \sum_j a_j^2 P_{ij} * (1 - P_{ij}).$$

Условием остановки итерационного процесса принимается выполнение одного из следующих критериев: достижение требуемой точности оценки, при которой абсолютное изменение θ между итерациями становится меньше заданного порога (по умолчанию $\varepsilon = 0,001$); достижение максимально допустимого числа итераций (по умолчанию 50); признак расходимости процесса, при котором изменение θ превышает заданный максимум (по умолчанию 5,0). В случае нормального завершения итерационного процесса

полученное значение θ принимается за оценку уровня способности сотрудника, в случае расходимости процесса либо превышения максимального числа итераций результат прохождения помечается особой меткой и подлежит дополнительному рассмотрению сотрудником подразделения оценки.

Дополнительно вычисляется стандартная ошибка оценки уровня способности, определяемая по выражению (2.4):

$$SE(\theta_i) = \frac{1}{\sqrt{I(\theta_i)}}, \quad (2.4)$$

где $SE(\theta_i)$ – стандартная ошибка оценки уровня способности; $I(\theta_i)$ – информационная функция в точке полученной оценки.

Значение стандартной ошибки используется при последующем приведении оценки к Т-шкале по выражению (1.9) для информирования сотрудника подразделения оценки о точности полученной оценки и при формировании сводного заключения для оговорки соответствующих ограничений.

В реализации алгоритма средствами библиотек NumPy и SciPy для вычисления оценки уровня способности используется штатная процедура `scipy.optimize.minimize_scalar` при работе с одним сотрудником и одним инструментом, обеспечивающая устойчивую сходимость при стандартных параметрах. Применение готовой процедуры предпочтительнее реализации метода Ньютона–Рафсона «с нуля», поскольку обеспечивает обработку граничных случаев (нулевая или единичная информационная функция, расходимость) средствами библиотечного кода, протестированного на широком классе задач.

Реализация модели Раша как частного случая модели 2PL при $a_j = 1$ для всех заданий обеспечивает возможность использования единой процедуры

расчёта для обеих моделей, что упрощает программный код и снижает риск несогласованности реализации.

После расчёта оценок уровня способности θ_i для всех сотрудников проекта по конкретному оценочному инструменту выполняется приведение оценок к единой Т-шкале по выражению (1.9) с использованием средних значений и стандартных отклонений нормативной группы для данного инструмента, хранящихся в нормативно-справочной информации.

Алгоритм контроля добросовестности прохождения реализует аппарат, описанный выражениями (1.14)–(1.18) подраздела 1.3.2, в виде последовательности программно выполнимых процедур. Алгоритм работает на уровне отдельного результата прохождения оценочного инструмента сотрудником и состоит из четырёх последовательных этапов: подготовка нормативных характеристик времени ответов, расчёт стандартизованных отклонений по выражению (1.14) и выявление аномалий по выражению (1.15), расчёт индекса несоответствия профиля ответов по выражению (1.16), вычисление итогового индекса достоверности по выражению (1.17) и формирование заключения по выражению (1.18).

Подготовка нормативных характеристик времени ответов выполняется на основании данных предыдущих прохождений того же оценочного инструмента, накопленных в платформе ST. Для каждого задания j рассчитываются среднее значение μ_j и стандартное отклонение s_j времени ответа по совокупности результатов, отнесённых к категории достоверных по итогам ранее выполненного контроля. Указанная подготовка выполняется не при каждом запуске обработки, а периодически (один раз в установленный интервал времени, по умолчанию – раз в неделю), и её результаты сохраняются в нормативно-справочной информации инструмента. Такой подход обусловлен высокой стоимостью расчёта нормативных характеристик по всему объёму накопленных данных при сравнительно низкой их

изменчивости от запуска к запуску. Накопление дополнительных данных между обновлениями нормативных характеристик не оказывает существенного влияния на распределения времени ответов, что подтверждается типовыми свойствами психометрических инструментов.

Для каждого задания j из тех, что подверглись прохождению сотрудником, рассчитывается стандартизованное отклонение времени ответа по выражению (1.14). Полученные значения z_{ij} сопоставляются с критическим значением $z_{кр}$ (по умолчанию принимается равным $-2,0$, что соответствует уровню значимости $0,025$ при предположении о нормальном распределении времени ответов). Одновременно проверяется выполнение двух дополнительных условий – правильность ответа на задание ($X_{ij} = 1$) и превышение сложностью задания порогового значения $b_{кр}$ (по умолчанию принимается равным значению медианной сложности заданий инструмента). При одновременном выполнении трёх условий – аномально малое время ответа, правильный ответ и достаточная сложность задания – задание помечается признаком аномалии $A_{ij} = 1$. Общее число аномалий m_i для результата сотрудника определяется как сумма значений A_{ij} по всем заданиям инструмента.

Расчёт индекса несоответствия профиля ответов U_i по выражению (1.16) выполняется параллельно с предыдущим этапом и использует значения вероятностей правильного ответа P_{ij} , рассчитанные ранее в составе процедуры оценки уровня способности θ_i по теории ответа на пункт. Тем самым достигается совместное использование промежуточных результатов: значения P_{ij} , вычисленные для оценки способности, повторно используются для расчёта индекса несоответствия профиля без дополнительных

вычислений. Полученное значение U_i подвергается нормированию к диапазону от 0 до 1 по выражению (2.5):

$$U_i^* = \min\left(\frac{U_i}{U_{max}}, 1\right), (2.5)$$

где U_i^* – нормированное значение индекса несоответствия профиля; U_{max} – максимальное значение индекса, соответствующее наихудшему допустимому профилю (по умолчанию принимается равным удвоенному ожидаемому значению при нулевой гипотезе соответствия модели).

Принятая схема нормирования обеспечивает ограниченность нормированного индекса диапазоном $[0; 1]$ и его согласованность с итоговым индексом достоверности, также определённым в этом диапазоне.

Итоговый индекс достоверности D_i рассчитывается по выражению (1.17) как нормированная свёртка частных признаков аномальности – доли заданий с выявленной аномалией времени ответа и нормированного индекса несоответствия профиля. Весовые коэффициенты β_1 и β_2 задаются параметрами обработки (поле `anomaly_weights` таблицы `processing_parameters`); их значения по умолчанию устанавливаются равными 0,5 каждый, что соответствует равновкладному учёту обоих признаков. При необходимости весовые коэффициенты могут быть скорректированы сотрудником подразделения оценки исходя из особенностей конкретного проекта.

Заключение о достоверности прохождения формируется по выражению (1.18) сопоставлением полученного индекса D_i с пороговым значением $D_{кр}$, задаваемым в параметрах обработки (поле `trust_threshold`). Значение порога по умолчанию принимается равным 0,7, что соответствует требованию учёта в сводной обработке только результатов с относительно низким уровнем аномальности. Результаты с индексом достоверности ниже порога относятся

к категории требующих рассмотрения, заносятся в таблицу `trust_indices` с соответствующей пометкой и исключаются из дальнейшего расчёта индивидуальных интегральных показателей. Сотрудник подразделения оценки получает в веб-интерфейсе подсистемы перечень таких результатов с возможностью просмотра деталей (значений Z_{ij} по отдельным заданиям, индекса несоответствия профиля) и принятия решения о повторном тестировании сотрудника либо учёте результата с соответствующей оговоркой в заключении.

Принципиально важно, что результат, помеченный как требующий рассмотрения, не подвергается автоматической отбраковке: окончательное решение о его учёте или исключении принимается сотрудником подразделения оценки. Указанный подход соответствует ограничению, сформулированному в подразделе 1.4 о вероятностном характере математического аппарата контроля добросовестности, и обеспечивает корректность работы с персональными данными в значении Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ [1].

Алгоритм агрегации индивидуальных показателей в интегральную оценку реализует выражения (1.9)–(1.12). На вход алгоритма поступает совокупность приведённых к Т-шкале баллов S_{in} сотрудника по всем оценочным инструментам проекта, по результатам прохождения которых получено заключение о достоверности. Веса инструментов w_n берутся из набора параметров обработки (поле `instrument_weights` таблицы `processing_parameters`); их соответствие условиям (1.11) проверяется при вводе и при загрузке параметров. Интегральный показатель I_i рассчитывается как взвешенная сумма по выражению (1.10).

В случае, когда у сотрудника часть результатов прохождения была исключена из обработки по итогам контроля достоверности, расчёт

интегрального показателя выполняется по сокращённому составу инструментов. При этом веса оставшихся инструментов перенормируются так, чтобы их сумма была равна единице, по выражению (2.6):

$$w'_n = \frac{w_n}{\sum_m w_m}, \quad (2.6)$$

где w'_n – перенормированный весовой коэффициент n-го инструмента; w_n – исходный весовой коэффициент n-го инструмента; m – индекс инструмента в множестве инструментов с достоверными результатами.

Перечень инструментов, использованных в расчёте, сохраняется в поле `instruments_used` таблицы `performance_scores`; перечень инструментов, исключённых по результатам контроля достоверности, – в поле `instruments_excluded`. При исключении более половины инструментов из обработки результат сотрудника помечается особой меткой и не подвергается категоризации до выполнения повторного тестирования либо явного решения сотрудника подразделения оценки об учёте результата на сокращённом составе данных.

Категоризация сотрудников по полученным интегральным показателям выполняется по выражению (1.12). Пороговые значения I_h и I_l берутся из параметров обработки (поле `category_thresholds` таблицы `processing_parameters`). При типичных значениях параметров ($I_h = 60$, $I_l = 40$ в Т-шкале) категория «высокий уровень» соответствует значениям интегрального показателя, превышающим на одно стандартное отклонение среднее значение нормативной группы, категория «требуется развития» – значениям, лежащим ниже среднего на одно стандартное отклонение, категория «средний уровень» – промежуточным значениям.

Алгоритм расчёта групповых показателей реализует выражение (1.13) и дополнительные процедуры формирования распределений и ранжирований.

На вход алгоритма поступает совокупность индивидуальных интегральных показателей сотрудников, относящихся к одной группе (подразделению компании-заказчика или компании в целом). Расчёт выполняется средствами библиотеки `pandas`, штатные средства которой обеспечивают группировку данных по произвольным признакам и применение агрегирующих функций. Для каждой группы рассчитываются: среднее значение интегрального показателя по выражению (1.13); стандартное отклонение; квартили распределения; распределение сотрудников по качественным категориям. Ранжирование сотрудников выполняется сортировкой по убыванию значения интегрального показателя в пределах группы.

Все рассчитанные групповые показатели сохраняются в таблице `group_indicators` в нормализованном виде: каждая запись таблицы представляет один показатель одной группы, что обеспечивает универсальность хранения и возможность добавления новых видов групповых показателей без модификации структуры таблицы. Распределения сохраняются в поле `distribution` в формате `jsonb`, что соответствует переменности их состава.

Способы задания и калибровки параметров обработки. Параметры обработки проекта (весовые коэффициенты инструментов, пороги категоризации, пороги контроля достоверности) задаются сотрудником подразделения оценки в веб-интерфейсе подсистемы при формировании запуска обработки. Подсистема предлагает значения параметров по умолчанию, рассчитанные на основании следующих принципов: равновкладные веса оценочных инструментов в составе проекта ($w_n = 1/N$ для всех n); пороги категоризации, основанные на полуторакратном стандартном отклонении Т-шкалы ($I_h = 65$, $I_l = 35$); пороговое значение индекса достоверности $D_{кр} = 0,7$; равновкладные веса частных признаков аномальности ($\beta_1 = \beta_2 = 0,5$). При наличии у проекта типового шаблона,

заранее заданного методологом, значения параметров берутся из шаблона. Сотрудник подразделения оценки имеет возможность скорректировать любые значения параметров до запуска обработки.

Калибровка параметров на основе анализа накопленных данных в настоящей работе не реализуется как самостоятельная функция подсистемы – данное направление является перспективным для последующего развития подсистемы и может быть реализовано в виде отдельного модуля анализа исторических данных проектов. Текущая реализация ограничивается экспертным заданием параметров с возможностью сохранения наборов параметров для повторного применения в однотипных проектах.

К проектным решениям, принятым при разработке математического обеспечения подсистемы, относятся следующие.

Решение о применении метода Ньютона–Рафсона для численной оценки уровня способности по теории ответа на пункт обусловлено квадратичной скоростью сходимости метода вблизи оптимума при гладкости функции правдоподобия и её унимодальности в типовых случаях, что обеспечивает приемлемую производительность при сохранении точности оценки.

Решение о применении штатной библиотечной процедуры `scipy.optimize.minimize_scalar` вместо самостоятельной реализации метода Ньютона–Рафсона обусловлено надёжной обработкой граничных случаев (нулевой информационной функции, расходимости процесса) средствами библиотечного кода, что снижает вероятность ошибок реализации и упрощает сопровождение.

Решение о повторном использовании значений вероятностей правильного ответа P_{ij} , полученных при оценке уровня способности, для расчёта индекса несоответствия профиля ответов обусловлено возможностью

существенного снижения вычислительной нагрузки за счёт исключения повторных расчётов одних и тех же величин.

Решение о периодическом, а не запросном обновлении нормативных характеристик времени ответов на задания обусловлено высокой стоимостью расчёта нормативных характеристик по всему объёму накопленных данных при сравнительно низкой их изменчивости от запуска к запуску.

Решение о перенормировке весов оставшихся инструментов при исключении части результатов из обработки обусловлено необходимостью сохранения единичной нормы суммы весов, обеспечивающей сопоставимость интегральных показателей разных сотрудников вне зависимости от состава исключённых инструментов.

Решение о вероятностном характере контроля добросовестности без автоматической отбраковки результатов обусловлено ограничением, сформулированным в подразделе 1.4, и требованиями корректности обработки персональных данных, не допускающими автоматического вынесения отрицательных заключений в отношении испытуемых исключительно на основании статистических признаков.

2.4 Разработка программно-технического обеспечения задачи

2.4.1 Обоснование выбора программных средств

Выбор программных средств реализации подсистемы выполнен в соответствии с проектными решениями, обоснованными в подразделе 1.3.3 настоящей работы, согласно которым подсистема разрабатывается в едином технологическом стеке с действующей платформой ST. Принципиальное проектное решение о единстве стека определяет основные программные средства реализации; настоящий подраздел детализирует выбор конкретных версий, библиотек и вспомогательных компонентов.

Критерии выбора программных средств. При выборе конкретных программных средств реализации применены следующие критерии: совместимость с программными средствами действующей платформы ST; наличие в составе средства функциональности, необходимой для реализации требований, сформулированных в подразделе 1.4; зрелость и стабильность средства, подтверждённая сроком эксплуатации в продуктивных системах; наличие активного сообщества разработчиков и документации, обеспечивающих сопровождаемость кода; открытое лицензирование, не предполагающее лицензионных отчислений; совместимость с операционной системой Linux, применяемой на серверном оборудовании предприятия. Применение перечисленных критериев обеспечивает выбор программных средств, способных как реализовать функциональные требования подсистемы, так и обеспечить её долгосрочное сопровождение силами IT-департамента предприятия.

Серверное программное обеспечение. Серверная часть подсистемы реализуется на языке программирования Python в актуальной стабильной версии (3.11 и выше). Указанная версия выбрана как обеспечивающая, с одной стороны, доступность современных языковых возможностей и улучшений производительности, с другой – широкую совместимость с программными библиотеками и долгосрочную поддержку со стороны сообщества разработчиков. В качестве веб-фреймворка применяется Django в актуальной долгосрочно поддерживаемой версии (Long Term Support, LTS). Применение LTS-версии обеспечивает стабильность интерфейсов на длительный период и наличие обновлений безопасности в течение срока поддержки.

В составе экосистемы Python подсистема использует следующие специализированные библиотеки:

- NumPy – для матричных и векторных операций, выполняемых при расчёте психометрических показателей по выражениям (1.4), (1.5), (1.9), (1.10), (1.13);
- SciPy – для численных методов оптимизации, применяемых при оценке уровня способности по выражениям (1.6)–(1.8) средствами процедуры `scipy.optimize.minimize_scalar`, описанной в подразделе 2.3;
- pandas – для обработки табличных данных проекта и расчёта групповых показателей;
- psycopg – для подключения к системе управления базами данных PostgreSQL (применяется через объектно-реляционное отображение Django);
- python-docx – для программного формирования документов сводных аналитических заключений в формате docx;
- reportlab или weasyprint – для альтернативного формирования заключений в формате pdf;
- django-rest-framework – для построения программного интерфейса серверной части, используемого клиентской частью подсистемы.

Перечисленные библиотеки являются типовыми решениями для задач рассматриваемого класса, поддерживаются активными сообществами разработчиков и распространяются под совместимыми с условиями работы лицензиями.

Клиентское программное обеспечение. Клиентская часть подсистемы реализуется на языке TypeScript с применением фреймворка Vue в актуальной версии (Vue 3 и выше). Применение TypeScript вместо чистого JavaScript обусловлено возможностью статической типизации, существенно повышающей надёжность клиентского кода и упрощающей его сопровождение, что особенно значимо при разработке интерфейса с большим количеством взаимодействующих компонентов. Версия Vue 3, основанная на API композиции (Composition API), обеспечивает более ясную структуру

компонентов и лучшую поддержку TypeScript по сравнению с предыдущей версией. В составе клиентской части применяются следующие дополнительные библиотеки:

- Pinia – для управления состоянием клиентского приложения;
- Axios – для выполнения запросов к программному интерфейсу серверной части;
- Chart.js или ECharts – для построения графических представлений сводных групповых показателей и распределений сотрудников по категориям;
- библиотека компонентов пользовательского интерфейса, согласованная с применяемой в платформе ST (выбор конкретной библиотеки определяется на этапе детального проектирования совместно с разработчиками платформы).

Система управления базами данных PostgreSQL применяется в актуальной стабильной версии (15 и выше). Выбор версии обусловлен наличием в ней штатной поддержки типа данных jsonb, оконных функций и обобщённых табличных выражений, необходимых для реализации запросов подсистемы.

Вспомогательные программные средства. Для обеспечения процессов разработки, развёртывания и эксплуатации подсистемы применяются следующие вспомогательные программные средства:

- система контроля версий Git – для управления исходным кодом подсистемы;
- средство контейнеризации Docker – для формирования образов подсистемы и упрощения её развёртывания в средах разработки и эксплуатации;
- веб-сервер Nginx – для обслуживания запросов от клиентов и проксирования запросов к серверной части Django;

- сервер приложений Gunicorn – для запуска серверной части Django в продуктивной среде;
- средство планирования задач (Celery с брокером Redis либо аналогичное) – для асинхронного выполнения длительных операций обработки проектов, не блокирующего веб-интерфейс пользователя.

Сводный перечень программных средств реализации подсистемы приведён в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Перечень программных средств реализации подсистемы

Компонент	Программное средство	Версия	Назначение
Серверный язык программирования	Python	3.11 и выше	Реализация серверной части
Серверный веб-фреймворк	Django	LTS	Обработка запросов, ORM, аутентификация
Программный интерфейс	django-rest-framework	актуальная	Построение REST-интерфейса
Научные вычисления	NumPy	актуальная	Матричные и векторные операции
Научные вычисления	SciPy	актуальная	Численные методы
Обработка табличных данных	pandas	актуальная	Расчёт групповых показателей
Подключение к СУБД	psycopg	актуальная	Доступ к PostgreSQL
Формирование документов docx	python-docx	актуальная	Формирование заключений в формате docx
Формирование документов pdf	weasyprint	актуальная	Формирование заключений в формате pdf
Клиентский язык программирования	TypeScript	5.0 и выше	Реализация клиентской части
Клиентский фреймворк	Vue	3 и выше	Построение пользовательского интерфейса

Управление состоянием клиента	Pinia	актуальная	Хранение состояния клиентского приложения
Клиентская библиотека HTTP-запросов	Axios	актуальная	Взаимодействие с серверной частью
Построение графиков	ECharts	актуальная	Графическое представление показателей
Система управления базами данных	PostgreSQL	15 и выше	Хранение данных подсистемы
Операционная система серверов	Linux (Ubuntu Server)	LTS	Среда функционирования серверной части
Веб-сервер	Nginx	актуальная	Обслуживание клиентских запросов
Сервер приложений	Gunicorn	актуальная	Запуск серверной части
Контейнеризация	Docker	актуальная	Упаковка и развёртывание
Планирование асинхронных задач	Celery + Redis	актуальная	Асинхронное выполнение длительных операций
Система контроля версий	Git	актуальная	Управление исходным кодом

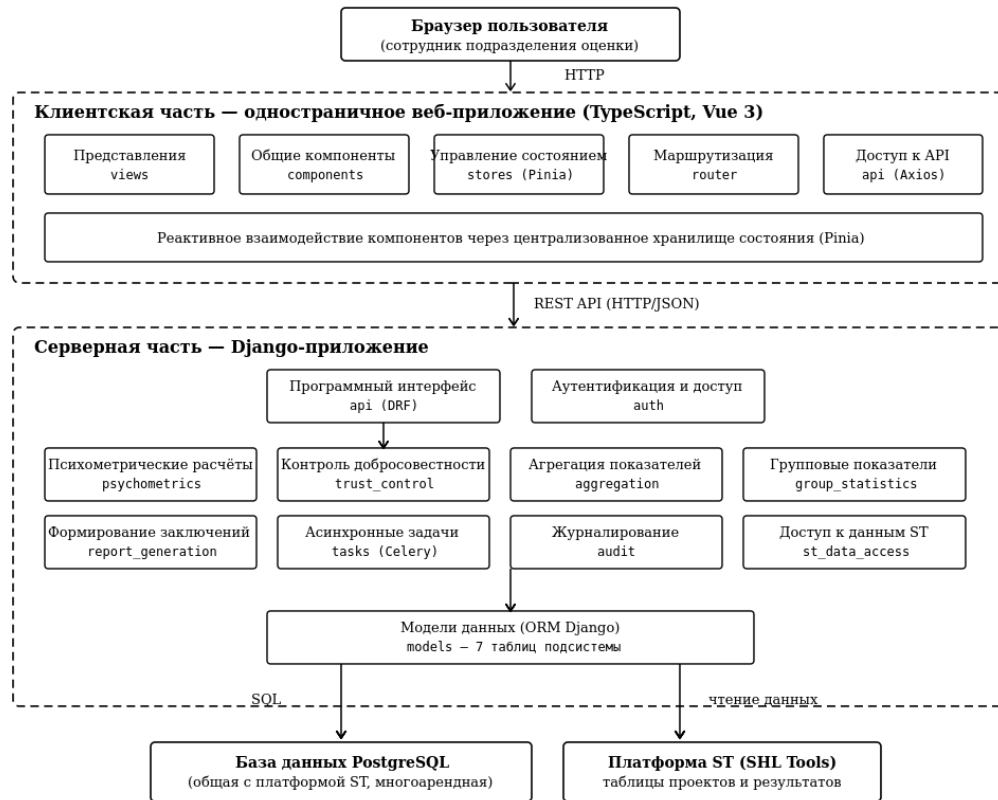
Перечисленные программные средства образуют согласованный технологический стек, обеспечивающий реализацию всех функциональных требований подсистемы, её интеграцию в единую программно-техническую среду предприятия и сопровождение силами IT-департамента.

2.4.2 Структура программного продукта

Программный продукт, реализующий разрабатываемую подсистему, представляет собой совокупность связанных программных компонентов, образующих три функциональные подсистемы, выделенные при разработке функциональной структуры в подразделе 2.1: подсистему обработки данных (серверная часть), подсистему формирования отчётности (серверная часть) и

подсистему взаимодействия с пользователем (клиентская часть).
Компонентная архитектура подсистемы представлена на рисунке 2.7.

[Рисунок 2.7 – Компонентная архитектура подсистемы]



Обозначения: □ – программный компонент; □ – внешний элемент; { } – функциональный слой подсистемы.
Сплошные стрелки – направление обращения компонентов; курсивом (моноширинным) указаны программные имена модулей.

Серверная часть подсистемы реализуется в виде Django-приложения, размещённого в составе общего проекта Django действующей платформы ST либо как отдельный Django-проект, использующий ту же базу данных. Выбор между указанными вариантами определяется на этапе детального проектирования совместно с разработчиками платформы и зависит от принятых в IT-департаменте практик организации кода. С точки зрения функциональности подсистемы оба варианта эквивалентны.

Структура серверной части включает следующие модули, организованные в соответствии с типовой архитектурой Django-приложения.

Модуль моделей данных (models). Содержит описания таблиц подсистемы, спроектированных в подразделе 2.2, в виде классов моделей Django, реализующих объектно-реляционное отображение. Каждой из семи таблиц подсистемы (processing_runs, processing_parameters, trust_indices, performance_scores, group_indicators, summary_conclusions, audit_log) соответствует один класс модели. Связи между таблицами реализуются стандартными средствами Django (ForeignKey). Ссылки на сущности платформы ST реализуются полями типа BigIntegerField без формального ограничения внешнего ключа, что обеспечивает независимость структуры подсистемы от изменений структуры платформы.

Модуль доступа к данным платформы ST (st_data_access). Реализует получение первичных данных проекта из таблиц платформы ST. Доступ выполняется через объектно-реляционное отображение Django: если подсистема размещена в едином проекте с платформой, используются модели платформы; в противном случае создаются «зеркальные» модели подсистемы, ссылающиеся на те же таблицы базы данных в режиме только для чтения. Модуль содержит функции получения данных проекта целиком, отдельного результата прохождения, нормативно-справочной информации оценочных инструментов. Все запросы содержат условие фильтрации по идентификатору проекта, обеспечивающее соблюдение модели многоарендности.

Модуль расчёта психометрических показателей (psychometrics). Реализует алгоритмы расчёта стандартизованных индивидуальных показателей по моделям классической теории тестов и теории ответа на пункт, описанные в подразделе 2.3. В составе модуля выделены подмодули по типам моделей: подмодуль classical для расчётов СТТ (стандартизация по выражению 1.4, преобразование в Т-шкалу по выражению 1.5); подмодуль irt для расчётов ИРТ (численная оценка уровня способности по выражениям 1.6–1.8 средствами библиотеки SciPy, приведение к Т-шкале по выражению

1.9, расчёт стандартной ошибки оценки по выражению 2.4). Векторизованные вычисления реализуются средствами библиотеки NumPy.

Модуль контроля добросовестности (`trust_control`). Реализует алгоритм контроля добросовестности прохождения, описанный в подразделе 2.3. В составе модуля выделены процедуры: расчёт нормативных характеристик времени ответов на задания (выполняется периодически); расчёт стандартизованных отклонений времени ответов и выявление аномалий по выражениям 1.14, 1.15; расчёт индекса несоответствия профиля ответов по выражениям 1.16, 2.5; расчёт итогового индекса достоверности по выражению 1.17 и формирование заключения по выражению 1.18.

Модуль агрегации показателей (`aggregation`). Реализует расчёт интегральных индивидуальных показателей сотрудников по выражениям 1.10, 1.11 (с возможной перенормировкой весов по выражению 2.6) и категоризацию сотрудников по выражению 1.12. Содержит процедуры обработки случаев исключения части результатов из обработки.

Модуль расчёта групповых показателей (`group_statistics`). Реализует расчёт сводных показателей по подразделениям и компании-заказчику по выражению 1.13, формирование распределений сотрудников по категориям и ранжирования. Средствами библиотеки `pandas` обеспечивается группировка данных и применение агрегирующих функций.

Модуль формирования заключений (`report_generation`). Реализует подсистему формирования отчётности, выделенную в подразделе 2.1. Содержит процедуры формирования сводного аналитического заключения по проекту в форматах `docx` и `pdf` средствами библиотек `python-docx` и `weasyprint`. Шаблоны заключений хранятся в файловой системе подсистемы и применяются с подстановкой расчётных данных. В составе модуля выделены подпроцедуры формирования отдельных разделов заключения (титального листа, индивидуальных результатов, сводных показателей, ранжирования).

Модуль программного интерфейса (api). Реализует REST-интерфейс серверной части подсистемы, через который клиентская часть взаимодействует с серверной. Реализация выполняется средствами `django-rest-framework`, предоставляющего штатные средства сериализации данных моделей, обработки HTTP-запросов и формирования ответов. Состав конечных точек интерфейса определяется потребностями клиентской части и включает группы операций: управление параметрами обработки (создание, чтение, обновление наборов параметров); управление запусками обработки (запуск, отмена, получение статуса, получение результатов); получение расчётных показателей (индивидуальных, групповых, индексов достоверности); формирование и выгрузка заключений; получение записей журнала операций.

Модуль аутентификации и разграничения доступа (auth). Реализует проверку прав пользователя при обращении к программному интерфейсу. При единстве с платформой ST подсистема использует штатные механизмы аутентификации платформы (сессионная аутентификация Django либо токенная аутентификация), что обеспечивает прозрачность работы для пользователей и единство учётных записей. Разграничение доступа реализуется на уровне отдельных операций программного интерфейса с проверкой принадлежности обрабатываемых данных к компании-заказчику пользователя.

Модуль журналирования (audit). Реализует ведение журнала операций обработки в таблице `audit_log`. Журналирование подключается к ключевым операциям подсистемы через стандартные средства Django (декораторы и сигналы), что обеспечивает единство кода журналирования и снижает вероятность пропуска фиксации операций.

Модуль асинхронных задач (tasks). Реализует длительные операции обработки в виде асинхронных задач Celery, выполняемых в отдельных процессах. К таким операциям относятся: полная обработка проекта

(получение данных, контроль достоверности, расчёт показателей); формирование сводного аналитического заключения в формате pdf или docx; периодический пересчёт нормативных характеристик времени ответов. Применение асинхронной модели исполнения обеспечивает отзывчивость веб-интерфейса при выполнении длительных операций: пользователь, инициировав запуск обработки, получает немедленный ответ о принятии задачи и далее отслеживает её выполнение через периодический опрос статуса либо средствами WebSocket-уведомлений.

Клиентская часть подсистемы реализуется в виде одностраничного веб-приложения (Single Page Application, SPA) на стеке TypeScript и Vue 3. Структура клиентской части соответствует типовой архитектуре Vue-приложения и включает следующие группы компонентов.

Группа компонентов представления (views) объединяет компоненты, соответствующие основным экранным формам подсистемы. К ней относятся: компонент списка проектов оценки, доступных пользователю (ProjectsListView); компонент карточки проекта с историей запусков обработки (ProjectDetailView); компонент настройки параметров обработки проекта (ProcessingParametersView); компонент просмотра результатов запуска обработки (RunResultsView); компонент детального просмотра индивидуальных результатов сотрудников (CandidateScoresView); компонент просмотра групповых показателей (GroupIndicatorsView); компонент работы с результатами, требующими рассмотрения (ReviewRequiredView); компонент формирования и выгрузки сводного заключения (ConclusionView); компонент просмотра журнала операций (AuditLogView).

Группа компонентов общего назначения (components) объединяет переиспользуемые элементы интерфейса, применяемые в нескольких представлениях. К ней относятся компоненты табличного представления данных с поддержкой сортировки и фильтрации, формы ввода параметров обработки с валидацией, графические компоненты построения диаграмм

распределений сотрудников по категориям и гистограмм значений интегральных показателей средствами библиотеки ECharts, компоненты отображения статуса асинхронных задач, компоненты модальных диалогов подтверждения действий.

Группа модулей управления состоянием (stores) реализует хранение состояния клиентского приложения средствами библиотеки Pinia. В составе группы выделены отдельные хранилища: хранилище аутентификации (сведения о текущем пользователе и его правах); хранилище проектов (список доступных проектов, текущий выбранный проект); хранилище запусков обработки (список запусков по текущему проекту, статусы выполняющихся задач); хранилище параметров обработки (текущие параметры, сохранённые наборы параметров). Применение централизованного хранилища обеспечивает согласованность отображения данных в разных компонентах и упрощает реализацию реактивного обновления интерфейса при изменении данных на сервере.

Группа модулей доступа к программному интерфейсу (api) объединяет процедуры обращения к серверной части подсистемы. Все запросы выполняются средствами библиотеки Axios с применением единых перехватчиков для добавления аутентификационных заголовков, обработки сетевых ошибок и преобразования формата данных. Структура группы соответствует составу конечных точек REST-интерфейса серверной части.

Группа модулей маршрутизации (router) реализует навигацию между представлениями средствами штатного маршрутизатора Vue Router. В составе группы определены маршруты, соответствующие основным экранам подсистемы, и правила доступа к ним в зависимости от прав пользователя.

2.4.3 Описание интерфейса пользователя

Пользовательский интерфейс подсистемы спроектирован исходя из основного сценария работы сотрудника подразделения оценки – обработки очередного проекта оценки и формирования сводного аналитического заключения для компании-заказчика. Интерфейс ориентирован на пошаговое выполнение действий с возможностью возврата к предыдущим шагам и сохранения промежуточных результатов. Общие принципы организации интерфейса: единство визуального стиля с действующей платформой ST, обеспечиваемое применением согласованной библиотеки компонентов; информационная плотность, достаточная для эффективной работы, без избыточной детализации в основных представлениях; явное указание прогресса выполнения операций; предоставление возможностей навигации по результатам обработки с разных уровней детализации (от общих сводных показателей до индивидуальных результатов отдельного сотрудника по отдельному заданию).

Типовой сценарий работы сотрудника подразделения оценки включает следующие шаги.

Шаг 1. Сотрудник входит в подсистему с использованием своих учётных данных платформы ST. После аутентификации сотрудник попадает на главную форму подсистемы, представляющую список проектов оценки, доступных ему в соответствии с его правами.

Шаг 2. Сотрудник выбирает проект, по которому необходимо сформировать сводное аналитическое заключение. Подсистема отображает карточку проекта с основными сведениями (наименование, компания-заказчик, цель оценки, состав применённых оценочных инструментов, число сотрудников проекта) и историей ранее выполненных запусков обработки.

Шаг 3. Сотрудник инициирует новый запуск обработки. Подсистема предлагает форму настройки параметров обработки с предварительно заполненными значениями по умолчанию. Сотрудник имеет возможность скорректировать значения параметров либо применить ранее сохранённый набор. После подтверждения параметров запуск обработки переводится в очередь асинхронного выполнения.

Шаг 4. Сотрудник наблюдает за выполнением обработки на форме статуса запуска. По завершении обработки подсистема отображает сводку результатов: число обработанных результатов, число результатов, отнесённых к категории требующих рассмотрения, общее время обработки.

Шаг 5. При наличии результатов, требующих рассмотрения, сотрудник переходит к их обработке. На форме списка таких результатов отображаются индексы достоверности, частные показатели аномальности (число выявленных аномалий времени ответов, индекс несоответствия профиля), сведения о сотруднике, инструменте и проекте. По каждому такому результату сотрудник принимает одно из решений: исключить результат из формирования сводной оценки, учесть результат в сводной оценке с пометкой, инициировать повторное прохождение инструмента сотрудником. Принятые решения фиксируются в подсистеме.

Шаг 6. Сотрудник переходит к просмотру рассчитанных показателей эффективности. На форме индивидуальных показателей отображаются интегральные показатели всех сотрудников проекта с указанием качественной категории, состава учтённых и исключённых инструментов. На форме групповых показателей отображаются сводные показатели по подразделениям компании-заказчика и компании в целом с графическими представлениями распределений.

Шаг 7. Сотрудник формирует сводное аналитическое заключение. На форме формирования заключения выбирается формат итогового документа

(docx или pdf) и подтверждается состав включаемых разделов. Формирование документа выполняется в асинхронном режиме; по его завершении сформированный файл доступен для выгрузки. Факт формирования заключения и его передачи компании-заказчику фиксируется в подсистеме.

Помимо основного сценария, подсистема поддерживает следующие дополнительные сценарии: повторное выполнение обработки проекта с изменёнными параметрами (при сохранении истории всех ранее выполненных запусков); сравнение результатов двух разных запусков обработки одного проекта; просмотр журнала операций по проекту в целях аудита.

Основные экранные формы подсистемы согласованы по компоновке: верхняя часть формы содержит навигационные элементы (хлебные крошки, переключатель проектов), центральная часть – основное содержание формы, правая часть – контекстную панель с дополнительной информацией и доступом к действиям. Описание основных экранных форм приведено в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Состав основных экранных форм подсистемы

Экранная форма	Назначение	Основные элементы
Список проектов	Выбор проекта для обработки	Таблица проектов с фильтрацией; колонки: наименование, компания, состояние, число запусков
Карточка проекта	Сведения о проекте и история обработок	Атрибуты проекта; таблица запусков обработки; кнопка инициации нового запуска
Настройка параметров обработки	Задание параметров для нового запуска	Форма ввода весов, порогов; выбор сохранённого набора; валидация значений
Статус запуска обработки	Отслеживание выполнения обработки	Индикатор прогресса; сводка результатов; кнопки перехода к результатам

Результаты, требующие рассмотрения	Принятие решений по подозрительным результатам	Таблица результатов с индексами достоверности; форма принятия решения; детальный просмотр
Индивидуальные показатели	Просмотр интегральных оценок сотрудников	Таблица сотрудников с показателями; гистограмма распределения; ранжирование
Групповые показатели	Просмотр сводных показателей по группам	Сводная таблица групп; графические представления распределений
Формирование заключения	Подготовка итогового документа	Выбор формата; подтверждение состава; индикатор прогресса формирования; кнопка выгрузки
Журнал операций	Просмотр истории операций обработки	Таблица записей журнала; фильтрация по типам и периодам; экспорт

Эскизы основных экранных форм представлены на рисунках 2.8-2.11.

[Рисунки 2.8 – 2.11 – Эскизы основных экранных форм подсистемы]

Подсистема аналитической обработки			
▼ проект			
Проекты			
Поиск / фильтр...			
Наименование	Компания	Состояние	Запуски
Оценка резерва 2026	ООО «Альфа»	обработан	3
Подбор ИТ-отдел	АО «Бета»	новый	0
Аттестация филиала	ПАО «Гамма»	обработан	1
Развитие персонала	ООО «Дельта»	в работе	2
а) Список проектов			

Настройка параметров обработки

Проекты ▶ Оценка резерва 2026 ▶ Параметры

Весовые коэффициенты инструментов

Пороги категоризации

Порог индекса достоверности

Сохранённые наборы

- По умолчанию
- Резерв (строгий)
- Массовый подбор

б) Настройка параметров обработки

Результаты, требующие рассмотрения

Проекты ▶ Оценка резерва 2026 ▶ Запуск №3 ▶ Рассмотрение

Обработано: 48 Требуют рассмотрения: 5 Время: 2 мин 14 с

Сотрудник	Инструмент	Индекс D _i	Решение
Иванов И. И.	Числовой	0,42	<input type="button" value="Исключить"/>
Петров П. П.	Вербальный	0,55	<input type="button" value="Учесть с пометкой"/>
Сидоров С. С.	Логический	0,61	<input type="button" value="Повторно"/>
Кузнецов А. А.	Числовой	0,38	
			Аномалий: 4 Несоотв.: 0,57

в) Результаты, требующие рассмотрения

Настройка параметров обработки

Проекты ▶ Оценка резерва 2026 ▶ Параметры

Весовые коэффициенты инструментов

Пороги категоризации

Порог индекса достоверности

Запустить обработку

Сохранить набор

Сохранённые наборы

- По умолчанию
- Резерв (строгий)
- Массовый подбор

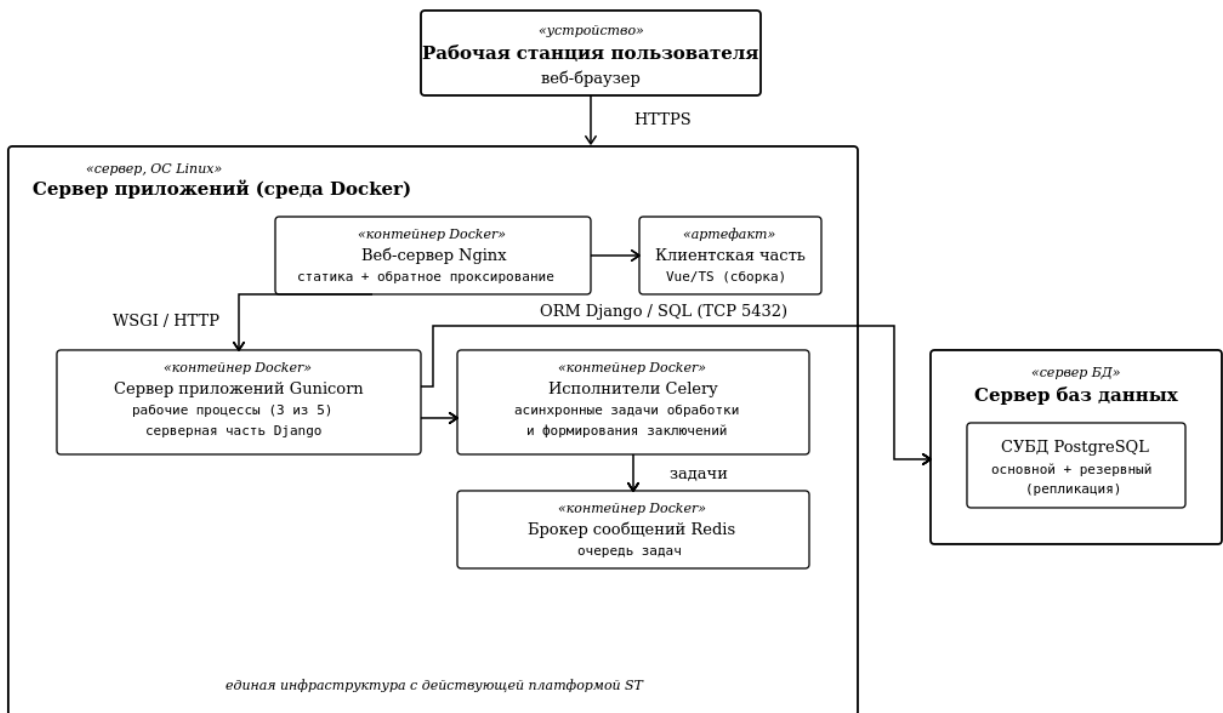
б) Настройка параметров обработки

Схема развёртывания подсистемы. Программно-техническое развёртывание подсистемы реализуется в среде Linux на серверном оборудовании предприятия, в составе общей инфраструктуры с действующей платформой ST. Применение технологии контейнеризации Docker обеспечивает упаковку всех компонентов подсистемы (серверная часть Django, асинхронные исполнители Celery, брокер сообщений Redis, клиентское статическое содержимое) в виде образов, что упрощает развёртывание и обновление подсистемы. Перед серверной частью развёртывается веб-сервер Nginx, выполняющий следующие функции: обслуживание клиентских HTTP-запросов; раздача статического содержимого клиентской части (собранного TypeScript/Vue-приложения); проксирование запросов к программному интерфейсу серверной части. Серверная часть Django запускается под управлением сервера приложений Gunicorn в нескольких рабочих процессах, число которых определяется характеристиками серверного оборудования. Асинхронные задачи Celery выполняются в отдельных процессах-исполнителях с применением брокера сообщений Redis. Доступ к базе данных PostgreSQL осуществляется средствами объектно-реляционного отображения Django; база данных размещается либо на том же сервере, что и серверная часть подсистемы, либо

на выделенном сервере баз данных, что определяется существующей инфраструктурой платформы ST.

Схема развёртывания подсистемы в среде эксплуатации представлена на рисунке 2.12.

[Рисунок 2.12 – Схема развёртывания подсистемы]



Обозначения: □ — узел (сервер / устройство); □ — контейнер Docker / артефакт; — — канал взаимодействия.
Стереотипы в «кавычках» обозначают тип элемента развёртывания; рядом с каналами указаны применяемые протоколы.

К проектным решениям, принятым при разработке программно-технического обеспечения подсистемы, относятся следующие.

Решение о реализации серверной части в виде Django-приложения с возможностью размещения как в едином проекте с платформой ST, так и в виде отдельного проекта обусловлено гибкостью применения и зависимостью конкретного варианта от организационных практик IT-департамента. Функциональная эквивалентность обоих вариантов снимает необходимость принятия решения на этапе настоящего проектирования.

Решение о применении одностраничной архитектуры клиентской части обусловлено характером работы с подсистемой, предполагающим частые переключения между связанными представлениями данных одного проекта без необходимости полной перезагрузки страницы при каждом переключении, что обеспечивает отзывчивость интерфейса.

Решение об асинхронном выполнении длительных операций обработки средствами Celery обусловлено необходимостью сохранения отзывчивости веб-интерфейса при выполнении операций, занимающих заметное время (полная обработка проекта, формирование документа заключения). Альтернативный подход с синхронным выполнением операций в рамках обработки HTTP-запроса отклонён ввиду риска превышения тайм-аутов запросов и блокировки рабочих процессов сервера приложений.

Решение об использовании контейнеризации Docker для развёртывания подсистемы обусловлено упрощением процедур развёртывания и обновления, обеспечением согласованности окружения между средами разработки и эксплуатации, изоляцией компонентов подсистемы друг от друга и от других программных средств серверного оборудования.

Решение о применении сессионной аутентификации Django либо токеновой аутентификации, согласованной с применяемой в платформе ST, обусловлено единством учётных записей и обеспечением прозрачности перехода между подсистемой и платформой для пользователей.

2.5 Расчет надежности ИС

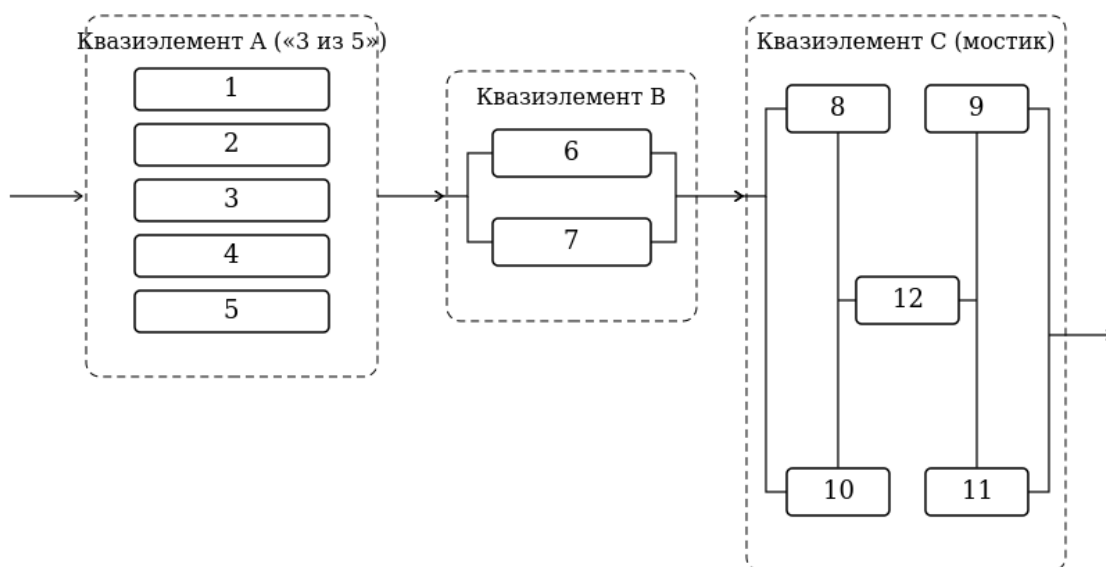
Расчёт надёжности разрабатываемой информационной подсистемы выполнен в соответствии с методикой расчёта структурной надёжности систем, изложенной в работах [4, 9, 10, 11]. Согласно принятому подходу, надёжность подсистемы определяется надёжностью её отдельных компонентов и характером их соединения с точки зрения влияния отказа компонента на работоспособность подсистемы в целом. Все компоненты

подсистемы рассматриваются как функционирующие в режиме нормальной эксплуатации, при котором имеет место простейший поток отказов и наработка на отказ подчиняется экспоненциальному распределению [5].

Построение структурно-логической схемы надёжности подсистемы выполнено на основе анализа состава программных и технических компонентов, описанных в подразделе 2.4 настоящей работы, и характера их влияния на работоспособность подсистемы. Существенно влияющими на работоспособность приняты следующие компоненты: рабочие процессы сервера приложений Gunicorn, реализующие серверную часть подсистемы; система управления базами данных PostgreSQL; брокер сообщений Redis; модуль асинхронных задач Celery; веб-сервер Nginx; серверное оборудование; сетевая инфраструктура. В отличие от схемы с чисто последовательным соединением всех компонентов, в проекте подсистемы предусмотрено резервирование наиболее критичных компонентов штатными средствами применяемых программных средств, что отражено в структурно-логической схеме надёжности и учтено при расчёте.

Резервирование организовано следующим образом. Сервер приложений Gunicorn запускается в пяти рабочих процессах, для функционирования подсистемы достаточно работы любых трёх из них, что соответствует системе типа «3 из 5» (элементы 1–5). Система управления базами данных PostgreSQL функционирует в конфигурации основного и резервного экземпляров со штатной репликацией, что соответствует параллельному соединению двух элементов (элементы 6, 7). Брокер сообщений Redis, модуль асинхронных задач Celery, веб-сервер Nginx, серверное оборудование и сетевая инфраструктура образуют группу инфраструктурных элементов (элементы 8–12), соединённых по мостиковой схеме, обеспечивающей сохранение работоспособности при отказе отдельных элементов за счёт перекрёстных связей между основным и резервным инфраструктурными трактами.

[Рисунок 2.13 – Структурно-логическая схема надёжности подсистемы]



Обозначения элементов схемы:

1-5 — рабочие процессы сервера приложений Gunicorn (группа «3 из 5»);
 6, 7 — экземпляры СУБД PostgreSQL (основной и резервный, параллельно);
 8 — Nginx; 9 — Redis; 10 — Celery; 11 — серверное оборудование; 12 — сетевая инфраструктура.

Значения интенсивности отказов компонентов приняты на основании справочных данных, приведённых в литературе по эксплуатации информационных систем [11], и представлены в таблице 2.13. Внутри каждой группы элементы приняты равнонадёжными.

Таблица 2.13 – Интенсивности отказов компонентов подсистемы

Элемент	Компонент	$\lambda, *10^{-6} \text{ 1/ч}$
1–5	Рабочие процессы сервера приложений Gunicorn (группа «3 из 5»)	8,0
6, 7	Экземпляры СУБД PostgreSQL (основной и резервный, параллельно)	3,0
8–12	Инфраструктурные элементы (Nginx, Redis, Celery, серверное оборудование, сетевая инфраструктура), образующие мостиковую схему	4,0

Требуемое значение вероятности безотказной работы подсистемы γ принято равным 90 % ($P\gamma = 0,9$), что соответствует типовым требованиям к информационным системам коммерческого назначения [10].

Преобразование структурно-логической схемы к виду, допускающему расчёт, выполнено методом последовательной замены групп элементов квазиэлементами.

Элементы 1–5 образуют систему типа «3 из 5». Заменяем их квазиэлементом А. Поскольку элементы равнонадёжны ($P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = p_1$), вероятность безотказной работы квазиэлемента А определяется по формуле для системы «m из n» при $m = 3, n = 5$ [9]:

$$P_A = \sum C_5^k p_1^k (1 - p_1)^{5-k} = 10 p_1^3 - 15 p_1^4 + 6 p_1^5, \quad (2.7)$$

где суммирование ведётся по $k = 3, 4, 5$; p_1 – вероятность безотказной работы одного рабочего процесса сервера приложений.

Элементы 6 и 7 (основной и резервный экземпляры PostgreSQL) образуют параллельное соединение. Заменяем их квазиэлементом В. Так как $P_6 = P_7 = p_6$, вероятность безотказной работы квазиэлемента В определяется по формуле для параллельного соединения [9]:

$$P_B = 1 - (1 - p_6)^2, \quad (2.8)$$

где p_6 – вероятность безотказной работы одного экземпляра СУБД.

Инфраструктурные элементы 8–12 образуют мостиковую схему, которую заменяем квазиэлементом С. Для расчёта вероятности безотказной работы мостиковой схемы применяется метод разложения относительно особого (диагонального) элемента 12 [9]:

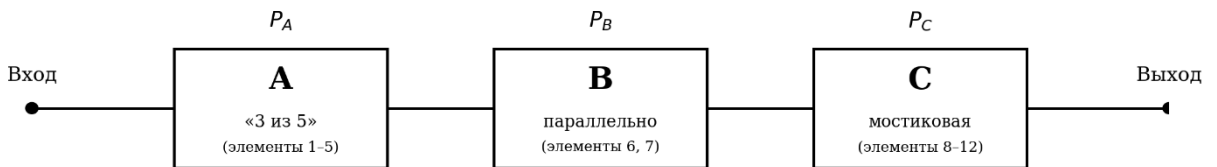
$$P_C = P_{12} (P_8 + P_9 - P_8P_9)(P_{10} + P_{11} - P_{10}P_{11}) + (1 - P_{12})(P_8P_{10} + P_9P_{11} - P_8P_9P_{10}P_{11}), \quad (2.9)$$

где $P_8 \dots P_{12}$ – вероятности безотказной работы инфраструктурных элементов; при равной надёжности элементов $P_8 = \dots = P_{12} = p_{\text{инф}}$.

После замены групп элементов квазиэлементами А, В и С структурно-логическая схема приводится к последовательному соединению трёх квазиэлементов. Вероятность безотказной работы всей подсистемы определяется по формуле для последовательного соединения [9]:

$$P = P_A \cdot P_B \cdot P_C, \quad (2.10)$$

[Рисунок 2.14 – Преобразованная структурно-логическая схема надёжности подсистемы (последовательное соединение квазиэлементов А, В, С)]



$$P = P_A \cdot P_B \cdot P_C$$

Так как все элементы работают в режиме нормальной эксплуатации и наработка на отказ подчиняется экспоненциальному распределению, вероятность безотказной работы каждого элемента рассчитывается по выражению [9]:

$$P_i = \exp(-\lambda_i t), \quad (2.11)$$

где λ_i – интенсивность отказов i -го элемента, $1/\text{ч}$; t – наработка, ч.

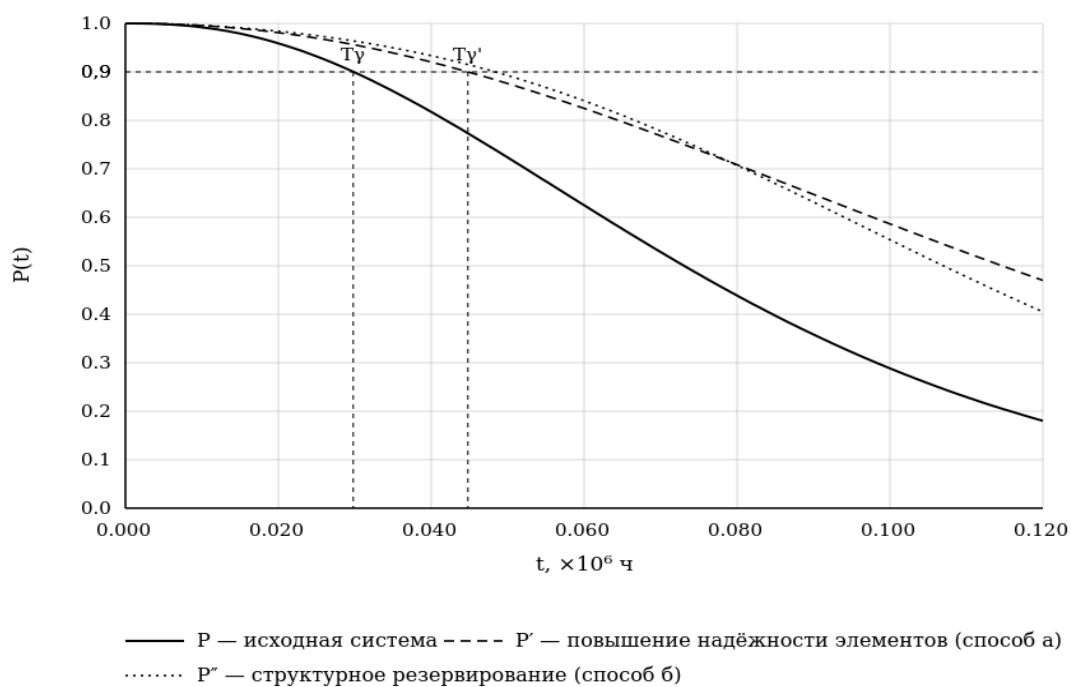
Результаты расчёта вероятностей безотказной работы элементов, квазиэлементов А, В, С и подсистемы в целом по выражениям (2.7)–(2.11) для диапазона наработки от 0 до $0,3 \cdot 10^6$ ч приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Расчёт вероятности безотказной работы подсистемы

$t, \times 10^6$ ч	P_{1-5}	P_{PG}	$P_{\text{инф}}$	P_A	P_B	P_C	P
--------------------	-----------	----------	------------------	-------	-------	-------	-----

0.000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.01	0.9231	0.9704	0.9608	0.9960	0.9991	0.9968	0.9919
0.02	0.8521	0.9418	0.9231	0.9744	0.9966	0.9874	0.9589
0.03	0.7866	0.9139	0.8869	0.9313	0.9926	0.9723	0.8988
0.0448	0.6988	0.8742	0.8359	0.8353	0.9842	0.9407	0.7734
0.06	0.6188	0.8353	0.7866	0.7145	0.9729	0.8990	0.6249
0.08	0.5273	0.7866	0.7261	0.5511	0.9545	0.8340	0.4387
0.11	0.4148	0.7189	0.6440	0.3433	0.9210	0.7252	0.2293
0.15	0.3012	0.6376	0.5488	0.1647	0.8687	0.5790	0.0828
0.2	0.2019	0.5488	0.4493	0.0594	0.7964	0.4180	0.0198
0.3	0.0907	0.4066	0.3012	0.0065	0.6478	0.1999	0.0008

[Рисунок 2.15 – График зависимости вероятности безотказной работы подсистемы от времени наработки]



По данным таблицы 2.14 и графику рисунка 2.15 определяется гамма-процентная наработка подсистемы. Для $\gamma = 90\%$ ($P_\gamma = 0,9$) гамма-процентная наработка T_γ составляет приблизительно $0,030 \cdot 10^6$ ч (30 000 ч); проверочный расчёт при $t = 0,030 \cdot 10^6$ ч даёт $P = 0,8988 \approx 0,9$.

В соответствии с заданием на расчёт надёжности требуется обеспечить увеличение гамма-процентной наработки подсистемы не менее чем в 1,5 раза двумя способами: повышением надёжности элементов и структурным резервированием. Повышенная гамма-процентная наработка составляет $T_\gamma' = 1,5 \cdot T_\gamma = 1,5 \cdot 0,030 \cdot 10^6 \approx 0,045 \cdot 10^6$ ч (45 000 ч).

Определение наиболее ненадёжного звена подсистемы. Расчёт по таблице 2.14 при наработке $T_\gamma' \approx 0,045 \cdot 10^6$ ч показывает следующие значения вероятностей безотказной работы квазиэлементов: $P_A = 0,835$, $P_B = 0,984$, $P_C = 0,941$. Наименьшую вероятность безотказной работы имеет квазиэлемент А – группа рабочих процессов сервера приложений типа «3 из 5», обладающая наибольшей интенсивностью отказов элементов. Следовательно, повышение надёжности этого квазиэлемента даёт наибольший прирост надёжности подсистемы в целом.

Применение первого способа повышения надёжности – снижение интенсивности отказов элементов наиболее ненадёжного квазиэлемента А. Для того чтобы при наработке $T_\gamma' = 0,045 \cdot 10^6$ ч подсистема имела вероятность безотказной работы $P_\gamma = 0,9$, требуемая вероятность безотказной работы квазиэлемента А определяется по выражению (2.10):

$$P_A' = \frac{P_\gamma}{P_B \cdot P_C} = \frac{0,9}{0,984 \cdot 0,941} = 0,972$$

Решая уравнение (2.7) относительно p_1 при $P_A' = 0,972$ графоаналитическим методом, получаем требуемую вероятность безотказной работы одного рабочего процесса $p_1' = 0,847$. Требуемая интенсивность отказов элементов 1–5 находится из уравнения (2.11):

$$\lambda_1' = -\ln \ln \frac{0,847}{0,045 \cdot 10^6} = 3,70 * 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

Таким образом, для увеличения гамма-процентной наработки первым способом необходимо снизить интенсивность отказов рабочих процессов сервера приложений с $8,0 \cdot 10^{-6}$ до $3,70 \cdot 10^{-6}$ 1/ч, то есть в 2,16 раза. Указанное снижение достигается применением серверного оборудования более высокого класса надёжности и оптимизацией конфигурации сервера приложений. Результаты расчёта вероятности безотказной работы подсистемы с применением первого способа повышения надёжности приведены в столбце P' таблицы 2.15.

Применение второго способа повышения надёжности – структурное резервирование наиболее ненадёжного квазиэлемента А. Резервирование осуществляется добавлением к группе «3 из 5» дополнительных рабочих процессов сервера приложений, идентичных по надёжности исходным, с переводом группы в систему типа «3 из (5 + r)». Последовательно увеличивая число резервных процессов r, определяем требуемую кратность резервирования по выражению (2.7) при сохранении остальных квазиэлементов неизменными:

- «3 из 6» (r = 1): $P_A = 0,929$, $P = 0,860 < 0,9$;
- «3 из 7» (r = 2): $P_A = 0,971$, $P = 0,899 < 0,9$;
- «3 из 8» (r = 3): $P_A = 0,988$, $P = 0,915 \geq 0,9$.

Следовательно, для обеспечения требуемой гамма-процентной наработки вторым способом необходимо добавить три резервных рабочих процесса сервера приложений, переведя группу из системы «3 из 5» в систему «3 из 8». При наработке $T\gamma' = 0,045 \cdot 10^6$ ч вероятность безотказной работы подсистемы составляет $P'' = 0,915$, что удовлетворяет условию задания. Результаты расчёта приведены в столбце P'' таблицы 2.15.

Таблица 2.15 – Вероятность безотказной работы для исходной и модернизированных систем

t, ×10⁶ ч	P (исходная)	P' (метод а)	P'' (метод б)
0.000	1.0000	1.0000	1.0000
0.0100	0.9919	0.9955	0.9959
0.0200	0.9589	0.9809	0.9839
0.0300	0.8988	0.9556	0.9634
0.0448	0.7734	0.9000	0.9152
0.0600	0.6249	0.8247	0.8404
0.0800	0.4387	0.7085	0.7072
0.1100	0.2293	0.5270	0.4774
0.1500	0.0828	0.3206	0.2270
0.2000	0.0198	0.1524	0.0690
0.3000	0.0008	0.0265	0.0038

Сопоставление графиков зависимостей P, P' и P'' приведено на рисунке 2.14. Из графика видно, что оба способа обеспечивают требуемую гамма-процентную наработку подсистемы $T_{\gamma}' \approx 0,045 \cdot 10^6$ ч при $P_{\gamma} = 0,9$. В районе требуемой наработки структурное резервирование (кривая P'') даёт несколько более высокую вероятность безотказной работы, тогда как при больших наработках преимущество переходит к способу повышения надёжности элементов (кривая P'), обеспечивающему равномерное снижение интенсивности отказов на всём временном интервале.

Выбор способа повышения надёжности подсистемы определяется технической возможностью реализации. Для разрабатываемой подсистемы предпочтительным является способ структурного резервирования, поскольку

он реализуется штатными средствами применяемых программных средств (запуск дополнительных рабочих процессов сервера приложений в кластерной конфигурации Docker) без замены существующего оборудования и без дополнительных капитальных затрат. Снижение интенсивности отказов элементов в 2,16 раза потребовало бы замены серверного оборудования на оборудование более высокого класса надёжности, что связано с дополнительными затратами.

3. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

3.1 Методика расчета экономической эффективности

Экономическая эффективность информационной системы – соотношение между результатами её внедрения, выраженными в денежной форме, и затратами на её разработку и эксплуатацию [30, 31]. Оценка экономической эффективности информационной системы выполняется с целью обоснования целесообразности её разработки и внедрения, обеспечения соизмеримости вложений с получаемой отдачей и формирования количественной основы для принятия инвестиционного решения. Применительно к разрабатываемой информационной подсистеме оценка экономической эффективности направлена на подтверждение её целесообразности для ООО «Бизнес Психологи» – предприятия, в интересах которого выполняется разработка.

В теории и практике оценки экономической эффективности информационных систем применяются два основных подхода – оценка прямого экономического эффекта (расчёт прямых денежных выгод от внедрения системы – экономии затрат, прироста выручки) и оценка косвенных и качественных эффектов (рост качества продукции, повышение конкурентоспособности, улучшение управляемости и так далее) [30]. Для разрабатываемой подсистемы основным источником экономического эффекта является снижение трудоёмкости подготовки сводных аналитических заключений по проектам оценки, что относится к категории прямых экономических эффектов. Косвенные эффекты – повышение достоверности результатов оценки за счёт контроля добросовестности прохождения, рост аналитической ценности заключений, повышение конкурентоспособности услуг предприятия – носят качественный характер и в количественном виде в

настоящем разделе не учитываются, что соответствует консервативному подходу к расчёту и обеспечивает достоверность получаемых результатов.

В качестве методической основы расчёта экономической эффективности подсистемы принят подход, типовой для оценки информационных систем коммерческого назначения и основанный на сопоставлении единовременных затрат на разработку подсистемы с годовой экономией от её эксплуатации [31]. Указанный подход обеспечивает получение трёх ключевых показателей экономической эффективности: годового экономического эффекта от эксплуатации подсистемы; срока окупаемости единовременных затрат на её разработку; коэффициента экономической эффективности капитальных вложений. Совокупность этих показателей даёт исчерпывающую количественную характеристику целесообразности разработки и внедрения подсистемы.

Годовой экономический эффект от эксплуатации подсистемы рассчитывается как разность между годовой экономией от снижения трудоёмкости подготовки сводных заключений и годовыми затратами на эксплуатацию подсистемы по выражению (3.1):

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{тр}} - \mathcal{Z}_{\text{экс}}, \quad (3.1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ – годовой экономический эффект от эксплуатации подсистемы, руб./год; $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ – годовая экономия от снижения трудоёмкости подготовки заключений, руб./год; $\mathcal{Z}_{\text{экс}}$ – годовые затраты на эксплуатацию подсистемы, руб./год.

Срок окупаемости единовременных затрат на разработку подсистемы рассчитывается по выражению (3.2):

$$T_{\text{ок}} = \frac{\mathcal{Z}_{\text{раз}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (3.2)$$

где $T_{ок}$ – срок окупаемости единовременных затрат на разработку, годы; $Z_{раз}$ – единовременные затраты на разработку подсистемы, руб.; $\mathcal{E}_{год}$ – годового экономического эффект от эксплуатации, руб./год.

Коэффициент экономической эффективности капитальных вложений рассчитывается как обратная величина к сроку окупаемости по выражению (3.3):

$$E = \frac{\mathcal{E}_{год}}{Z_{раз}} = \frac{1}{T_{ок}}, \quad (3.3)$$

где E – коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, 1/год; $\mathcal{E}_{год}$ – годового экономического эффект, руб./год; $Z_{раз}$ – единовременные затраты на разработку, руб.

Принимаемый при оценке экономической эффективности нормативный срок окупаемости капитальных вложений в информационные системы коммерческого назначения составляет, по типовым отраслевым данным, от двух до трёх лет; соответствующий нормативный коэффициент эффективности – от 0,33 до 0,5 [31]. Достижение фактического срока окупаемости, не превышающего нормативный, является достаточным условием для подтверждения экономической целесообразности разработки.

Источники экономического эффекта от внедрения подсистемы. Основным источником прямого экономического эффекта от внедрения подсистемы выступает снижение трудоёмкости подготовки сводных аналитических заключений по проектам оценки сотрудниками подразделений оценки персонала. В действующих условиях подготовка одного сводного заключения требует, согласно условным данным таблицы 1.2 настоящей работы, в среднем 6,5 человеко-часа труда сотрудника подразделения оценки. После внедрения подсистемы трудоёмкость подготовки одного заключения снижается за счёт автоматизации следующих операций: получения

первичных данных проекта из платформы ST, выполняемого ранее вручную через выгрузку данных в офисное приложение; выполнения расчёта стандартизованных и интегральных показателей сотрудников, выполняемого ранее в локальных электронных таблицах; формирования сводных групповых показателей и графических представлений; формирования итогового документа заключения по типовому шаблону. По оценке, основанной на анализе характера автоматизируемых операций, ожидаемое снижение трудоёмкости составляет порядка 60% от исходного значения, что соответствует снижению с 6,5 до 2,5 человеко-часа на одно заключение.

Дополнительным источником экономического эффекта является сокращение числа повторных подготовок заключений вследствие выявленных ошибок. Согласно типовым отраслевым данным, доля заключений, требующих доработки в действующих условиях ручной обработки, составляет порядка 8–10%; после внедрения подсистемы указанная доля снижается до уровня, не превышающего 2%, за счёт исключения ручных арифметических операций и применения унифицированных алгоритмов расчёта.

Косвенные источники экономического эффекта, не учитываемые в количественной оценке настоящего раздела, включают: возможность принятия предприятием дополнительных заказов на оценку без расширения штата сотрудников за счёт высвобождения их рабочего времени; рост конкурентоспособности услуг предприятия за счёт включения в состав заключений сводной групповой аналитики и информации о контроле добросовестности прохождения; повышение лояльности компаний-заказчиков за счёт более глубокой и достоверной аналитики.

Состав затрат на разработку и эксплуатацию подсистемы. Единовременные затраты на разработку подсистемы включают: затраты на оплату труда разработчиков, выполняющих проектирование и реализацию подсистемы; начисления на оплату труда (страховые взносы); затраты на

приобретение программных и технических средств; накладные расходы. Поскольку реализация подсистемы выполняется на свободно распространяемых программных средствах (подраздел 2.4) и в составе действующей программно-технической среды предприятия, затраты на приобретение новых программных и технических средств не требуются – соответствующая статья затрат принимает нулевое значение.

Годовые затраты на эксплуатацию подсистемы включают: затраты на сопровождение программного обеспечения сотрудниками IT-департамента (исправление выявляемых ошибок, обновление программных средств, развитие функциональности); амортизационные отчисления по используемому серверному оборудованию (в части, относящейся к функционированию подсистемы); затраты на электроэнергию серверного оборудования; накладные расходы. Затраты на эксплуатацию рассчитываются исходя из доли времени сотрудников IT-департамента, выделяемой на сопровождение подсистемы, и доли мощности серверного оборудования, используемой подсистемой.

Принятые допущения. При выполнении расчёта экономической эффективности приняты следующие допущения, обеспечивающие корректность полученных результатов.

Допущение первое – числовые исходные данные для расчёта (трудоемкость подготовки заключения, число проектов в месяц, численность сотрудников и др.) приняты по условным данным таблицы 1.2 настоящей работы. Фактические значения подлежат уточнению при выполнении расчёта на основе данных предприятия.

Допущение второе – расчёт выполняется в постоянных ценах текущего года без учёта инфляционной составляющей. Указанное допущение является типовым для оценки эффективности информационных систем с относительно коротким сроком окупаемости и обеспечивает консервативность расчёта.

Допущение третье – фактическое снижение трудоёмкости подготовки заключений принимается равным расчётной величине без поправочных коэффициентов на освоение системы пользователями. В первые месяцы эксплуатации фактическое снижение трудоёмкости может оказаться ниже расчётного за счёт необходимости обучения сотрудников и привыкания к новому интерфейсу, однако в установившемся режиме эксплуатации (после первых трёх месяцев) расчётные значения соответствуют ожидаемым фактическим.

Допущение четвёртое – численность сотрудников подразделений оценки персонала и общее число обслуживаемых проектов сохраняются на текущем уровне в течение срока окупаемости. Указанное допущение является консервативным: при росте числа проектов экономический эффект пропорционально увеличивается, что сокращает срок окупаемости.

3.2 Расчет затрат на разработку и внедрение

Расчёт затрат на разработку подсистемы выполнен по укрупнённым показателям, основанным на типовой структуре работ для информационных систем рассматриваемого класса. Состав работ соответствует этапам жизненного цикла программного обеспечения, установленным ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207–2010 [6] и ГОСТ 34.601–90 [7], и включает следующие основные этапы: формирование требований и техническое проектирование; проектирование информационного, математического и программно-технического обеспечения; программная реализация серверной части; программная реализация клиентской части; интеграция компонентов и тестирование; подготовка эксплуатационной документации; ввод в эксплуатацию. Перечень этапов работ, их трудоёмкость и состав исполнителей приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Этапы работ по разработке подсистемы и их трудоёмкость

Этап работ	Трудоёмкость, чел.-дней	Исполнители
Формирование требований и техническое проектирование	15	Системный аналитик, ведущий разработчик
Проектирование информационного, математического и программно-технического обеспечения	20	Ведущий разработчик
Программная реализация серверной части	45	Ведущий разработчик, разработчик
Программная реализация клиентской части	30	Разработчик клиентской части
Интеграция компонентов и тестирование	20	Разработчик, инженер по тестированию
Подготовка эксплуатационной документации	8	Технический писатель
Ввод в эксплуатацию и приёмочные испытания	7	Ведущий разработчик, системный аналитик
Итого:	145	-

Общая трудоёмкость разработки подсистемы составляет 145 человеко-дней. Указанная трудоёмкость соответствует календарной длительности разработки около 4–5 месяцев при параллельном выполнении работ силами команды из 3–4 специалистов IT-департамента.

Расчёт затрат на оплату труда разработчиков выполнен исходя из принятой структуры команды разработки и среднерыночных значений оплаты труда специалистов соответствующей квалификации, типичных для рынка труда города Москвы. Сведения о составе команды разработки, среднемесячной оплате труда специалистов и распределении их трудоёмкости приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчёт затрат на оплату труда разработчиков

Категория специалистов	Среднемесячная оплата труда, руб.	Трудоёмкость, чел.-дней	Дневная ставка, руб./день	Затраты на оплату труда, руб.
Ведущий разработчик	250 000	50	11 905	595 238
Разработчик серверной части	180 000	35	8 571	300 000
Разработчик клиентской части	180 000	30	8 571	257 143
Системный аналитик	200 000	15	9 524	142 857
Инженер по тестированию	150 000	7	7 143	50 000
Технический писатель	120 000	8	5 714	45 714
Итого:	-	145	-	1 390 952

Дневная ставка специалиста определена исходя из его среднемесячной оплаты труда и среднего числа рабочих дней в месяце (21 рабочий день), по выражению (3.4):

$$D_c = \frac{OT_{\text{мес}}}{N_p}, \quad (3.4)$$

где D_c – дневная ставка специалиста, руб./день; $OT_{\text{мес}}$ – среднемесячная оплата труда специалиста, руб.; N_p – среднее число рабочих дней в месяце, день.

Затраты на оплату труда каждого специалиста рассчитаны как произведение его дневной ставки на трудоёмкость по выражению (3.5):

$$Z_{от,i} = D_{c,i} * T_i \quad (3.5)$$

где $Z_{от,i}$ – затраты на оплату труда i -го специалиста, руб.; $D_{с,i}$ – дневная ставка i -го специалиста, руб./день; T_i – трудоёмкость работ i -го специалиста, чел.-дней.

Суммарные затраты на оплату труда разработчиков составляют 1 390 952 руб.

Расчёт начислений на оплату труда. На сумму оплаты труда работников организаций начисляются обязательные страховые взносы во внебюджетные фонды (Социальный фонд России), а также взносы на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Совокупная ставка обязательных начислений на оплату труда для организаций общей системы налогообложения по состоянию на 2026 год принята равной 30,2% от фонда оплаты труда. Сумма начислений рассчитывается по выражению (3.6):

$$Z_{нач} = Z_{от,общ} * k_{нач} \quad (3.6)$$

где $Z_{нач}$ – начисления на оплату труда, руб.; $Z_{от,общ}$ – общая сумма затрат на оплату труда, руб.; $k_{нач}$ – ставка начислений на оплату труда (0,302).

Сумма начислений на оплату труда разработчиков составляет 420 067 руб.

Расчёт материальных затрат. К материальным затратам, относимым на разработку подсистемы, относятся затраты на приобретение и использование специализированных программных и технических средств. Согласно проектным решениям, обоснованным в подразделе 2.4 настоящей работы, разработка и эксплуатация подсистемы выполняются с применением программных средств со свободным лицензированием (Python, Django, Vue, PostgreSQL и других), не предполагающих лицензионных отчислений. Дополнительное серверное оборудование для развёртывания подсистемы не

приобретается, поскольку подсистема развёртывается в составе существующей серверной инфраструктуры предприятия. Затраты на оборудование рабочих мест разработчиков относятся к категории общехозяйственных затрат и включены в состав накладных расходов.

В составе материальных затрат учитываются расходы на использование облачных сервисов, применяемых при разработке (системы хранения исходного кода, средства непрерывной интеграции, средства управления задачами), а также расходы на тестовое развёртывание подсистемы в среде, изолированной от промышленной эксплуатации. Указанные расходы приняты в размере 25 000 руб. на весь период разработки.

Расчёт накладных расходов. Накладные расходы включают общехозяйственные расходы предприятия, относимые на разработку подсистемы пропорционально доле фонда оплаты труда разработки в общем фонде оплаты труда. К накладным расходам относятся: аренда офисных помещений; коммунальные платежи; амортизационные отчисления по оборудованию рабочих мест; расходы на услуги связи, охрану, уборку, обслуживание оргтехники; затраты на работу административно-управленческого и вспомогательного персонала. По данным экономической службы предприятия, типовой норматив накладных расходов для предприятий рассматриваемой отрасли составляет 80% от фонда оплаты труда. Расчёт суммы накладных расходов выполнен по выражению (3.7):

$$Z_{\text{нр}} = Z_{\text{от,общ}} * k_{\text{нр}}, \quad (3.7)$$

где $Z_{\text{нр}}$ – накладные расходы, руб.; $Z_{\text{от,общ}}$ – общая сумма затрат на оплату труда, руб.; $k_{\text{нр}}$ – норматив накладных расходов (0,8).

Сумма накладных расходов составляет 1 112 762 руб.

Сводная смета единовременных затрат на разработку подсистемы. На основе выполненных расчётов составлена сводная смета единовременных затрат, приведённая в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Сводная смета единовременных затрат на разработку подсистемы

Статья затрат	Сумма, руб	Доля, %
Затраты на оплату труда разработчиков	1 390 952	47,17
Начисления на оплату труда	420 067	14,25
Материальные затраты	25 000	0,85
Накладные расходы	1 112 762	37,74
Затраты на разработку, всего	2 948 781	100
Затраты на разработку, округлённо	2 950 000	100

Единовременные затраты на разработку подсистемы составляют 2 950 000 руб. (округлённо). Принципиальной особенностью полученной структуры затрат является преобладание затрат на оплату труда и накладных расходов (в сумме – около 86% от общей величины) и пренебрежимо малая доля материальных затрат, что соответствует характеру разработки программного обеспечения с использованием программных средств свободного лицензирования.

Расчёт годовых затрат на эксплуатацию подсистемы. После ввода подсистемы в эксплуатацию возникают годовые затраты на её сопровождение силами IT-департамента предприятия. К затратам на эксплуатацию относятся: затраты на оплату труда сотрудника IT-департамента, выделенного на сопровождение подсистемы (исправление выявляемых ошибок, обновление программных средств, развитие функциональности); начисления на оплату труда; амортизационные отчисления по серверному оборудованию в части, относящейся к функционированию подсистемы; затраты на электроэнергию серверного оборудования. По экспертной оценке, для сопровождения подсистемы достаточно 0,2 ставки сотрудника IT-департамента (один сотрудник тратит на сопровождение подсистемы один рабочий день в

неделю). При среднемесячной оплате труда сотрудника IT-департамента 200 000 руб. годовые затраты на оплату труда сопровождения составляют 480 000 руб.; начисления на оплату труда – 144 960 руб.; амортизационные отчисления и затраты на электроэнергию приняты совокупно в размере 50 000 руб. в год.

Сводная смета годовых затрат на эксплуатацию подсистемы приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Сводная смета годовых затрат на эксплуатацию подсистемы

Статья затрат	Сумма, руб
Оплата труда сопровождающего специалиста (0,2 ставки)	480 000
Начисления на оплату труда	144 960
Амортизация серверного оборудования и электроэнергия	50 000
Годовые затраты на эксплуатацию, всего	674 960
Годовые затраты на эксплуатацию, округлённо	675 000

Годовые затраты на эксплуатацию подсистемы составляют 675 000 руб. (округлённо).

3.3 Расчет показателей экономической эффективности

Расчёт показателей экономической эффективности подсистемы выполнен на основе методики, обоснованной в подразделе 3.1 настоящей работы, и значений единовременных и годовых затрат, рассчитанных в подразделе 3.2. Исходные данные для расчёта приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Исходные данные для расчёта показателей экономической эффективности

Показатель	Обозначение	Значение	Источник
Среднее число проектов оценки в месяц, ед.	$N_{\text{мес}}$	45	Таблица 1.2
Среднее число проектов оценки в год, ед.	$N_{\text{год}}$	540	Расчёт:

			45 * 12
Трудоёмкость подготовки заключения до внедрения, чел.-ч	$T_{до}$	6,5	Таблица 1.2
Трудоёмкость подготовки заключения после внедрения, чел.-ч	$T_{после}$	2,5	Оценка, подраздел 3.1
Среднемесячная оплата труда сотрудника подразделения оценки, руб.	$OT_{мес}$	150 000	Среднерыночное значение
Среднее число рабочих часов в месяце, ч	$N_{ч}$	168	Производственный календарь
Часовая ставка сотрудника подразделения оценки, руб./ч	$Ч_{с}$	893	Расчёт: $\frac{150\ 000}{168}$
Ставка начислений на оплату труда	$k_{нач}$	0,302	Подраздел 3.2
Единовременные затраты на разработку, руб.	$З_{раз}$	2 950 000	Таблица 3.3
Годовые затраты на эксплуатацию, руб./год	$З_{экс}$	675 000	Таблица 3.4

Часовая ставка сотрудника подразделения оценки рассчитана по выражению (3.8):

$$Ч_{с} = \frac{OT_{мес}}{N_{ч}}, \quad (3.8)$$

где $Ч_{с}$ – часовая ставка сотрудника, руб./ч; $OT_{мес}$ – среднемесячная оплата труда сотрудника, руб.; $N_{ч}$ – среднее число рабочих часов в месяце, ч.

Расчёт годовой экономии от снижения трудоёмкости подготовки сводных заключений. Снижение трудоёмкости подготовки одного заключения после внедрения подсистемы рассчитывается по выражению (3.9):

$$\Delta T = T_{до} - T_{после}, \quad (3.9)$$

где ΔT – снижение трудоёмкости подготовки одного заключения, чел.-ч; $T_{\text{до}}$ – трудоёмкость до внедрения подсистемы, чел.-ч; $\Delta T_{\text{после}}$ – трудоёмкость после внедрения подсистемы, чел.-ч.

Численное значение снижения трудоёмкости одного заключения составляет 4,0 чел.-ч, что соответствует относительному снижению трудоёмкости на 61,5% от исходного значения.

Годовая экономия рабочего времени сотрудников подразделений оценки рассчитывается как произведение снижения трудоёмкости одного заключения на годовое число подготавливаемых заключений по выражению (3.10):

$$\Delta T_{\text{год}} = \Delta T * N_{\text{год}}, \quad (3.10)$$

где $\Delta T_{\text{год}}$ – годовая экономия рабочего времени, чел.-ч/год; ΔT – снижение трудоёмкости подготовки одного заключения, чел.-ч; $N_{\text{год}}$ – годовое число подготавливаемых заключений, ед.

Численное значение годовой экономии рабочего времени составляет 2 160 чел.-ч/год.

Денежное выражение годовой экономии рассчитывается как произведение экономии рабочего времени на часовую ставку сотрудника с учётом начислений на оплату труда по выражению (3.11):

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \Delta T_{\text{год}} * Ч_{\text{с}} * (1 + k_{\text{нач}}), \quad (3.11)$$

где $\mathcal{E}_{\text{тр}}$ – годовая экономия от снижения трудоёмкости, руб./год; $\Delta T_{\text{год}}$ – годовая экономия рабочего времени, чел.-ч/год; $Ч_{\text{с}}$ – часовая ставка сотрудника, руб./ч; $k_{\text{нач}}$ – ставка начислений на оплату труда.

Численное значение годовой экономии от снижения трудоёмкости составляет 2 511 014 руб./год (округлённо 2 511 000 руб./год).

Расчёт годового экономического эффекта. Годовой экономический эффект от эксплуатации подсистемы рассчитывается по выражению (3.1) подраздела 3.1 настоящей работы как разность годовой экономии и годовых затрат на эксплуатацию:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{тр}} - \mathcal{Z}_{\text{экс}} = 2\,511\,000 - 675\,000 = 1\,836\,000 \text{ руб./год}$$

Полученное значение годового экономического эффекта означает, что эксплуатация подсистемы обеспечивает предприятию ежегодную чистую денежную выгоду в размере 1 836 000 руб., представляющую разность между экономией от автоматизации подготовки сводных заключений и затратами на сопровождение подсистемы силами IT-департамента.

Расчёт срока окупаемости единовременных затрат на разработку подсистемы выполнен по выражению (3.2) подраздела 3.1:

$$T_{\text{ок}} = \frac{\mathcal{Z}_{\text{раз}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{2\,950\,000}{1\,836\,000} = 1,61 \text{ года}$$

Полученное значение срока окупаемости – приблизительно 1 год и 7 месяцев – соответствует приемлемым отраслевым значениям для информационных систем коммерческого назначения и существенно ниже нормативного срока окупаемости, типового для подобных проектов (2–3 года).

Расчёт коэффициента экономической эффективности капитальных вложений выполнен по выражению (3.3) подраздела 3.1:

$$E = \frac{\mathcal{E}_{\text{год}}}{\mathcal{Z}_{\text{раз}}} = \frac{1\,836\,000}{2\,950\,000} = 0,622 \left(\frac{1}{\text{Год}}\right)$$

Полученное значение коэффициента экономической эффективности – 0,622 – превышает нормативный коэффициент эффективности 0,33–0,5, типовой для информационных систем рассматриваемого класса, что

подтверждает экономическую целесообразность разработки и внедрения подсистемы.

Сопоставление расчётных показателей с нормативными значениями. Сопоставление расчётных значений показателей экономической эффективности подсистемы с нормативными значениями приведено в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Сопоставление расчётных и нормативных значений показателей экономической эффективности

Показатель	Расчетное значение	Нормативное значение	Соответствие
Срок окупаемости, лет	1,61	Не более 2-3	Соответствует
Коэффициент экономической эффективности, 1/год	0,622	не менее 0,33–0,5	Соответствует
Годовой экономический эффект, руб./год	1 836 000	положительное значение	Соответствует

Расчётные значения всех основных показателей экономической эффективности подсистемы соответствуют нормативным значениям и подтверждают экономическую целесообразность её разработки и внедрения. Полученный срок окупаемости (1,61 года) обеспечивает запас по сравнению с нормативным значением, что компенсирует возможные отклонения фактических показателей от расчётных в условиях реальной эксплуатации.

Качественная оценка дополнительных эффектов. Помимо рассчитанного количественного экономического эффекта от снижения трудоёмкости подготовки заключений, внедрение подсистемы обеспечивает ряд дополнительных эффектов, носящих качественный характер и не учитываемых в количественной оценке настоящего раздела.

Первый дополнительный эффект – повышение конкурентоспособности услуг предприятия за счёт расширения состава предоставляемой

компаниям-заказчикам аналитики. Включение в состав сводных заключений сводных групповых показателей по подразделениям компании-заказчика, ранжирования сотрудников по интегральному показателю и сведений о выполненном контроле добросовестности прохождения существенно повышает аналитическую ценность результатов оценки и формирует конкурентное преимущество предприятия на рынке услуг профессиональной оценки персонала.

Второй дополнительный эффект – повышение достоверности результатов оценки за счёт исключения из сводной обработки результатов, не прошедших контроль добросовестности прохождения. Применение контроля добросовестности особенно значимо в условиях дистанционного прохождения оценочных процедур и широкого распространения генеративных нейросетевых сервисов, что обеспечивает соответствие услуг предприятия современным требованиям к качеству оценки персонала.

Третий дополнительный эффект – увеличение пропускной способности подразделений оценки персонала по числу обслуживаемых проектов. Высвобождение 2 160 чел.-ч рабочего времени в год соответствует приблизительно одной ставке сотрудника подразделения оценки (при норме 1 800 рабочих часов в год). Высвобожденное рабочее время может быть направлено на принятие дополнительных проектов оценки без расширения штата сотрудников, что создаёт потенциал для пропорционального роста выручки предприятия.

Четвёртый дополнительный эффект – обеспечение возможности аудита операций обработки персональных данных за счёт ведения подсистемой детального журнала операций. Указанный эффект имеет существенное значение в контексте требований Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» и снижает риски привлечения предприятия к ответственности при возникновении проверок надзорных органов.

Учёт дополнительных эффектов в количественной оценке повысил бы расчётный годовой экономический эффект и сократил бы срок окупаемости, однако в настоящей работе принят консервативный подход к расчёту, учитывающий только прямые количественно измеримые эффекты, что обеспечивает достоверность получаемых результатов.

Сводная таблица показателей экономической эффективности разработки подсистемы приведена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Сводные показатели экономической эффективности разработки подсистемы

Показатель	Значение
Единовременные затраты на разработку, руб.	2 950 000
Годовая экономия от снижения трудоёмкости, руб./год	2 511 000
Годовые затраты на эксплуатацию, руб./год	675 000
Годовой экономический эффект, руб./год	1 836 000
Срок окупаемости, лет	1,61
Коэффициент экономической эффективности, 1/год	0,622
Высвобождение рабочего времени, чел.-ч/год	2 160

Полученные количественные показатели в сочетании с качественной оценкой дополнительных эффектов подтверждают экономическую целесообразность разработки и внедрения подсистемы для ООО «Бизнес Психологи».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей дипломной работе разработана информационная подсистема сводной аналитической обработки результатов оценки персонала и контроля добросовестности прохождения оценочных процедур, интегрируемая с действующей платформой онлайн-оценки персонала ST (SHL Tools) предприятия — провайдера услуг профессиональной оценки персонала ООО «Бизнес Психологи».

Сформулированная во введении цель работы — повышение эффективности процесса оценки эффективности деятельности сотрудников предприятий-заказчиков путём разработки и внедрения информационной подсистемы, обеспечивающей расчёт сводных показателей эффективности и контроль добросовестности прохождения оценочных процедур в условиях ООО «Бизнес Психологи», — достигнута. Поставленные задачи выполнены в полном объёме, а полученные результаты подтверждают экономическую целесообразность разработки и обеспечивают её готовность к практической реализации силами IT-департамента предприятия.

В аналитическом разделе работы выполнен анализ предметной и проблемной областей. Установлено, что технологической основой деятельности ООО «Бизнес Психологи» является собственная платформа онлайн-оценки персонала ST, обеспечивающая полный цикл проведения оценочных процедур в отношении отдельного кандидата — от его регистрации в системе до формирования индивидуального отчёта по результатам прохождения. Вместе с тем установлено, что платформа не предоставляет в виде самостоятельной функциональности средств сводной аналитической обработки результатов группы сотрудников компании-заказчика и средств контроля добросовестности прохождения оценочных процедур, что и определило содержание решаемой задачи.

В ходе анализа существующего обеспечения предметной области рассмотрены три его составляющие. В части информационного обеспечения исследована логическая структура базы данных платформы и выявлены ограничения, связанные с отсутствием структур хранения сводных расчётных показателей эффективности, результатов контроля добросовестности, параметров формирования заключения и журнала операций аналитической обработки. В части математического обеспечения рассмотрены классическая теория тестов и теория ответа на пункт как методологическая основа расчёта показателей эффективности, метод взвешенной аддитивной свёртки для агрегации частных показателей в интегральную оценку, а также статистические методы анализа времени ответов и согласованности профиля ответов с психометрической моделью как основа контроля добросовестности прохождения; в результате сформирован математический аппарат подсистемы в виде совокупности восемнадцати выражений. В части программно-технического обеспечения определён технологический стек действующей платформы (Python, Django, TypeScript, Vue, PostgreSQL, Linux) и обоснованы принципы интеграции разрабатываемой подсистемы в единую программно-техническую среду предприятия. По итогам анализа осуществлена постановка решаемой задачи с формулировкой одиннадцати функциональных и пяти нефункциональных требований к подсистеме, а также критериев и ограничений её разработки.

В разделе проектных решений разработаны проектные решения по подсистеме. С применением методологии функционального моделирования IDEF0 спроектирована функциональная структура подсистемы: построены контекстная диаграмма и диаграмма декомпозиции первого уровня, выделены четыре функциональных блока — получение и подготовка исходных данных проекта, контроль добросовестности прохождения, расчёт показателей эффективности и формирование сводного аналитического заключения, — объединённые в три функциональные подсистемы (обработки данных,

формирования отчётности и взаимодействия с пользователем). Разработано информационное обеспечение подсистемы: построены инфологическая и даталогическая модели данных, спроектированы семь таблиц подсистемы в среде PostgreSQL для хранения запусков обработки, параметров обработки, индексов достоверности прохождения, сводных показателей эффективности, групповых показателей, сводных заключений и записей журнала операций; описаны состав входной, выходной и нормативно-справочной информации. Разработано математическое обеспечение, реализующее сформированный в аналитическом разделе математический аппарат в виде программно-выполнимых процедур серверной части: спроектированы алгоритмы расчёта стандартизованных индивидуальных показателей по моделям классической теории тестов и теории ответа на пункт с применением численного метода оценки уровня способности (метод Ньютона — Рафсона), алгоритм контроля добросовестности прохождения, алгоритмы агрегации частных показателей в интегральную оценку и расчёта сводных групповых показателей. Разработано программно-техническое обеспечение: обоснован выбор программных средств реализации, спроектирована структура серверной части в виде Django-приложения из десяти функциональных модулей, спроектирована структура клиентской части в виде одностраничного веб-приложения на стеке TypeScript и Vue, описаны основные экранные формы и типовой сценарий работы пользователя, спроектирована схема развёртывания подсистемы с применением контейнеризации Docker.

Выполнен расчёт надёжности подсистемы по методике структурной надёжности. Построена структурно-логическая схема надёжности, в которой наиболее критичные компоненты подсистемы зарезервированы штатными средствами применяемых программных средств: группа рабочих процессов сервера приложений образует систему типа «3 из 5», экземпляры системы управления базами данных — параллельное соединение, инфраструктурные компоненты — мостиковую схему. Установлено, что гамма-процентная

наработка подсистемы при требуемой вероятности безотказной работы 0,9 составляет приблизительно $0,030 \cdot 10^6$ ч, а наиболее ненадёжным звеном является группа рабочих процессов сервера приложений. Для увеличения гамма-процентной наработки не менее чем в 1,5 раза предложены и рассчитаны два способа повышения надёжности — повышение надёжности элементов наиболее ненадёжного звена (снижение интенсивности их отказов в 2,16 раза) и структурное резервирование (перевод группы рабочих процессов в систему типа «3 из 8»); показано, что для разрабатываемой подсистемы предпочтительным является структурное резервирование, реализуемое штатными средствами без дополнительных капитальных затрат.

В разделе обоснования экономической эффективности выполнено обоснование экономической эффективности разработки. Рассчитаны единовременные затраты на разработку подсистемы в размере 2 950 000 руб. при общей трудоёмкости 145 человеко-дней и годовые затраты на её эксплуатацию в размере 675 000 руб. Установлено, что внедрение подсистемы обеспечивает годовую экономию от снижения трудоёмкости подготовки сводных заключений в размере 2 511 000 руб./год, что соответствует высвобождению 2 160 человеко-часов рабочего времени в год — приблизительно одной ставке сотрудника подразделения оценки. Годовой экономический эффект от эксплуатации подсистемы составил 1 836 000 руб./год; срок окупаемости единовременных затрат на разработку — 1,61 года; коэффициент экономической эффективности капитальных вложений — 0,622. Все рассчитанные показатели соответствуют нормативным значениям, типовым для информационных систем рассматриваемого класса, что подтверждает экономическую целесообразность разработки.

Помимо количественно оценённых эффектов, внедрение подсистемы обеспечивает ряд дополнительных эффектов качественного характера: повышение конкурентоспособности услуг предприятия за счёт расширения состава предоставляемой компаниям-заказчикам аналитики, повышение

достоверности результатов оценки за счёт контроля добросовестности прохождения, увеличение пропускной способности подразделений оценки по числу обслуживаемых проектов, а также обеспечение возможности аудита операций обработки персональных данных в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных». Совокупность количественных и качественных эффектов обосновывает разработку подсистемы как экономически целесообразную и стратегически значимую для предприятия.

Анализ соответствия материалов работы требованиям задания показывает, что все предусмотренные заданием разделы выполнены, а полученные проектные решения обеспечивают достижение поставленной цели. Практическая значимость полученных результатов заключается в готовности разработанных проектных решений к практической реализации силами IT-департамента ООО «Бизнес Психологи». Реализация подсистемы в едином технологическом стеке с действующей платформой ST обеспечивает её сопровождение силами существующих специалистов предприятия без привлечения внешних подрядчиков и без переподготовки персонала. Применённые при разработке проектные решения — соблюдение модели многоарендности существующей платформы, отсутствие модификации структуры её таблиц, реализация интеграции в виде расширения, а не замены платформы — обеспечивают возможность поэтапного внедрения подсистемы без нарушения работы действующей платформы.

Перспективными направлениями последующего развития подсистемы являются: реализация автоматической калибровки параметров обработки на основе анализа исторических данных проектов; расширение математического аппарата контроля добросовестности дополнительными методами выявления аномалий, в том числе на основе машинного обучения; интеграция подсистемы с внешними системами компаний-заказчиков для прямой передачи результатов оценки в их информационные среды управления

персоналом; разработка мобильного клиента подсистемы для оперативного доступа сотрудников подразделений оценки к результатам обработки. Реализация перечисленных направлений целесообразна и возможна в рамках развития разработанной подсистемы.

Таким образом, цель дипломной работы достигнута, поставленные задачи выполнены, разработанные проектные решения обоснованы и готовы к практической реализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» (в действующей редакции). – Текст: электронный. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/ (дата обращения: 27.05.2026).
2. ГОСТ 7.32–2017. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157208> (дата обращения: 27.05.2026).
3. ГОСТ Р 7.0.5–2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200063924> (дата обращения: 27.05.2026).
4. ГОСТ 27.301–95. Надёжность в технике. Расчёт надёжности. Основные положения. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000476> (дата обращения: 27.05.2026).
5. ГОСТ Р 58771–2019. Надёжность в технике. Термины и определения. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200163806> (дата обращения: 27.05.2026).
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207–2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программного обеспечения. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082859> (дата обращения: 27.05.2026).
7. ГОСТ 34.601–90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006921> (дата обращения: 27.05.2026).
8. ГОСТ 34.602–2020. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200174814> (дата обращения: 27.05.2026).

9. Палюх, Б. В. Надёжность программных средств экономических информационных систем: учебное пособие / Б. В. Палюх, В. К. Кемайкин, А. Д. Дорожкин. – Тверь: ТвГТУ, 2008. – 127 с.
10. Палюх, Б. В. Надёжность и эффективность экономических информационных систем: учебное пособие / Б. В. Палюх, А. С. Мироненко. – Тверь: ТвГТУ, 2003. – 144 с.
11. Палюх, Б. В. Оценка вероятностных характеристик случайных процессов при испытаниях информационных систем: учебное пособие / Б. В. Палюх, С. Л. Федченко, С. Л. Котов. – Тверь: ТвГТУ, 2009. – 103 с.
12. Вендров, А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: учебник / А. М. Вендров. – Москва: Финансы и статистика, 2019. – 352 с. – ISBN 978-5-279-02937-5.
13. Грекул, В. И. Проектирование информационных систем: учебник / В. И. Грекул, Г. Н. Денищенко, Н. Л. Коровкина. – Москва: Интернет-университет информационных технологий, 2021. – 568 с. – ISBN 978-5-9963-0228-1.
14. Гвоздева, В. А. Проектирование информационных систем: учебное пособие / В. А. Гвоздева. – Москва: Форум, 2020. – 416 с. – ISBN 978-5-00091-758-8.
15. Калянов, Г. Н. Модели и методы управления проектами разработки информационных систем / Г. Н. Калянов. – Москва: СИНТЕГ, 2020. – 240 с. – ISBN 978-5-89638-122-6.
16. Зыков, С. В. Проектирование и разработка корпоративных информационных систем: учебное пособие / С. В. Зыков. – Москва: БИНОМ, 2020. – 320 с. – ISBN 978-5-9963-2401-6.
17. Советов, Б. Я. Моделирование систем: учебник / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – Москва: Высшая школа, 2019. – 335 с. – ISBN 978-5-06-006183-1.

18. Титоренко, Г. А. Информационные системы в экономике: учебное пособие / Г. А. Титоренко. – Москва: Вузовский учебник, 2020. – 416 с. – ISBN 978-5-9558-0241-9.
19. Диго, С. М. Базы данных: учебник / С. М. Диго. – Москва: Юрайт, 2022. – 192 с. – ISBN 978-5-534-12193-2.
20. Маклаков, С. В. Создание информационных систем с AllFusion Modelling Suite / С. В. Маклаков. – Москва: ДИАЛОГ-МИФИ, 2017. – 432 с. – ISBN 978-5-86404-218-9.
21. Коннолли, Т. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Т. Коннолли, К. Бегг. – Москва: Вильямс, 2017. – 1440 с. – ISBN 978-5-8459-2027-4.
22. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. – Москва: Вильямс, 2016. – 1328 с. – ISBN 978-5-8459-1900-1.
23. Аванесов, В. С. Применение тестовых форм в Rasch Measurement / В. С. Аванесов // Педагогические измерения. – 2016. – № 1. – С. 3–24.
24. Чельшкова, М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: учебное пособие / М. Б. Чельшкова. – Москва: Логос, 2015. – 432 с. – ISBN 978-5-98704-128-4.
25. Звонников, В. И. Современные средства оценивания результатов обучения: учебное пособие / В. И. Звонников, М. Б. Чельшкова. – Москва: Академия, 2017. – 304 с. – ISBN 978-5-7695-9742-4.
26. Кибанов, А. Я. Управление персоналом организации: учебник / А. Я. Кибанов. – Москва: ИНФРА-М, 2019. – 695 с. – ISBN 978-5-16-013594-1.
27. Одегов, Ю. Г. Управление персоналом: учебник / Ю. Г. Одегов, П. В. Журавлёв. – Москва: Юрайт, 2020. – 467 с. – ISBN 978-5-534-12081-2.
28. Базаров, Т. Ю. Управление персоналом: учебник / Т. Ю. Базаров. – Москва: Академия, 2018. – 224 с. – ISBN 978-5-7695-9743-1.

29. Шмелёв, А. Г. Практическая тестология. Тестирование в образовании, прикладной психологии и управлении персоналом / А. Г. Шмелёв. – Москва: Маска, 2013. – 688 с. – ISBN 978-5-91146-805-8.
30. Грабауров, В. А. Информационные технологии для менеджеров / В. А. Грабауров. – Москва: Финансы и статистика, 2018. – 210 с. – ISBN 978-5-279-03251-1.
31. Голиков, Е. А. Экономическая эффективность инвестиций в информационные технологии / Е. А. Голиков. – Москва: ИНФРА-М, 2018. – 256 с. – ISBN 978-5-16-013485-2.
32. Информационное обеспечение ИС. – Текст: электронный // Национальный открытый институт «ИНТУИТ»: [сайт]. – URL: <https://intuit.ru/> (дата обращения: 27.05.2026).