

Пермский филиал федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

Факультет социально-экономических и компьютерных наук

Орлов Яков

**РАЗРАБОТКА АУТСОРСИНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ВРАЧАМ**

Выпускная квалификационная работа

студента образовательной программы «Программная инженерия»
по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Доцент кафедры
информационных технологий в
бизнесе

Л. Н. Лядова

Пермь, 2025 год

АННОТАЦИЯ

Орлов Я. О. Разработка аутсорсингового модуля для распределения цитологических образцов для анализа врачам: проектная Программная инженерия / Орлов Яков Олегович. – Пермь: НИУ ВШЭ – Пермь, 2025. 53 с.

Работа посвящена разработке программного модуля аутсорсинга, обеспечивающего автоматизированное распределение медицинских цитологических образцов между врачами с учетом параметров проб, характеристик пациентов и других не менее значимых факторов.

Во «Введении» обосновывается актуальность задачи автоматизации распределения цитологических образцов, ставится цель проекта и задачи. Также обосновывается выбор методологии разработки и описываются исходные ограничения, определяющие подход к реализации проекта.

В первой главе приведены результаты анализа объекта автоматизации, показаны проблемы существующего процесса распределения при использовании системы Vision A1 компании ООО «Медика Продакт» и выявлены их причины. Представлен анализ существующих решений, их оценка. Глава заканчивается анализом требований к модулю распределения.

Во второй главе представлены результаты проектирования модуля автоматизации и разработки системы правил для оптимизации процесса распределения образцов. Выполнено проектирование архитектуры решения, базы данных и пользовательских интерфейсов. Задачи проектирования решены на основе объектно-ориентированного подхода, при построении моделей использован язык UML.

Третья глава посвящена реализации и тестированию разработанного модуля на основе требований и проектных решений. Представлены ключевые технические аспекты реализации, примеры тестирования и результаты проверки корректности работы модуля.

В «Заключении» сформулированы основные выводы по результатам работы, подтверждена достижимость цели и выполнение поставленных задач.

Работа содержит 40 страниц основного текста, 3 таблицы, 12 рисунков. Библиографический список включает 19 наименований. Работа включает 2 приложения.

ABSTRACT

Orlov, Y. O. Developing an Outsourcing Module for the Distribution of Cytological Samples for Analysis to Physicians: A Project in Software Engineering / Orlov, Yakov Olegovich. – Perm: National Research University Higher School of Economics – Perm, 2025. 53 pages.

This work is dedicated to the development of an outsourcing software module that enables the automated distribution of medical cytological samples among physicians, taking into account sample parameters, patient characteristics, and other equally significant factors.

The Introduction substantiates the relevance of the task of automating the distribution of cytological samples, sets out the project's objective and tasks, and justifies the chosen development methodology. It also describes the initial constraints that define the approach to project implementation.

The first chapter presents the results of an analysis of the automation object, highlighting the problems of the existing distribution process when using the Vision A1 system by Medica Product LLC and identifying their root causes. The chapter also includes an analysis and evaluation of existing solutions, and concludes with the requirements analysis for the distribution module.

The second chapter presents the results of designing the automation module and developing a rule-based system to optimize the sample distribution process. The architecture of the solution, database design, and user interfaces are outlined. The design tasks are addressed using an object-oriented approach, and UML was used for model construction.

The third chapter is devoted to the implementation and testing of the developed module based on the requirements and design decisions. It describes the key technical aspects of implementation, presents testing examples, and provides results verifying the module's correct operation.

The Conclusion summarizes the main findings of the work, confirming the achievement of the project goal and the completion of the stated tasks.

The work consists of 40 pages of main text, includes 3 tables and 12 figures. The bibliography contains 19 references. The work includes 2 appendices.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Анализ предметной области распределения цитологических образцов	8
1.1. Анализ процесса распределения цитологических образцов	8
1.1.1.Анализ процесса распределения в рамках использования системыVision A1	8
1.1.2.Выявление факторов, влияющих на распределение ресурсов в лабораторных условиях.....	11
1.1.3.Выбор подхода к оптимизации процесса распределения цитологических образцов.....	12
1.2. Анализ существующих решений	15
1.3. Анализ требований к средствам автоматизации процесса	17
1.4. Результаты анализа предметной области.....	19
Глава 2. Проектирование модуля распределения	20
2.1. Обоснование выбора базового архитектурного стиля	21
2.2. Обоснование выбора используемых технологий	21
2.3. Разработка системы логических правил.....	22
2.4. Проектирование базы данных	24
2.5. Проектирование пользовательских интерфейсов.....	28
2.6. Результаты этапа проектирования.....	31
Глава 3. Реализация модуля для распределения цитологических образцов.....	32
3.1. Реализация серверной части	32
3.2. Реализация клиентской части.....	33
3.3. Тестирование модуля.....	35
3.4. Результаты тестирования.....	36
3.5. Результаты реализации модуля	36
Заключение.....	38
Библиографический список	39
Приложение А. Техническое задание	41
Приложение В. Формализация правил в БНФ	53
Приложение С. Акт о внедрении.....	54

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ

БНФ (Бэкуса – Наура форма) – формальная система описания синтаксиса, в которой одни синтаксические категории последовательно определяются через другие категории.

ЛИС – лабораторная информационная система.

КДЛ – клинико-диагностическая лаборатория.

Цитология (также известная как цитопатология) – это исследование клеток из тканей или жидкостей организма под микроскопом, обычно для скрининга рака и ранней диагностики.

ORM – Object-Relational Mapping, технология программирования, которая связывает базы данных с концепциями объектно-ориентированных языков программирования

REST (Representational State Transfer) – архитектурный стиль взаимодействия компонентов компьютерной сети, который используется для разработки веб-сервисов. Позволяет компонентам (например, клиентам и серверам) общаться через протокол HTTP, оперируя HTTP методами: GET, POST, PUT, DELETE и т. д. для запроса или отправки данных.

Преаналитический этап – это совокупность всех процедур, выполняемых до непосредственного проведения лабораторного исследования.

ВВЕДЕНИЕ

Современная медицинская диагностика основывается на использовании высокотехнологичных методов, среди которых важное место занимает цитологический анализ. Цитопатология позволяет выявлять патологические изменения на клеточном уровне и является точным и надежным инструментом в ранней диагностике заболеваний [1]. Многие современные клинико-диагностические лаборатории больше не работают с физическими образцами, а вместо этого сканируют их, создавая удобные цифровые копии. Согласно международному исследованию, в котором приняли участие 127 клинико-диагностических лабораторий из Европы и Азии [2], более 60% лабораторий уже внедрили цифровую патологию в свою практику. В России инициатива развития цифровых технологий в медицине поддерживается Национальной программой цифровой экономики [3] и Федеральным законом № 323-ФЗ "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" [4]. Благодаря этому фактору цифровизация процессов в клинико-диагностических лабораториях России демонстрирует положительную динамику. Согласно данным Росстата, опубликованным в статистическом сборнике «Здравоохранение в России 2023» [5], доля медицинских организаций, использующих системы электронного документооборота, увеличилась с 64,2% в 2020 году до 70,5% в 2022 году. Между получением цифрового образца и началом его анализа врачом существует важный этап – назначение ответственного врача. Именно назначенный врач несёт ответственность за результаты анализов, принимая решения на основе полученных данных и обеспечивая их точность.

Компания ООО «Медика Продакт» [6] является поставщиком медицинского оборудования и занимается разработкой программного обеспечения для него. Компания разрабатывает и использует систему Vision A1 [7], предназначенную для работы с результатами цифровой микроскопии. Эта система позволяет эффективно обрабатывать и анализировать данные, полученные с помощью цифровых микроскопов, однако текущая версия системы ограничена в плане автоматизации распределения цитологических образцов между врачами. В существующей реализации системы Vision A1 предусмотрено решение для распределения образцов – администратор, то есть человек, назначающий ответственных – согласует каждую пробу вручную, отправляя её идентификатор врачу по электронной почте. Осуществляемый процесс занимает много времени и требует значительных усилий со стороны административного персонала. Кроме того, он допускает ошибки, обусловленные человеческим фактором, что снижает общую эффективность работы лаборатории.

На рынке представлены решения для автоматизации управления медицинскими данными, такие как лабораторные информационные системы – «МедПроЛИС», «ЛИС ЛабСервис», однако они в основном направлены на хранение результатов исследований и ведение баз данных, без развитых механизмов динамического распределения проб между специалистами.

Кроме того, существуют общие корпоративные системы управления задачами, такие как Trello, Asana, которые позволяют распределять задачи между сотрудниками. Однако эти системы сложны для администраторов и не адаптированы под специфику клинико-диагностических лабораторий: они не поддерживают работу с атрибутами медицинских образцов, не обеспечивают приоритизацию по медицинским критериям и не интегрированы с лабораторными процессами.

Объект автоматизации – процесс распределения цитологических образцов в лабораторной диагностике.

Предмет – аутсорсинговый программный модуль для распределения цитологических проб между врачами, учитывающий особенности лабораторной диагностики, приоритизацию образцов по степени срочности и интеграцию в информационную систему ООО «Медика Продакт».

Целью проекта является создание модуля для автоматизированного распределения цитологических образцов, обеспечивающего равномерное распределение нагрузки между врачами, минимизацию времени обработки образцов, гибкость настройки механизма распределения и полную совместимость с существующей системой Vision A1 компании ООО «Медика Продакт».

Для достижения этой цели были сформулированы следующие задачи:

1. Провести анализ предметной области и существующих программных решений для распределения цитологических образцов, на основе чего сформировать требования к разрабатываемому модулю.
2. Выполнить проектирование программного модуля, включая его архитектуру, алгоритмы и макеты пользовательского интерфейса.
3. Реализовать и протестировать разработанный модуль на основе требований и результатов проектирования.

В рамках выполнения проекта используется каскадная модель разработки программного обеспечения (Waterfall), характеризующаяся последовательным прохождением этапов анализа требований, проектирования, реализации, тестирования и внедрения. Данный подход выбран в связи с тем, что требования заказчика фиксированы и изменения в процессе реализации не планируются.

Технологии, которые используются в разработке, должны быть свободно распространяемые и не подвержены влиянию санкций. Временные рамки обусловлены требованиями заказчика ООО «Медика Продакт», сдача проекта должна быть не позднее 30 апреля 2025 года.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Данная глава посвящена всестороннему анализу проблемы распределения цитологических образцов между специалистами в условиях лабораторной нагрузки. Для выполнения задачи анализа предметной области и формирования требований к разрабатываемому модулю, необходимо решить следующие подзадачи:

1. Провести анализ существующего процесса распределения образцов, включающий в себя анализ бизнес-процесса при использовании системы Vision A1, определение факторов, влияющих на процесс распределения и выбор подхода к оптимизации существующего процесса.
2. Выполнить анализ существующих решений для определения их применимости в контексте КДЛ, использующих систему Vision A1.
3. Выполнить анализ и формализацию требований к средствам автоматизации процесса.

1.1. Анализ процесса распределения цитологических образцов

1.1.1. Анализ процесса распределения в рамках использования системы Vision A1

Компания ООО «Медика Продакт» [6] является поставщиком медицинского оборудования и занимается разработкой программного обеспечения для него. Компания разрабатывает и использует систему Vision A1 [7], предназначенную для работы с результатами цифровой микроскопии. Система состоит из трех основных компонентов – десктопной версии Vision, веб-версии Vision Suite и соединяющей их Vision Communication.

На преаналитическом этапе осуществляется забор биологического материала, после чего физический образец поступает в лабораторию и проходит процедуру сканирования с использованием цифровых микроскопов. Полученные цифровые изображения загружаются в приложение Vision, откуда, согласно заданным правилам отправки, направляются через компонент Vision Communication в Vision Suite (Рисунок 1.1). Результаты анализов в виде отчетов отправляются в ЛИС.

Пробы при этом размещаются в репозитории, связанном с конкретной организацией-лабораторией, и становятся доступны всем специалистам, имеющим соответствующий доступ.

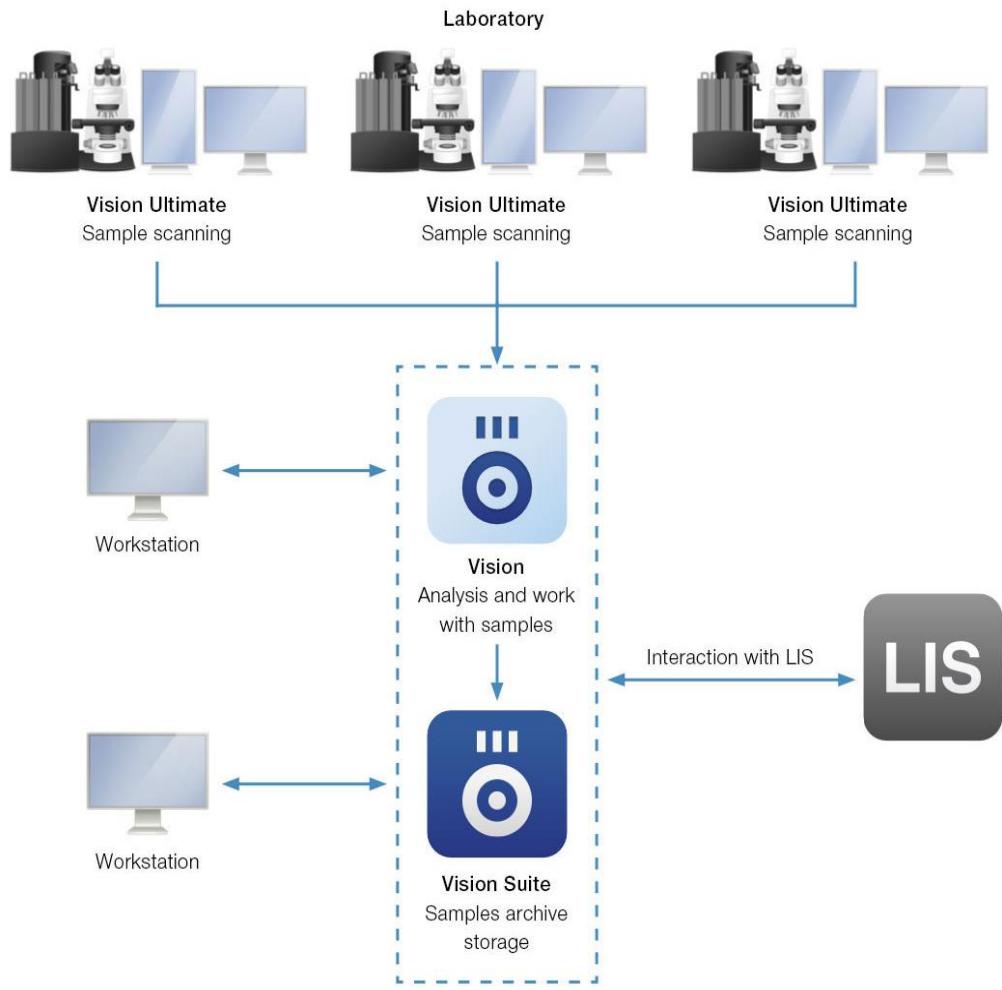


Рисунок 1.1 – Архитектура взаимодействия компонентов Vision A1 и ЛИС

В существующей реализации Vision A1 процесс назначения ответственных специалистов может инициироваться после добавления появления её в веб-интерфейсе Vision Suite. Однако функциональность назначения ответственных непосредственно в системе отсутствует. Назначение осуществляется администратором вне рамок программного обеспечения – он связывается с конкретным специалистом по электронной почте и согласует его готовность принять пробу в работу. Более детально данный процесс представлен на рисунке 1.2. Следует отметить, что в рамках существующего процесса администратор несёт ответственность за назначение врача на каждую пробу, поступающую с систем сканирования. В случае необходимости привлечения другого специалиста – например, при отсутствии достаточной квалификации для валидации конкретной пробы – врач обязан инициировать обратную связь с администратором для последующего перераспределения ответственности. Аналогичный процесс осуществляется и в ситуациях, когда пробы отсутствуют в репозитории у назначенного врача, что может свидетельствовать об ошибке на этапе передачи идентификатора пробы администратором.

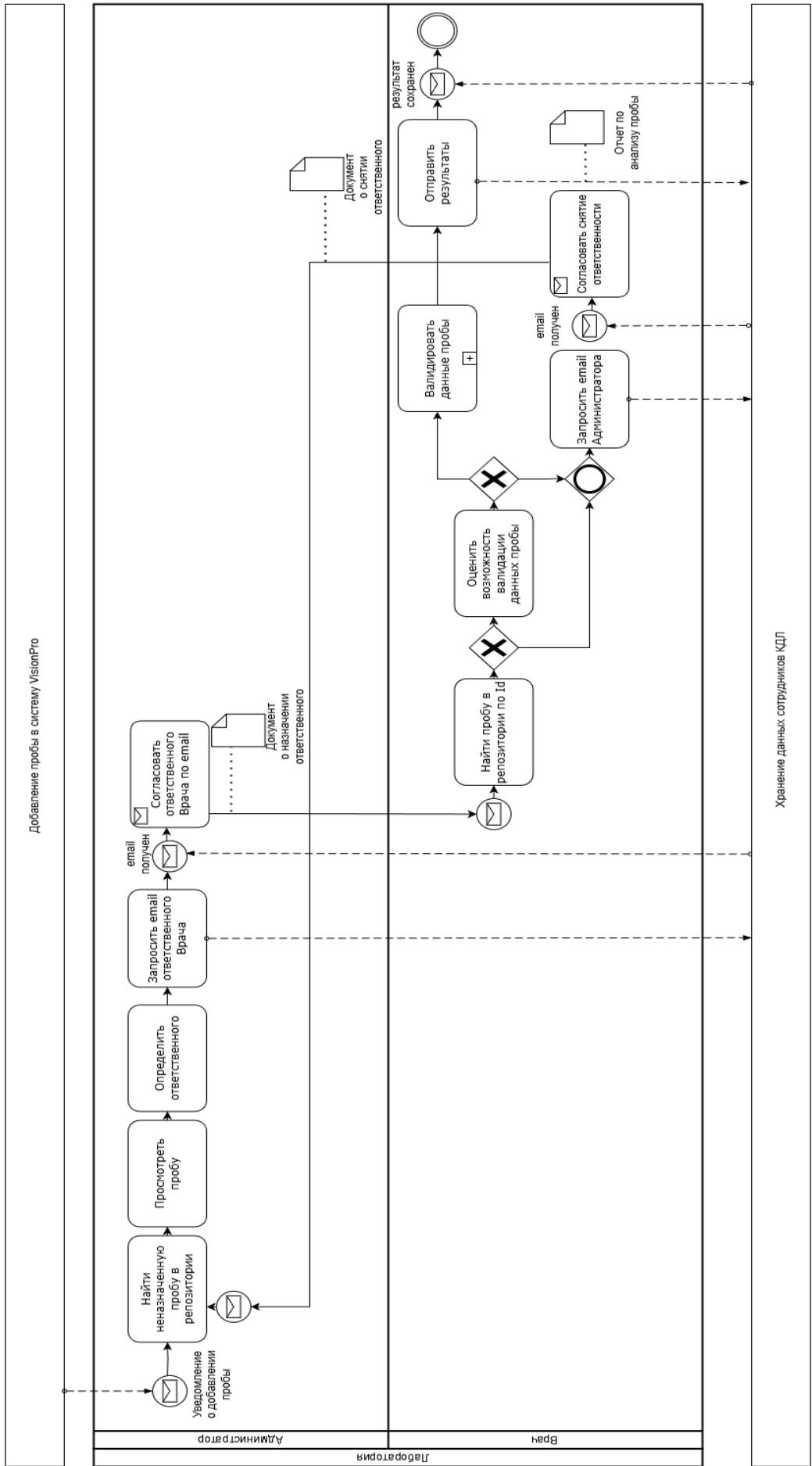


Рисунок 1.2 – Диаграмма BPMN процесса распределения

Таким образом, действующая схема назначения ответственных специалистов не только не автоматизирована, но и подвержена рискам, связанным с человеческим фактором и безопасностью передачи данных вне системы. Более того, ограниченная осведомлённость администраторов о конкретной специализации врачей может снижать актуальность и обоснованность выбора исполнителя.

1.1.2. Выявление факторов, влияющих на распределение ресурсов в лабораторных условиях

Ошибка преаналитического этапа является наиболее вероятной на этапе обработки проб [18]. Поскольку рабочие процессы в цитопатологических лабораториях во многом выполняются вручную, что увеличивает риск появления ошибок, вызванных человеческим фактором [8]. Кроме того, раздробленные и плохо интегрированные ИТ-системы создают дополнительные сложности, влияя на точность распределения образцов. Поскольку распределение оцифрованных проб между врачами является частью преаналитического этапа, именно здесь необходимо минимизировать ошибки за счет автоматизации и оптимизации текущего процесса. На основе анализа научной литературы будет выявлены ключевые факторы, влияющие на назначение ответственных специалистов.

Одним из ключевых факторов, влияющих на оптимальное распределение проб, является прозрачность процесса распределения. Прозрачные процессы позволяют всем участникам видеть, как и почему принимаются решения, что особенно важно в медицинских лабораториях. Исследования показывают, что прозрачность в лабораторных системах улучшает коммуникацию, управление ресурсами и принятие решений [9].

Специализация и навыки лаборантов играют важную роль в оптимальном распределении цитологических проб. Согласно данным статьи [10], внедрение цифровой патологии требует значительных изменений в рабочих процессах, включая использование визуализации всего слайда и цифрового вспомогательного анализа изображений. При этом биомедицинские лабораторные ученые становятся основными специалистами, отвечающими за преаналитический этап, а также за обеспечение качества обработки изображений. Исследование подчеркивает, что специалисты с разным уровнем подготовки и опыта по-разному адаптируются к новым технологиям, а передача задач от патологов лаборантам, работающим с цифровыми образцами, требует дополнительного обучения и профессионального развития. Таким образом, при распределении оцифрованных проб необходимо учитывать квалификацию каждого специалиста, чтобы повысить точность и эффективность диагностики.

Учет информации о пациенте также представляет собой важный фактор в процессе распределения цитологических проб. Атрибуты пациента могут напрямую влиять как на предварительное определение характеристик пробы, так и на выбор специалиста, обладающего необходимой квалификацией или опытом работы с определёнными случаями. Это особенно актуально в контексте цифровой медицины, где данные пациента могут быть использованы для предварительной

фильтрации, автоматической маркировки или даже определения приоритетности обработки [9 и].

В 2016 году было проведено исследование, посвященное сложности анализируемых проб и необходимости проведения дополнительных тестов в зависимости от результатов первичной диагностики [11]. Особое внимание уделяется случаям, когда малый объем биопсийных или цитологических образцов является единственным доступным материалом для постановки диагноза и проведения дальнейших исследований, особенно в контексте запущенных заболеваний, таких как рак. В этих ситуациях модуль распределения проб должен учитывать атрибуты цитологических образцов, например, флага патологии, который позволяет своевременно выявить необходимость дополнительных молекулярных или цитологических тестов.

Обобщая рассмотренные материалы, в таблице 1 представлены факторы, оказывающие влияние на процесс распределения проб, с указанием их степени воздействия и конкретных аспектов, на которые они влияют в контексте распределения.

Таблица 1 – Сводная таблица по факторам, влияющим на процесс распределения

№	Фактор	Степень влияния	На что влияет
1	Атрибуты пробы	Сильное	На возможность назначения с учетом специфики анализа. В контексте распределения – на время назначения пробы
2	Характеристики пациента	Сильное	На возможность назначения с учетом клинического контекста. В контексте распределения – на время назначения пробы
3	Прозрачность системы распределения	Среднее	На понимание, как действует механизм автоматического распределения. В контексте распределения – на время разрешения спорных ситуаций.
4	Квалификация специалиста	Слабое	На возможность проведения анализа. В контексте распределения – на необходимость переназначения специалиста

1.1.3. Выбор подхода к оптимизации процесса распределения цитологических образцов

Эффективное распределение человеческих ресурсов требует грамотного выбора подхода к оптимизации самого процесса. В условиях лабораторной работы это означает необходимость выстроить такой механизм распределения цитологических проб, при котором администратор не будет задействован в назначении каждой отдельной пробы вручную.

Для оценки текущего состояния процесса и постановки целей оптимизации были определены ключевые метрики, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Таблица основных метрик

Метрика	Как измеряется	Значение в существующем процессе	Целевое значение
Время назначения 1 образца	Время между поступлением образца в систему и подтверждением назначения врачом (с учётом задержек отклика)	14 минут	2 мин
Процент ручных вмешательств	Отношение количества назначений, сделанных вручную к всем назначениям (также учитываются повторные назначения)	100%	25%
Процент случаев с ошибкой, обусловленной человеческим фактором	Отношение количества ошибочных назначений к всем назначениям	4,5%	2%
Количество кликов	Считается среднее количество кликов от страницы проб до окончания операции назначения (повторные назначения не учитываются)	18 кликов	4 клика

Для достижения целевых метрик необходимо учитывать несколько факторов, напрямую влияющих на процесс распределения цитологических проб: использование автоматических уведомлений и более независимого подхода распределения в связке с факторами, выявленными в результате выполнения предыдущей подзадачи.

Существуют различные подходы к оптимизации бизнес-процессов. Для определения наиболее подходящего из них был проведён детальный анализ научных источников, посвящённых данному вопросу. Согласно исследованию [12], выделяются четыре основных подхода к оптимизации бизнес-процессов: основанные на правилах, эвристические алгоритмы, методы машинного обучения и линейное программирование. Каждый из этих подходов обладает своими особенностями и применяется в зависимости от сложности задачи и наличия необходимых данных для реализации.

Правила принятия решений играют важную роль в оптимизации процессов в здравоохранении, обеспечивая их структурированность и предсказуемость. Они позволяют стандартизировать клинические назначения и управление ресурсами, снижая влияние субъективных факторов. Однако, как отмечают в исследовании [13], их применение сопряжено с рядом сложностей. В частности, такие правила сложны в настройке, а адаптация к динамически меняющимся условиям зачастую требует дополнительных алгоритмических решений.

Машинное обучение обладает значительным потенциалом для преобразования здравоохранения, поддерживая принятие сложных клинических решений и автоматизируя многие рутинные задачи, что позволяет освободить время врачей. Но несмотря на растущий интерес и одобрение регулирующими органами, его использование в повседневной клинической практике остаётся ограниченным [14, 15]. Это обусловлено необходимостью наличия соответствующей инфраструктуры и ресурсов, включая доступ к обширным наборам клинических данных в реальном времени, а также требуемыми техническими навыками в области науки о данных.

Проблемы с безопасностью данных, трудности с интеграцией в рабочие процессы и неопределенность в оценке таких инструментов также препятствуют их повсеместному внедрению.

Общий обзор применения эвристических алгоритмов представлен в работе [12]. В данном исследовании рассматриваются описывается, что эвристические методы представляют собой группу подходов к оптимизации, ориентированную на снижение вероятности получения лишь локально оптимального решения. Эти методы позволяют находить качественные решения. Благодаря способности находить баланс между затратами на выполнение и качеством решения, эвристические алгоритмы считаются одной из наиболее эффективных стратегий для решения задач распределения ресурсов.

Кроме того, существует исследование, посвящённое применению данных алгоритмов в медицине, которое рассматривает их использование для оптимизации распределения медицинских ресурсов [16]. Данное исследование наглядно показывает, какие именно недостатки эвристических алгоритмов проявляются в медицине. Во-первых, они могут приводить к трудностям с интерпретируемостью, что затрудняет принятие клинических решений и соблюдение нормативных требований. Во-вторых, их использование требует значительных вычислительных ресурсов. В-третьих, существует риск предвзятости в рекомендациях, особенно при неправильном выборе характеристик модели.

Четвертый подход, линейное программирование, основывается на чисто математической модели, что приводит к достаточно сложным методам решения. В этом подходе цели и ограничения формулируются как линейные функции. Во время выполнения каждое возможное решение оценивается и сравнивается для нахождения оптимального. Это обеспечивает более оптимальное решение по сравнению с вышеупомянутыми подходами. Однако недостатком является то, что оценка каждого возможного решения требует значительных вычислительных ресурсов [17]. Кроме того, линейное программирование сталкивается с трудностями при внесении изменений в исходную модель. Добавление новых ограничений или изменение параметров задачи, таких как ресурсы, доступные альтернативы или условия оптимизации, требует пересмотра всей математической структуры и пересчета решений.

Сводная таблица сравнения изученных подходов по критериям, имеющим наибольшее значение для внедрения модуля в программное обеспечение, разрабатываемое ООО «Медика Продакт», представлена в таблице 3. Критерии были определены на основе ограничений проекта и факторов, выявленных на предыдущем этапе.

Таблица 3 - Сводная таблица по возможностям изученных подходов

Критерий	Машинное обучение	Основанный на правилах	Эвристические алгоритмы	Линейное программирование
Прозрачность работы	2	3	1	2
Осуществимость в условиях ограниченных данных	2	3	2	1

Критерий	Машинное обучение	Основанный на правилах	Эвристические алгоритмы	Линейное программирование
Оптимальность	2	1	2	3
Требование к инфраструктуре	2	3	3	1
Сложность реализации	1	2	2	3

1.2. Анализ существующих решений

Так как распределение цитологических образцов является сложным технологическим процессом, требующим точного соблюдения регламентов лаборатории и минимизации человеческого фактора, для его автоматизации существует ряд решений как специализированных, так и общего назначения:

1. МедПроЛИС – отечественная лабораторная информационная система, ориентированная на автоматизацию процессов в медицинских учреждениях.
2. ЛИСЛабСервис – система, предназначенная для управления лабораторными потоками и автоматизации документооборота в учреждениях здравоохранения.
3. Trello – платформа для управления проектами и рабочими процессами, широко используемая для организации коллективной работы.
4. Asana – система управления задачами, предназначенная для координации командной работы и контроля над выполнением процессов.

Разберем более подробно каждое из решений.

МедПроЛИС – система автоматизации лабораторных процессов. Преимущества в контексте распределения тестологических образцов:

1. Есть встроенные механизмы автоматизации распределения задач между специалистами.
2. Поддерживается отслеживание статуса выполнения для каждого образца.

Недостатки в контексте распределения:

1. Высокая стоимость внедрения и сопровождения.
2. Нет поддержки работы с атрибутами образцов для автоматического распределения.
3. Требуется привлечение сертифицированных интеграторов для внесения изменений в распределение процессов.
4. Продукт сильно завязан на государственные медицинские учреждения и плохо приспособлен к гибкой кастомизации под КДЛ.

ЛИС ЛабСервис – специализированная система для лабораторий. Преимущества в контексте распределения тестологических образцов:

1. Поддерживается гибкая настройка маршрутов распределения образцов.
2. Есть возможность автоматического назначения ответственных на основе заданных критериев.

Недостатки в контексте распределения:

1. Нет готовых решений для специфических процессов, таких как распределение тестологических образцов с учётом экспертной квалификации или других атрибутов проб.
2. Ограниченные возможности для адаптации процессов под нестандартные задачи.
3. Интеграция внешних атрибутов проб в процесс назначения ответственным требует доработок.

Trello – система управления задачами. Преимущества в контексте распределения тестологических образцов:

1. Возможность вручную распределять задачи между исполнителями.
2. Удобная визуализация процессов через канбан-доски.

Недостатки в контексте распределения:

1. Нет поддержки работы с атрибутами образцов для автоматического распределения.
2. Отсутствие защиты медицинских данных и разграничения прав доступа на уровне доступа к отдельным пробам.
3. Продукт не сертифицирован для работы с медицинскими данными.

Asana – система управления проектами. Преимущества в контексте распределения тестологических образцов:

1. Можно настраивать этапы выполнения задач и назначать ответственных вручную.
2. Интеграция с внешними сервисами для оповещений и напоминаний.

Недостатки в контексте распределения:

1. Нет поддержки работы с атрибутами образцов для автоматического распределения.
2. Ограниченнная адаптация под лабораторные процессы (нельзя напрямую связать образец и задачу по критериям).
3. Высокая стоимость полноценного функционала.
4. Отсутствие встроенной защиты данных на уровне требований медицинской сферы.

Сводная таблица преимуществ и недостатков существующих решений приведена в таблице 4.

Таблица 4 - Сводная таблица по возможностям аналогов

Критерий	МедПроЛИС	ЛИС ЛабСервис	Trello	Asana
Коммерческая основа продукта	+	+	+	+
Информационная безопасность	+	+	+	-
Назначение образца (задачи) вручную	-	-	+	+
Назначение образца (задачи) на основе атрибутов пробы	-	-	-	-
Гибкая модель использования	-	-	+	-
Фильтрация по ответственному	+	+	+	+
Отправка уведомлений о назначении	-	-	+	+
Отправка уведомлений о завершении анализа (задачи)	-	-	+	-

1.3. Анализ требований к средствам автоматизации процесса

Проанализировав существующие подходы к решению проблемы бизнес-процесса по распределению задач и сравнив существующие решения, можно сделать вывод, что ни одна система не способна адаптироваться под модель применимую в рамках условий клинической диагностики и нет возможности интегрировать их в систему Vision A1 без существенных доработок.

С учетом выбранного подхода к оптимизации процесса, для модуля аутсорсинга цитологических образцов необходимо определить следующие функции:

1. Выполняемые Администратором.
 - a. Получить пробы.
 - b. Просмотреть данные пробы.
 - c. Отфильтровать пробы по ответственным.
 - d. Назначить ответственных вручную.
 - e. Назначить ответственных автоматически.
 - f. Получить уведомление о выполнении пробы.
2. Выполняемые врачом.
 - a. Получить уведомление о назначении пробы.
 - b. Валидировать данные пробы.

На рисунке 1.3 представлена диаграмма вариантов использования для Администратора.

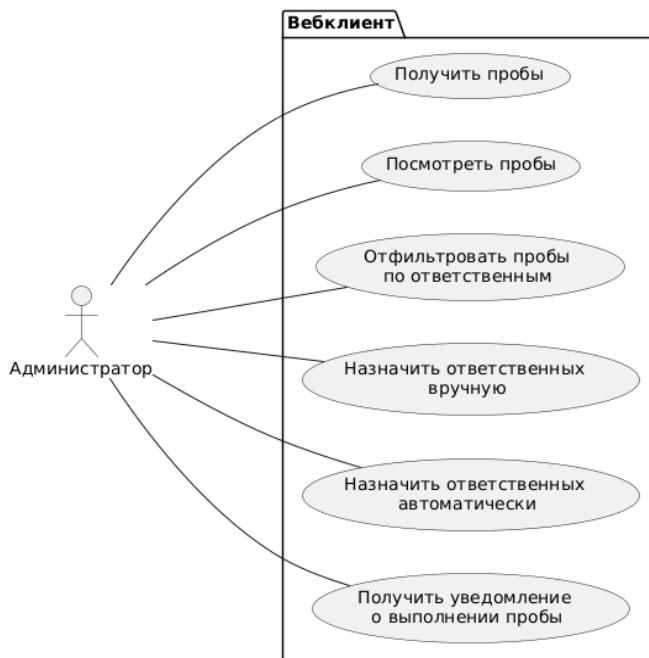


Рисунок 1.3 – Диаграмма прецедентов Администратора. Основные прецеденты

После был декомпозирован прецедент Назначить ответственных автоматически (рисунок 1.4)

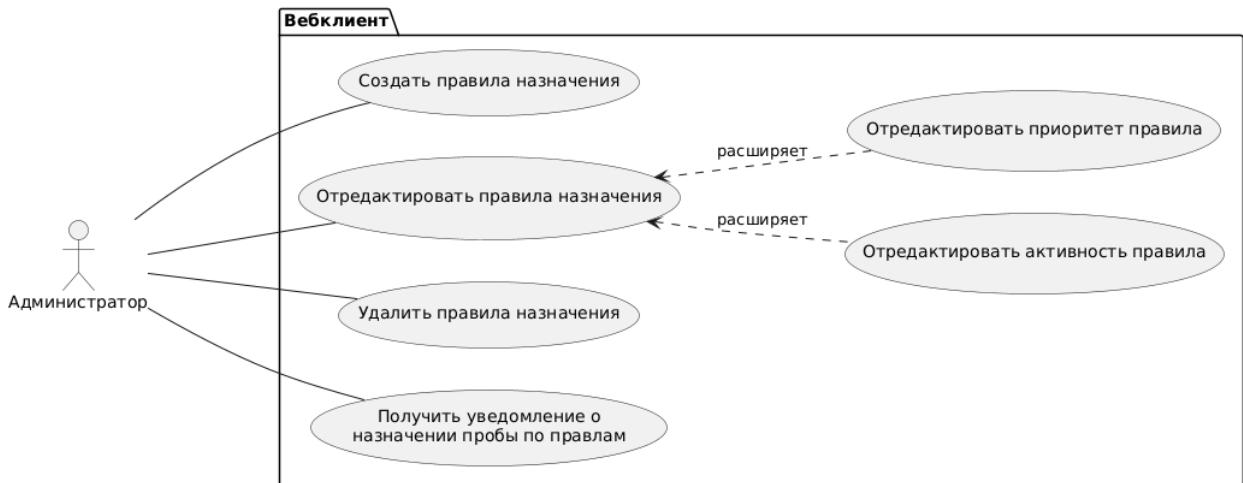


Рисунок 1.4 – Диаграмма прецедентов Администратора. Декомпозиция прецедента Назначить ответственных автоматически

Также был декомпозирован прецедент Назначить ответственных вручную (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Диаграмма прецедентов Администратора. Декомпозиция прецедента Назначить ответственных вручную

Вслед за функциональными требованиями необходимо определить и нефункциональные:

1. Совместимость

Разрабатываемый модуль должен поддерживать обмен данными с системой Vision A1 компании ООО «Медика Продакт» через API на основе протокола RESTful с использованием формата JSON.

2. Безопасность.

Доступ к данным должен быть разграничен по ролевой модели с привилегиями, исключая возможность доступа неавторизованных пользователей.

Каждая попытка назначить ответственного должна логироваться

3. Удобство использования

Пользователь должен выполнять ключевые операции (назначения ответственных, изменение и тд) не более чем за 4 клика, начиная со страницы Проб системы Vision A1.

Время отклика пользовательского интерфейса на запросы не должно превышать 1 секунды в 95% случаев.

4. Совместимость с веб-браузерами.

Приложение должно быть совместимо с последними стабильными версиями (на декабрь 2024 года) Google Chrome, Яндекс.Браузера, Safary.

1.4. Результаты анализа предметной области

На основе проведённого анализа установлено, что процесс распределения цитологических образцов в лабораториях, использующих систему Vision A1, осуществляется вручную с полной зависимостью от труда администратора, что приводит к высоким затратам времени и рискам ошибок, связанных с человеческим фактором. Бизнес-процесс распределения был formalизован с использованием нотации BPMN, что позволило выявить основные этапы и участников процесса.

В результате анализа научной и практической литературы выявлены ключевые факторы, влияющие на эффективность распределения образцов, среди которых: рабочая загрузка на специалистов, атрибуты цитологических образцов и прозрачность процесса распределения.

Проведён выбор подхода к оптимизации существующего процесса распределения. На основе влияния на ключевые метрики, возможность использования выявленных факторов и оценки применимости к условиям лабораторной работы в рамках использования системы Vision A1 выбран подход, основанный на применении логических правил автоматизированного назначения.

Проведен анализ существующих решений, в результате которого составлены портреты конкурирующих систем и подтверждена необходимость разработки собственного решения.

На основании полученных данных сформулированы и formalизованы функциональные требования, а также определены атрибуты качества и ограничения, связанные с разработкой (нефункциональные требования). Подготовлено техническое задание (см. ПРИЛОЖЕНИЕ А).

ГЛАВА 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Данная глава посвящена проектированию модуля автоматизированного распределения цитологических образцов в рамках системы Vision A1. Для успешной реализации этого модуля необходимо решить следующие задачи проектирования, каждая из которых требует детальной проработки:

1. Выбор и обоснование базового архитектурного стиля решения для реализации модуля. В этой задаче необходимо выбрать оптимальный архитектурный стиль для реализации модуля, который обеспечит его интеграцию с системой Vision A1. Результатом выполнения этой задачи станет описание выбранной архитектуры, включая обоснование ее выбора в контексте требуемых функциональных и нефункциональных требований. Результат будет представлен в виде диаграммы компонентов.

Выбор и обоснование используемых технологий. С учетом выбранного архитектурного стиля и предъявляемых нефункциональных требований необходимо определить набор технологий и инструментов, которые будут использоваться при реализации модуля. Это включает выбор языков программирования, среды исполнения, библиотек и средств хранения данных. Результатом задачи станет обоснованный перечень выбранных технологий с указанием причин выбора.

Разработка системы для создания логических правил для автоматизации процесса распределения образцов с учетом факторов, влияющих на назначение. В этой задаче разрабатывается система, которая позволит пользователю создавать логические правила для распределения образцов с учетом таких факторов, как атрибуты пробы, специфика анализа, данные пациента. Система будет предусматривать выбор различных условий для разных типов данных и возможность связывания этих условий в правила.

2. Проектирование базы данных для хранения информации на основе данных, необходимых для системы логических данных и существующей структуры базы данных. В рамках этой задачи нужно спроектировать структуру базы данных, которая будет хранить всю информацию, необходимую для работы модуля, включая данные о цитологических образцах, специалистах и процессе их назначения. Результатом будет схема базы данных с подробным описанием таблиц, их атрибутов и взаимосвязей, представленных в виде диаграмм и описания структуры.

3. Разработка пользовательских интерфейсов для взаимодействия с системой, учитывая выбранные технологии и применяемые инструменты в Vision A1. Для обеспечения удобства работы с системой необходимо разработать интуитивно понятные интерфейсы для пользователей. Это включает в себя проектирование интерфейсов для администраторов и врачей, с учетом всех технических требований и особенностей интеграции с Vision A1. Результатом выполнения задачи будет набор макетов пользовательских интерфейсов, а также описание их функциональности.

2.1. Обоснование выбора базового архитектурного стиля

В качестве базового архитектурного стиля была выбрана клиент-серверная архитектура, что обусловлено следующими факторами:

1. Интеграционные требования. Система Vision A1 использует REST API для взаимодействия между компонентами. Клиент-серверная архитектура является естественным выбором, так как позволяет:

- a. Организовать стандартизированное взаимодействие через REST-интерфейсы.
- b. Использовать существующие механизмы аутентификации и авторизации Vision A1
- c. Минимизировать затраты на интеграцию за счет следования уже установленным в системе паттернам.

2. Особенности работы с медицинскими данными. Обработка цитологических образцов требует:

- a. Централизованного хранения и управления данными.
- b. Строгого контроля доступа и аудита операций.
- c. Гарантий целостности информации.

Клиент-серверная модель оптимально соответствует этим требованиям.

3. Архитектурные преимущества. Выбранный подход обеспечивает:

- a. Четкое разделение ответственности между компонентами
- b. Возможность независимого масштабирования клиентской и серверной частей
- c. Гибкость в развитии функциональности
- d. Упрощенное тестирование и развертывание

4. Соответствие нормативным требованиям. Архитектура поддерживает выполнение требований:

- a. Федерального закона №152-ФЗ о персональных данных

Выбранная архитектура предполагает реализацию серверного компонента, интегрированного с Vision A1 через REST API, и клиентского компонента для настройки правил и просмотра проб в зависимости от назначенного ответственного. Такое решение обеспечивает баланс между производительностью, безопасностью и простотой интеграции с существующей системой.

2.2. Обоснование выбора используемых технологий

На основании выбранной архитектурной модели и ограничений заказчика были определены технологии реализации.

Технологии для клиентской части модуля:

1. React – используется как основная библиотека для создания клиентской части приложения.
 - a. React уже используется в Vision Suite, что обеспечит совместимость и упростит поддержку модуля в будущем со стороны команды разработки ООО «Медика Продакт».

- b. Является одним из самых популярных решений для разработки SPA-приложений, что снижает порог входа и упрощает привлечение новых разработчиков.
 - c. Широкое сообщество и активная экосистема позволяют быстро находить решения и использовать готовые библиотеки.
2. TypeScript – используется в качестве основного языка программирования для клиентской части.
- a. Позволяет повысить надежность и читаемость кода за счет строгой типизации, что особенно важно в масштабируемых проектах.
 - b. Уже интегрирован в существующие модули Vision Suite, что упрощает стандартизацию разработки.
 - c. Улучшает взаимодействие с IDE и средствами статического анализа, ускоряя разработку и отладку.
3. Webpack – применяется в качестве сборщика клиентской части.
- a. Обеспечивает гибкую настройку процесса сборки, включая минификацию, транспиляцию и разделение кода.
 - b. Совместим с существующими процессами CI/CD в ООО «Медика Продакт».
 - c. Позволяет оптимизировать загрузку приложения, что важно для интерфейсов с высокой интерактивностью.

Технологии для серверной части модуля:

4. C# – основной язык программирования на серверной стороне.
- a. C# уже используется в Vision Suite, что обеспечит совместимость и упростит поддержку модуля в будущем со стороны команды разработки ООО «Медика Продакт».
 - b. Позволяет использовать уже готовые библиотеки и инфраструктуру без дублирования функционала.
 - c. Хорошо интегрируется с ASP.NET и Entity Framework
5. ASP.NET Core используется для создания REST API.
- a. Обеспечивает высокую производительность и кроссплатформенность.
 - b. Является частью стандартного стека, применяемого в проектах ООО «Медика Продакт».
6. Entity Framework выбран в качестве ORM-решения.
- a. Поддерживает миграции, что упрощает обновление схемы данных.
 - b. Позволяет использовать объектно-ориентированный подход к работе с БД.
 - c. Уже интегрирован в инфраструктуру Vision Suite, что упрощает внедрение нового модуля.

2.3. Разработка системы логических правил

Перед проектированием системы правил необходимо понять, как они будут применяться. Во избежания динамического перераспределения, применение логических правил выполняется однократно – в момент поступления пробы из

Vision в Vision Suite, фиксируя назначение ответственного на этапе добавления пробы в базу данных.

На этапе анализа были выявлены три ключевых фактора, влияющих на процесс распределения цитологических образцов: нагрузка на специалистов, флаг патологии и тип пробы. Эти факторы служат основой для формирования логических правил распределения. Кроме того, помимо этих факторов, пользователю будет предоставлена возможность выбрать значения атрибутов пробы. Атрибуты пробы могут зависеть от её типа или быть пользовательскими, то есть добавленными одним из врачей репозитория. Важно, что для различных типов атрибутов будут применяться различные условия и операторы.

Процесс проектирования системы логических правил предполагает использование следующих типов атрибутов и соответствующих им условий:

1. Булевые атрибуты:

- Операции: равно.
- Значения: правда, ложь.
- Пример применения: флаг патологии.

2. Цифровые атрибуты:

- Операции: равно, не равно, больше, меньше, больше или равно, меньше или равно.
- Значения: любое числовое значение, которое принимает атрибут.
- Пример применения: количество реактивных изменений.

3. Строковые атрибуты:

- Операции: отсутствует, присутствует, соответствует, не соответствует, начинается, заканчивается, содержит, не содержит.
- Значения: любая строка.
- Пример применения: комментарий к пробе.

4. Дата/время:

- Операции: равно, не равно, до, после, между.
- Значения: дата или промежуток дат.
- Пример применения: дата взятия пробы.

Используя атрибуты пробы, Администратор самостоятельно составляет правила для назначения из блоков условий. При этом каждое правило обязательно должно содержать назначаемого пользователя, то есть специалиста, на которого будет направлена пробы в случае выполнения всех условий.

Ниже представлен формализация правила и пример правила.

Правило распределения представляет собой набор условий, объединённых логическими операциями (И / ИЛИ). Каждое условие основано на значении одного атрибута исследуемой пробы. Условие включает в себя:

1. Атрибут (например, флаг патологии, количество клеток);
2. Оператор сравнения ($=$, $>$, $<$, \exists , \neq , \leq , \geq и другие из описанных выше в зависимости от типа атрибута);
3. Значение для сравнения (константа, подстрока или дата).

Формально, каждое правило R можно представить как:

$R = C_1 \text{ op}_1 C_2 \text{ op}_2 \dots \text{ op}_{n-1} C_n \Rightarrow$ Назначить ответственного D

где:

C_i – отдельные условия,

$\text{op}_i \in \{\wedge, \vee\}$ – логические связки (И / ИЛИ),

D – идентификатор назначаемого специалиста.

Каждое условие C_i имеет вид: $C_i = \text{атрибут}_i \text{ оператор}_i \text{ значение}_i$

Алгоритм интерпретации правила:

1. Пройти по всем условиям в правиле.
2. Оценить условия на основе атрибутов конкретной пробы.
3. Объединить результаты согласно логическим связкам.
4. Если итоговое выражение истинно – проба автоматически направляется назначенному специалисту.

Описание грамматики правила в Бэкусовой нормальной форме приведено в ПРИЛОЖЕНИИ В.

Рассмотрим пример правила. Имеется набор условий для системы логических правил:

A – булев атрибут – флаг патологии, который равен истине.

x – числовой атрибут – количество эритроцитов, который должен быть больше 1000.

S – строковый атрибут – название системы сканирования, который содержит подстроку "тест".

t – атрибут даты – дата взятия пробы, который должен быть после 1 января 2024 года.

D – назначаемый специалист Иванова И. А.

Мы бы хотели использовать в качестве связок между условиями И.

Тогда полное логическое правило будет выглядеть следующим образом:

Если $(A = 1) \wedge (x > 1000) \wedge (S \ni \text{"тест"}) \wedge (t > 2020-01-01)$, тогда назначить ответственного: Иванова И. А.

Если проба подходит сразу под несколько правил, то применяется только одно – с наивысшим приоритетом. Приоритизация задаётся администратором вручную и служит механизмом разрешения конфликтов при многократном совпадении условий.

2.4. Проектирование базы данных

Для создания модуля аутсорсинга распределения цитологических проб была проанализирована текущая структура базы данных серверной части приложения Vision Suite. База данных включает в себя десять взаимосвязанных таблиц, структура которых представлена на диаграмме классов (рисунок 6)

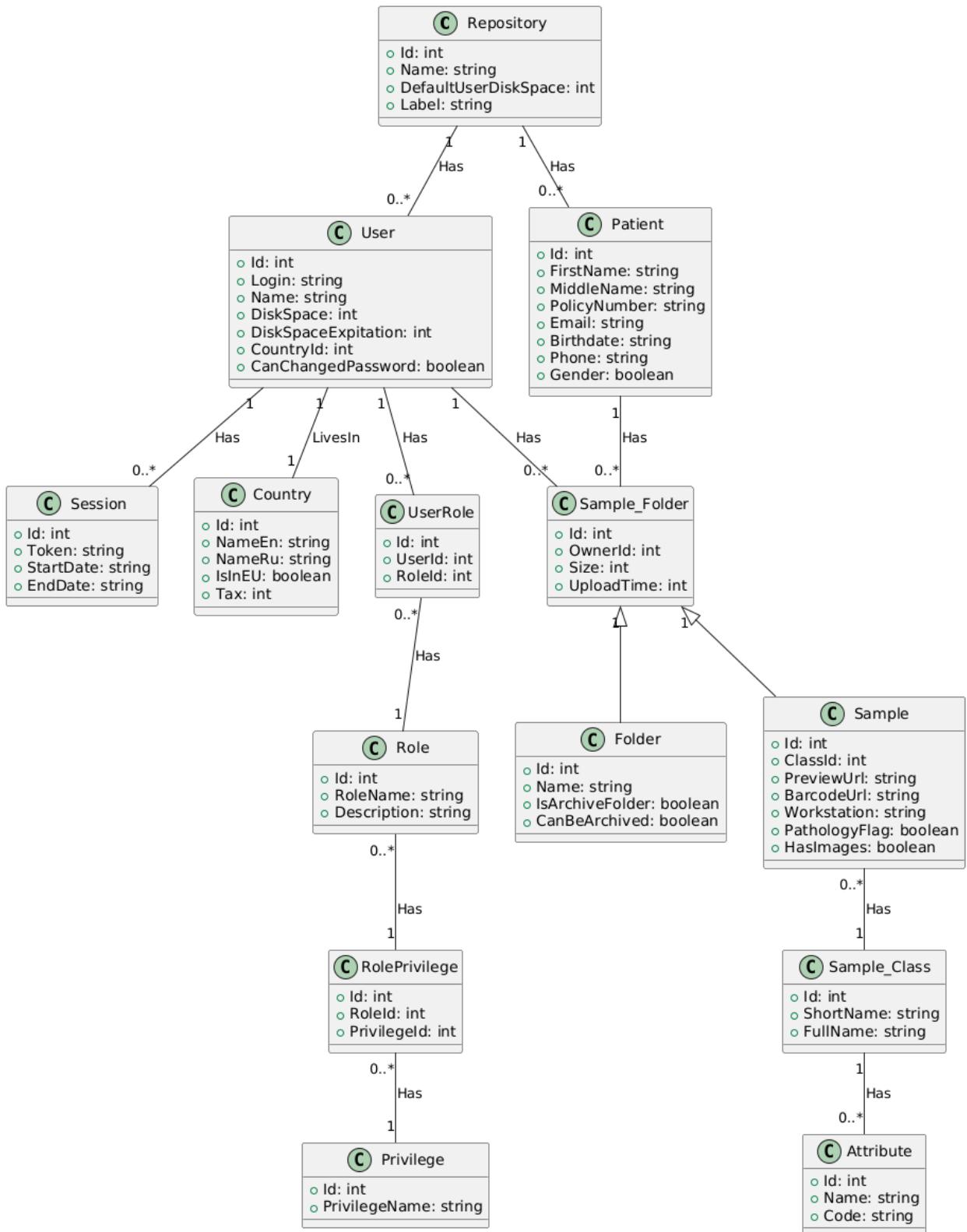


Рисунок 6 – Диаграмма классов базы данных до внесения изменений

Связь сущностей БД в концептуальной модели описана ниже:

1. Repository (Атрибуты: Id – ПК, Name, DefaultUserDiskSpace, Label)
Содержит пользователей (User) и пациентов (Patient).

2. User (Атрибуты: Id – ПК, Login, Name, DiskSpace, DiskSpaceExipation, CountryId, CanChangedPassword) Связан с репозиторием (Repository), папками с образцами (Sample_Folder), сессиями (Session), страной проживания (Country) и ролями (UserRole).
3. Patient (Атрибуты: Id – ПК, FirstName, MiddleName, PolicyNumber, Email, Birthdate, Phone, Gender) Содержится в репозитории (Repository), связан с пользователем (User) и имеет папки с образцами (Sample_Folder).
4. Sample_Folder (Атрибуты: Id – ПК, OwnerId, Size, UploadTime) Принадлежит пользователю (User) и пациенту (Patient), может содержать папки (Folder) и образцы (Sample).
5. Sample (Атрибуты: Id – ПК, ClassId, PreviewUrl, BarcodeUrl, Workstation, PathologyFlag, HasImages) Хранится в папке с образцами (Sample_Folder) и принадлежит определённому классу образцов (Sample_Class).
6. Folder (Атрибуты: Id – ПК, Name, IsArchiveFolder, CanBeArchived) Является частью папки с образцами (Sample_Folder).
7. Session (Атрибуты: Id – ПК, Token, StartDate, EndDate) Привязана к пользователю (User).
8. Country (Атрибуты: Id – ПК, NameEn, NameRu, IsInEU, Tax) Представляет страну проживания пользователя (User).
9. UserRole (Атрибуты: Id – ПК, UserId, RoleId) Связывает пользователя (User) с определённой ролью (Role).
10. Role (Атрибуты: Id – ПК, RoleName, Description) Назначается пользователю через UserRole и содержит набор привилегий через RolePrivilege.
11. RolePrivilege (Атрибуты: Id – ПК, RoleId, PrivilegeId) Определяет, какие привилегии (Privilege) есть у роли (Role).
12. Privilege (Атрибуты: Id – ПК, PrivilegeName) Представляет возможные действия, доступные в системе.
13. Sample_Class (Атрибуты: Id – ПК, ShortName, FullName) Определяет тип образца (Sample) и связывается с набором атрибутов (Attribute).
14. Attribute (Атрибуты: Id – ПК, Name, Code) Описывает свойства, присущие конкретному классу образцов (Sample_Class).

В рамках проектирования дополнений к существующей модели данных была разработана таблица Sample_responsible, обеспечивающая возможность назначения ответственного специалиста за конкретную пробу (рисунок 7). Эта таблица реализует связь между пользователем, выполняющим назначение, и пробой. Следует отметить, что, несмотря на иерархическую структуру сущности SampleHierarchy, назначение ответственного возможно только на уровне сущности Sample. Назначение на уровень Folder не предусмотрено требованиями.

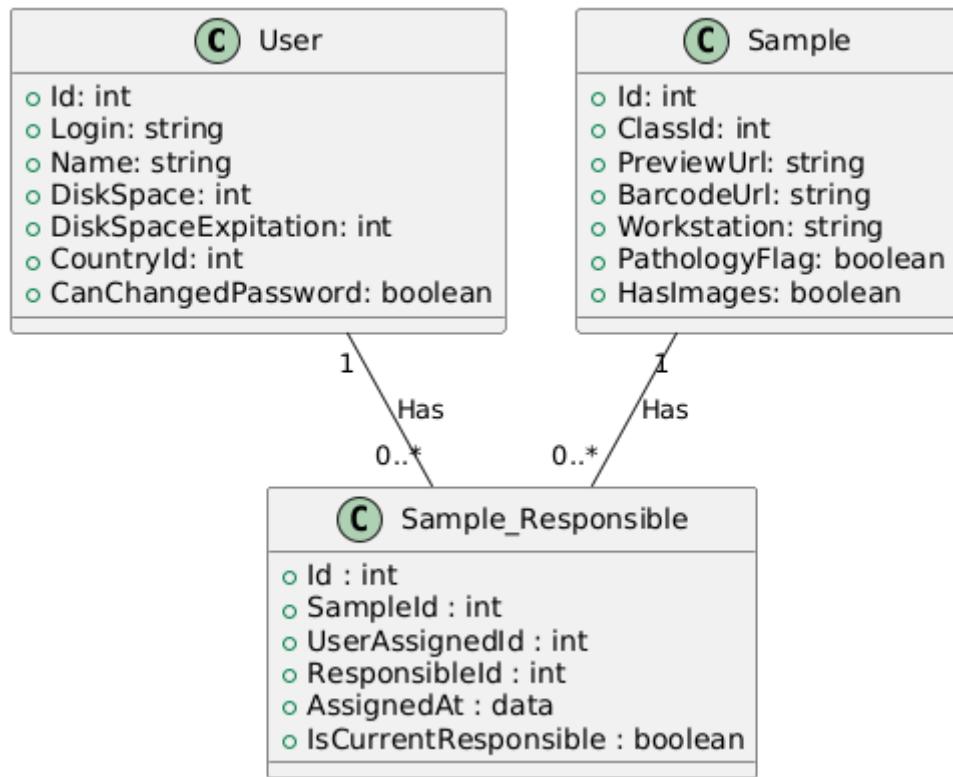


Рисунок 7 – Диаграмма классов. Таблица Sample_responsible в контексте существующей БД

Кроме того, в рамках проектирования дополнений к существующей модели данных были разработаны таблицы Rule и Condition (рисунок 8), предназначенные для хранения правил и соответствующих им условий. Эти таблицы реализуют связь с атрибутами проб, при этом один атрибут может входить в состав нескольких условий, а каждое правило может включать в себя одно или более условий. Поскольку атрибуты связаны с классом пробы, это обеспечивает возможность формирования правил на основе конкретных значений этих атрибутов, что позволяет гибко настраивать логику распределения проб.

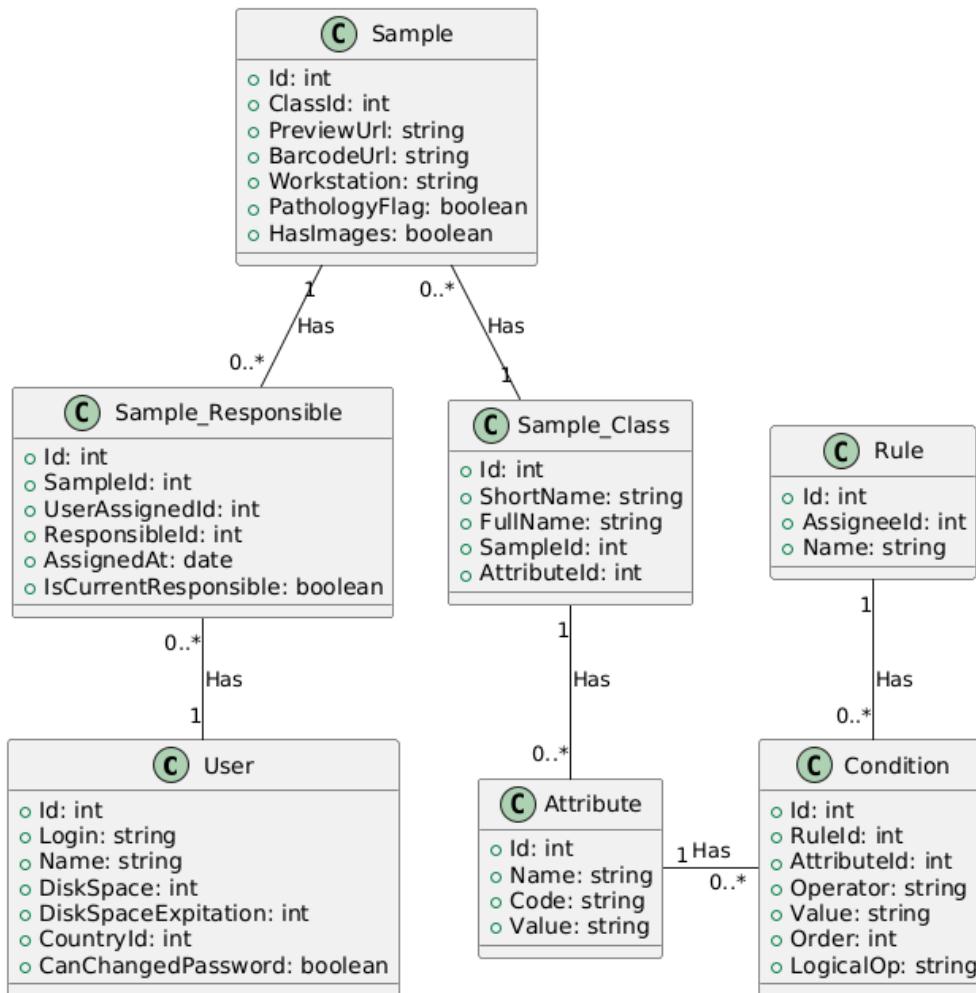


Рисунок 8 – Диаграмма классов. Таблицы Rule и Condition в контексте существующей БД

Проектируемая расширенная структура базы данных была нормализована до третьей нормальной формы (ЗНФ). Это означает, что в данной модели отсутствуют транзитивные зависимости между атрибутами, каждый неключевой атрибут зависит исключительно от первичного ключа, а таблицы не содержат избыточных или дублирующих данных, что способствует целостности и логической непротиворечивости данных.

На основе разработанной схемы, а также с учётом архитектурных решений, применяемых в существующих проектах, для работы с базой данных будет использован ORM Entity Framework. Обновление схемы базы данных будет осуществлено путём добавления соответствующего DbContext и миграции, что обеспечит автоматическое применение необходимых изменений в структуре базы данных согласно описанному проекту.

2.5. Проектирование пользовательских интерфейсов

Для разработки пользовательских интерфейсов модуля была использована библиотека BlueprintJS. Данная библиотека уже применяется в проекте Vision Suite, что обеспечивает стилистическую согласованность интерфейсов модуля с остальной системой, в том числе при последующих обновлениях.

В рамках модуля для администратора были реализованы интерфейсы, предназначенные для назначения ответственных за пробы.

На рисунке 2.3 представлено модальное окно ручного назначения одной пробы, включающий в себя:

15. Список возможных ответственных
16. Кнопка Назначить, позволяющая назначить пользователя, выбранного в списке возможных ответственных
17. Список назначенных ответственных пробы
18. Кнопка Удалить, позволяющая удалить ответственного, выбранного в списке назначенных ответственных пробы.
19. Кнопка OK, позволяющая сохранить изменения
20. Кнопка Отмена, позволяющая закрыть окно

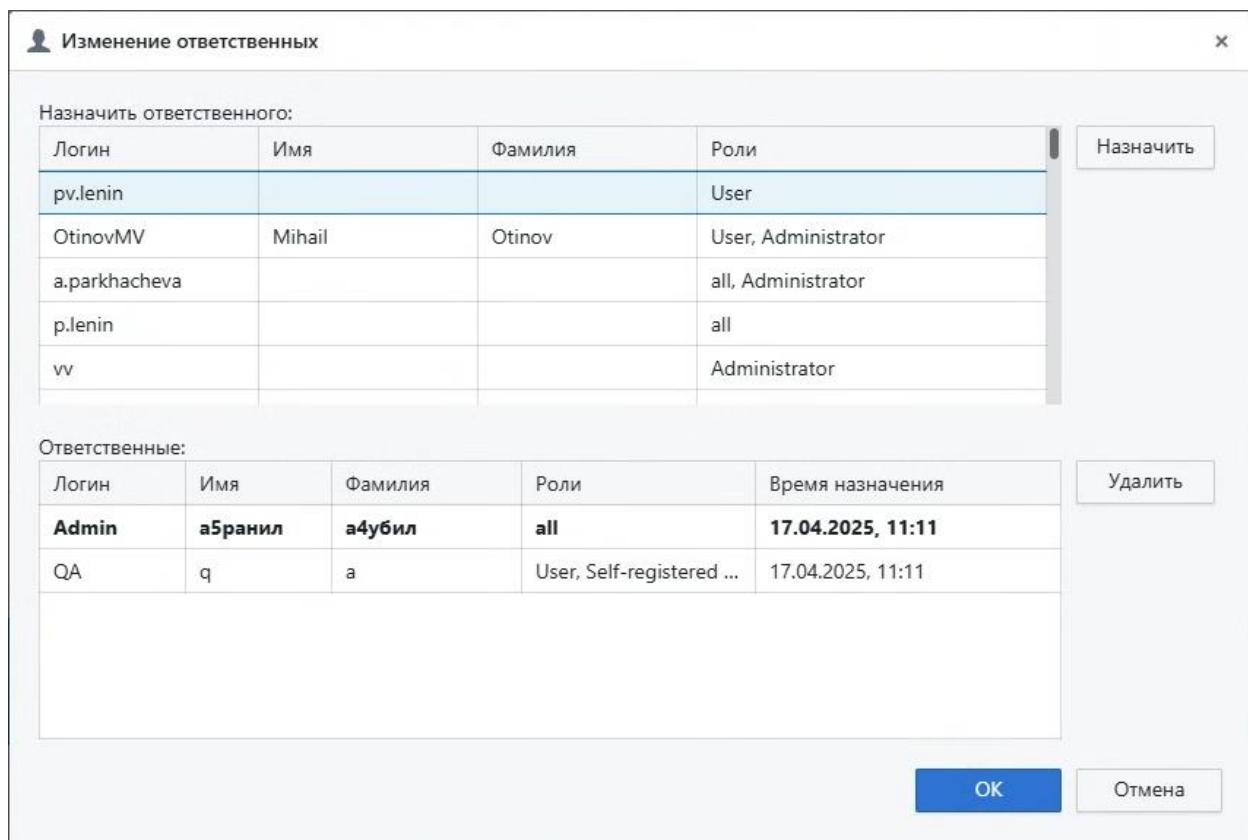


Рисунок 2.3 – Модальное окно ручного назначения одной пробы

На рисунке 2.4 представлено модальное окно ручного назначения нескольких проб, включающий в себя:

1. Список возможных ответственных
2. Кнопка OK, позволяющая назначить пользователя, выбранного в списке возможных ответственных
3. Кнопка Отмена, позволяющая закрыть окно

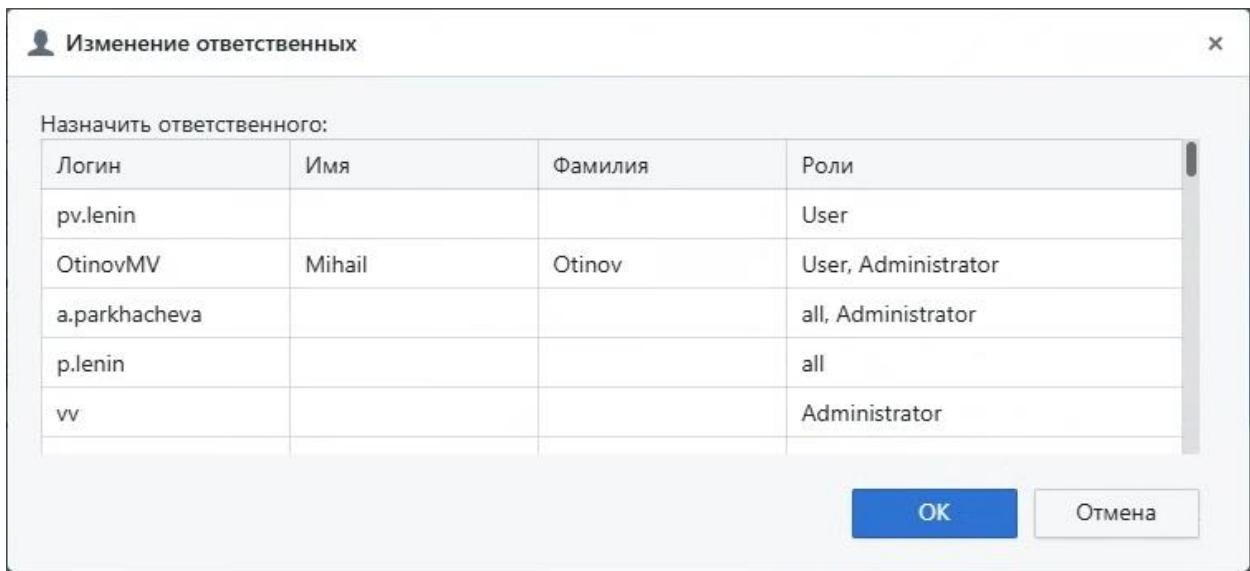


Рисунок 2.4 – Модальное окно ручного назначения нескольких проб

Более подробно разберем макет интерфейса настроек назначения с использованием правил. Данный макет включает в себя три набора компонентов:

1. Набор для добавления правила и выбора целевого действия
 2. Набор для составления правил, включая выбор логических операций и параметров с целевыми значениями.
 3. Набор для приоритезации и управлением активности правил.
- Более подробно рассмотрим каждый из них.

На рисунке 2.5 представлен макет интерфейса для добавления правила и выбора целевого действия, который включает в себя:

1. Раздел Назначение ответственных, включающий в себя список правил и компоненты для добавления
2. Кнопка Добавить, открывающая контекстное меню с выбором целевого действия правила
3. Контекстное меню, позволяющее выбрать целевое действие: добавлять или удалять ответственного при выполнении условий правила

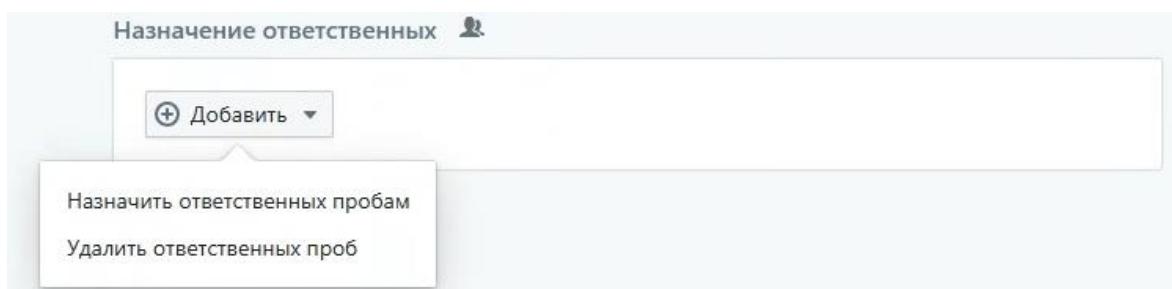


Рисунок 2.5 – Макет интерфейса настроек назначения с использованием правил

На рисунке 2.6 представлен макет интерфейса для составления правил, который включает в себя:

1. Контекстное меню с выбором ответственного.
2. Контекстное меню с выбором логического и, или.
1. Контекстное меню с выбором параметров пробы (в данном случае Типа и флага патологии).
2. Контекстное меню с выбором параметров пациента (аналогично параметрам пробы, в данном случае не используется).

Рисунок 2.6 – Макет интерфейса настроек назначения с использованием правил

На рисунке 2.7 представлен макет интерфейса для составления правил, который включает в себя:

1. Чек-бокс активности правила.
2. Кнопка Вверх, позволяющая повысить приоритет правила.
3. Кнопка Вниз, позволяющая понизить приоритет правила.
4. Кнопка Корзина, позволяющая удалить правило.

Рисунок 2.7 – Макет интерфейса настроек назначения с использованием правил

2.6. Результаты этапа проектирования

В данной главе выпускной квалификационной работы выполнено проектирование модуля автоматизированного распределения цитологических образцов и решены ключевые задачи проектирования.

1. Определена и обоснована клиент-серверная архитектура модуля, представленная в виде диаграммы компонентов, обеспечивающая интеграцию с системой Vision A1 через REST API.
2. Разработана структура базы данных модуля, включающая логическую структуру таблиц и их взаимосвязей
3. Описаны принципы работы системы правил автоматизированного распределения и сделана формализация этих правил в БНФ.
4. Представлены макеты пользовательских интерфейсов на основе уже используемых в системе Vision A1 библиотек компонентов.

ГЛАВА 3. РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

Данная глава посвящена реализации модуля для распределения цитологических образцов между врачами в условиях лабораторной нагрузки. В рамках реализации необходимо решить следующие задачи:

1. **Реализовать серверную часть модуля** – разработать REST API для обработки запросов на распределение образцов, взаимодействия с базой данных и предоставления необходимой информации клиентской части. **В качестве результата** получен программный интерфейс, обеспечивающий обработку и маршрутизацию запросов, а также взаимодействие с хранилищем данных.

2. **Реализовать клиентскую часть модуля** – создать пользовательский интерфейс для врачей, обеспечивающий доступ к информации о назначенных образцах и возможность взаимодействия с серверной частью. **В качестве результата** разработан интерфейс, предоставляющий доступ к функциональности модуля через HTTP-запросы.

3. **Протестировать модуль** – провести функциональное тестирование реализованных компонентов с целью проверки корректности работы и соответствия требованием. **В качестве результата** сформирован набор тест-кейсов и отчет о результатах тестирования, подтверждающий работоспособность модуля в условиях приближенных к реальному использованию.

3.1. Реализация серверной части

Серверная часть модуля реализована с использованием платформы .NET и построена по принципам многоуровневой архитектуры, включающей уровни контроллеров, бизнес-логики и доступа к данным. Взаимодействие с системой Vision осуществляется через REST API, что обеспечивает изоляцию модуля и его независимость от внутренней реализации других компонентов.

Основной акцент сделан на устойчивость, масштабируемость и расширяемость. Для взаимодействия с реляционной базой данных используется Entity Framework с применением паттернов Repository и Unit of Work. Это упростило поддержку, позволило отделить бизнес-логику от хранения данных и повысило удобство тестирования.

Дополнительно использовалась фабрика для подключения к одной из указанных баз данных — MS SQL или PostgreSQL — в зависимости от конфигурации, что обеспечило гибкость и унифицированный подход к работе с разными СУБД, указанный в нефункциональных требованиях к модулю в техническом задании.

Реализована система правил автоматического распределения проб между ответственными, при этом каждое правило хранится в виде сериализованной логической структуры.

Для оповещения пользователей реализованы два механизма уведомлений:

1. Системные уведомления доставляются через централизованный механизм внутри Vision Suite. Уведомление инициируется при изменении состояния распределения и сохраняется в общей системе сообщений.
2. Уведомления по электронной почте отправляются с использованием фоновой очереди задач. Отправка происходит асинхронно через SMTP-клиент с предварительной проверкой актуальности адреса и шаблона уведомления.

Особое внимание удалено логированию всех действий, связанных с назначением проб. Логируются как автоматические назначения по правилам, так и ручные назначения через интерфейс администратора. Также фиксируются все неуспешные попытки распределения, что позволяет в последующем проводить анализ ошибок и восстанавливать логику назначения.

Вся критически важная информация журналируется с использованием встроенного в .NET механизма логирования (ILogger), с сохранением данных в отдельную таблицу в базе данных. Это обеспечивает трассируемость действий и позволяет быстро находить причины отклонений в распределении проб.

3.2. Реализация клиентской части

Необходимо отметить, что клиентам ранее созданной серверной части модуля являются уже существующие компоненты системы Vision A1, а именно VisionCommunication, Vision Suite и Vision.

Функционал в компонента Vision и Vision Suite аналогичен, потому было принято решение продублировать минимальный функционал – назначение ответственных вручную, а назначение ответственных по правилам вынести в компонент VisionCommunication.

Клиентская часть компонента Vision Suite разработана с использованием библиотеки компонентов BlueprintJS, уже применяемой в Vision Suite. Это обеспечило визуальную и поведенческую согласованность пользовательских интерфейсов нового модуля с существующим пользовательским интерфейсом Vision Suite.

Особое внимание было удалено удобству взаимодействия администратора с интерфейсами назначения ответственных. Были реализованы модальные окна ручного назначения ответственных как для одной, так и для нескольких проб, с возможностью выбора пользователей, управления назначениями и сохранения изменений.

Был разработан интерфейс, включающий в себя компоненты для:

1. Назначения ответственных вручную (добавление, удаление и просмотр ответственных),
2. Отображения списка образцов, включая данные об ответственных, фильтрацию и сортировку по текущему ответственному,
3. Отображения информации о конкретной пробе, включая данные об ответственных образца.

4. Отображения списка возможных ответственных.
5. Отображение списка назначенных ответственных пробы.
6. Приема ответственных из VisionCommunication с учетом репозитория – КДЛ, в учетную запись которой входит администратор.

Все компоненты реализованы в соответствии с принципами реактивного программирования: интерфейс автоматически обновляется при изменении состояния. Взаимодействие с сервером осуществляется через REST API, с централизованной обработкой ошибок и проверкой авторизации.

Клиентская часть компонента Vision разработана с использованием библиотеки WPF, уже применяемой в Vision.

Был разработан интерфейс, включающий в себя компоненты для:

1. Назначения ответственных вручную (добавление, удаление и просмотр ответственных),
2. Отображения списка образцов, включая данные об ответственных, фильтрацию и сортировку по текущему ответственному,
3. Отображения информации о конкретной пробе, включая данные об ответственных образца.
4. Отображения списка возможных ответственных.
5. Отображение списка назначенных ответственных пробы.
6. Приема образцов с систем сканирования, включая автоматическое назначение ответственного по правилам при завершении сканирования образца.
7. Отправки ответственных в Vision Suite через VisionCommunication с учетом репозитория – КДЛ, в учетную запись которой входит администратор.

Клиентская часть компонента VisionCommunication также была разработана с использованием библиотеки WPF, уже применяемой в VisionCommunication. Данных клиент не имеет доступа непосредственно к цитологическим образцам – в контексте назначения ответственных данный клиент существует исключительно для настраивания логических правил для автоматического назначения, выполняемого администратором.

Был разработан интерфейс, включающий в себя компоненты для:

1. Добавления, удаления, редактирования активности правила.
2. Формирования правил с помощью условий, соединенных логическими связками.
3. Формирования условий – выбора логической связки между условием, выбора из иерархической структуры атрибутов цитологического образца или пациента.
4. Отображения списка образцов, включая данные об ответственных, фильтрацию и сортировку по текущему ответственному,
5. Отображения информации о конкретной пробе, включая данные об ответственных образца.

6. Отображения списка возможных ответственных.
7. Отправки ответственных в Vision Suite через VisionCommunication с учетом репозитория – КДЛ, в учетную запись которой входит администратор.

Таким образом, клиентские части модуля обеспечивают как ручное, так и автоматическое назначение ответственных, сохраняя простоту использования и визуальную совместимость с остальной системой. Необходимо отметить, что все функциональные требования были покрыты и с учетом пожеланий заказчика, указанных в техническом задании, некоторая функциональность была продублирована намеренно, как в десктопном приложении – Vision, так и в веб-приложении Vision Suite.

3.3. Тестирование модуля

Проверка корректности работы модуля автоматического распределения проб является обязательной стадией разработки, направленной на подтверждение его устойчивости, точности выполнения функций и соответствия установленным требованиям. Для выполнения данного этапа применялись различные подходы к тестированию, а также использовался набор специализированных инструментов.

Применённые методы тестирования:

1. Изолированное тестирование отдельных компонентов – осуществлялось с применением библиотек XUnit (для компонентов, реализованных на языке C#) и Jest (для проверки логики на TypeScript).
2. Проверка API-интерфейсов – выполнялась с использованием Postman, что позволило протестировать обработку запросов и корректность получаемых ответов.
3. Оценка поведения под высокой нагрузкой – применялась для анализа устойчивости модуля при множественных параллельных запросах.
4. Функциональное тестирование без анализа внутренней логики – проводилось по принципу «черного ящика» на основе заданных входных данных и ожидаемых выходных значений.
5. Интеграционная проверка взаимодействия с системой – осуществлялась для оценки корректности обмена данными между разрабатываемым модулем и основными компонентами (Vision, VisionCommunication, Vision Suite).

Инструменты тестирования:

1. XUnit – применялся для юнит-тестов C#-модулей.
2. Jest – использовался для проверки TypeScript-логики.
3. Postman – служил средством тестирования REST API-запросов.
4. Jenkins – обеспечивал автоматический запуск тестов и контроль CI/CD-процессов.
5. SonarQube – применялся для анализа качества и структуры исходного кода.

6. Google Lighthouse – использовался при проверке скорости отклика интерфейсов и оценки производительности клиентской части.

3.4. Результаты тестирования

В Тестирование модуля автоматического распределения проб охватывало ключевые аспекты его функционирования — от изолированной проверки логики до анализа устойчивости под нагрузкой. Целью было не только убедиться в соответствии реализованных функций требованиям, но и обеспечить надёжную интеграцию с основным приложением.

Изолированная проверка логики модульных компонентов проводилась средствами XUnit для C#-части и Jest для TypeScript. Покрытие кода тестами на серверной стороне достигло 79%, а на клиентской — 60%. Это позволило выявить несколько критичных ошибок на раннем этапе, включая некорректную обработку исключений и проблемы в логике фильтрации. Использование Jenkins позволило настроить автоматический запуск тестов при каждой сборке, благодаря чему удалось оперативно отслеживать и устранять возникающие недочеты.

API-интерфейсы тестировались вручную в Postman, где моделировались стандартные и граничные сценарии. Подавляющее большинство запросов обрабатывались корректно, включая работу с невалидными параметрами. Были зафиксированы и устраниены ошибки в обработке работы правил.

Нагрузочные испытания показали стабильную работу модуля даже при увеличенном числе параллельных запросов. При симуляции обработки 800 проб (и папок) время отклика достигало критических 12 секунд, что стало основанием для пересмотра формирования запросов к базе данных. После внесённых оптимизаций, включая упрощение структуры SQL-запросов и снижение избыточных обращений к хранилищу, повторное тестирование дало значительно лучшие результаты: в условиях обычной нагрузки отклик не превышал 0.4 секунды, а в пиковые моменты составлял около 0.7 секунды.

Функциональные проверки, основанные на методике «чёрного ящика», подтвердили корректность обработки всех ключевых сценариев использования. Были найдены 18 недочетов/ошибок, связанные с отображением пользовательского интерфейса, однако они были устраниены до стадии интеграции.

Интеграционное тестирование подтвердило успешный обмен данными между модулем и компонентами VisionCommunication и Vision Suite.

3.5. Результаты реализации модуля

В процессе разработки программного модуля для автоматизированного распределения цитологических образцов были достигнуты следующие результаты:

1. Разработан API для обеспечения взаимодействия между клиентским приложением и сервером системы, что позволяет эффективную передачу данных.
2. Реализованы методы для управления распределением образцов, включая получение информации о пациентах и пробах и назначение образцов.

3. Созданы компоненты пользовательского интерфейса, включая интерфейсы для отображения информации о назначенных врачах, образцах и их ответственных, а также интерфейс для назначения правил.
4. Проведено комплексное тестирование, выявлены и устраниены ошибки, улучшено время отклика. Покрытие кода тестами на серверной стороне достигло 79%, а на клиентской — 60%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа деятельности клинико-диагностической лаборатории, использующей систему Vision A1, выявлены проблемы, связанные с неэффективным распределением цитологических образцов между специалистами, причиной которых являются ручной характер текущего процесса, отсутствие формализованных правил и учёта текущей нагрузки сотрудников.

Анализ показал, что существующие решения могут частично автоматизировать распределение, но не позволяют гибко учитывать специфические атрибуты проб и текущую загруженность специалистов. Имеются ограничения по масштабируемости, интеграции с Vision A1 и адаптации под конкретные условия работы лаборатории.

Результаты анализа требований оформлены в виде технического задания (Приложение А).

В ходе проектирования разработана модель распределения проб, включающая архитектуру модуля, структуру базы данных и пользовательские интерфейсы. При проектировании использован объектно-ориентированный подход и нотация UML.

При реализации создан серверный модуль автоматического назначения проб, разработан интерфейс администратора для формирования правил и выполнена интеграция с существующей системой. Общий объём исходного кода составил 2 тысячи строк.

Все описанные сценарии распределения реализованы, а созданные компоненты протестированы на основе контрольного набора проб с различными атрибутами.

Получен акт о внедрении модуля распределения в систему Vision A1 компании ООО «Медика Продакт» (см. ПРИЛОЖЕНИЕ С)

Полученные результаты могут быть полезны при внедрении автоматизации в других системах для работы с результатами цифровой микроскопии, а также могут быть использованы как основа для дальнейшего расширения и оптимизации процессов управления образцами в системе Vision A1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Deep learning for computational cytology: A survey [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.media.2022.102691> (дата обращения: 10.05.2025).
2. Transforming diagnostics: The implementation of digital pathology in clinical laboratories [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1111/his.15178> (дата обращения: 10.05.2025).
3. Национальная программа "Цифровая экономика Российской Федерации". // Официальный документ: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/> (дата обращения: 10.05.2025).
4. Федеральный закон № 323-ФЗ "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" (ред. от 7 апреля 2025 г. N 65-ФЗ) // Собрание законодательства Российской Федерации от 28 ноября 2011 г. N 48 ст. 6724
5. Росстат Статистический сборник «Здравоохранение в России 2023» [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218> (дата обращения: 10.05.2025).
6. Официальный сайт ООО «Медика Продакт»: [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://wm-vision.com/>. (дата обращения: 10.05.2025).
7. Описание системы Vision A1 и её компонентов [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://www.wm-vision.com/en/product/hema>(дата обращения: 10.05.2025).
8. De Souza, H., Pereira, T., De Sá, H., Alves, M., Garrett, R., & Canuto, G. (2024). Critical Factors in Sample Collection and Preparation for Clinical Metabolomics of Underexplored Biological Specimens. *Metabolites*, 14. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/metabo14010036>. (дата обращения: 10.05.2025).
9. M. Lippi, G. Lippi, G. Banfi. Laboratory information systems: Moving toward transparency and patient-centered testing. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 2018. <https://doi.org/10.1515/cclm-2018-0270> (дата обращения: 10.05.2025).
10. Jensen, C., Thomsen, L., Zeuthen, M., Johnsen, S., Jashi, R., Nielsen, M., Hemstra, L., & Smith, J. (2024). Biomedical laboratory scientists and technicians in digital pathology – Is there a need for professional development?. *Digital Health*, 10. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1177/20552076241237392>. (дата обращения: 10.05.2025).
11. Salinas, M., López-Garrigós, M., Flores, E., Leiva-Salinas, M., Lillo, R., & Leiva-Salinas, C. (2016). Additional technician ta[Электронный ресурс] / – Режим доступа: sks and turnaround time in the clinical Stat laboratory. *Biochimia Medica*, 26, 243 - 247. <https://doi.org/10.11613/BM.2016.027>. (дата обращения: 10.05.2025).

12. Moreira, S., Mamede, H., & Santos, A. (2024). Business Process Automation in SMEs: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 12, 75832-75864. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3406548>. (дата обращения: 10.05.2025).
13. Bertsimas, D., & Georghiou, A. (2018). Binary decision rules for multistage adaptive mixed-integer optimization. *Mathematical Programming*, 167, 395-433. <https://doi.org/10.1007/S10107-017-1135-6>. (дата обращения: 10.05.2025).
14. Verma, A., Murray, J., Greiner, R., Cohen, J., Shojania, K., Ghassemi, M., Straus, S., Pou-Prom, C., & Mamdani, M. (2021). Implementing machine learning in medicine. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal*, 193, E1351 - E1357. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1503/cmaj.202434>. (дата обращения: 10.05.2025).
15. Jayatilake, S., & Ganegoda, G. (2021). Involvement of Machine Learning Tools in Healthcare Decision Making. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2021/6679512>. (дата обращения: 10.05.2025).
16. Lameesa, A., Hoque, M., Alam, M., Ahmed, S., & Gandomi, A. (2024). Role of metaheuristic algorithms in healthcare: a comprehensive investigation across clinical diagnosis, medical imaging, operations management, and public health. *J. Comput. Des. Eng.*, 11, 223-247. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1093/jcde/qwae046>. (дата обращения: 10.05.2025).
17. Censor, Y. (2016). Can linear superiorization be useful for linear optimization problems?. *Inverse Problems*, 33. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1361-6420/33/4/044006>. (дата обращения: 10.05.2025).
18. Heher, Y., Chen, Y., & VanderLaan, P. (2018). Pre-analytic error: A significant patient safety risk. *Cancer Cytopathology*, 126. [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://doi.org/10.1002/cncy.22019>. (дата обращения: 10.05.2025).
19. ГОСТ 34.602–2020. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 ноября 2021 г. № 1522-ст в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2022 г. – М.: Российский институт стандартизации, 2021.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

**ПЕРМСКИЙ ФИЛИАЛ ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

Факультет социально-экономических и компьютерных наук
Образовательная программа бакалавриата «Программная инженерия»

СОГЛАСОВАНО

Руководитель проекта,
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры информационных
технологий в бизнесе НИУ ВШЭ г.

Перми

_____ Л.Н. Лядова
«___» _____ 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Академический руководитель
образовательной программы
«Программная инженерия»

_____ В.В. Ланин

«___» _____ 2025 г.

**Разработка аутсорсингового модуля для распределения цитологических образцов для
анализа врачам**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На 13 листах

Исполнитель:
студент группы ПИ-21-1
_____ Я.О. Орлов
«___» _____ 2025 г.

Пермь 2025

Содержание

1 Общие сведения	43
1.1 Полное наименование АС и ее условное обозначение	43
1.1.1 Заказчик	43
1.1.2 Разработчик	43
1.2 Основания для проведения работ	44
1.3 Плановые сроки начала и окончания работ	44
1.4 Сведения об источниках и порядке финансирования работ	44
2 Цели и назначение создания автоматизированной системы	44
2.1 Цели создания системы.....	44
2.2 Назначение системы.....	44
3 Характеристика объекта автоматизации	44
4 Требования к автоматизированной системе	45
4.1 Требования к структуре АС в целом	45
4.2 Требования к функциям (задачам), выполняемым АС	45
4.3 Требования к видам обеспечения АС	46
4.3.1 Требования к математическому обеспечению АС	46
4.3.2 Требования к информационному обеспечению АС	46
4.3.3 Требования к лингвистическому обеспечению АС.....	46
4.3.4 Требования к программному обеспечению АС.....	47
4.3.5 Требования к техническому обеспечению АС	47
4.3.6 Требования к метрологическому обеспечению АС	47
4.3.7 Требования к организационному обеспечению АС	47
4.3.8 Требования к методическому обеспечению АС	47
4.4 Общие технические требования к АС	47
4.4.1 Требования к численности и квалификации персонала и пользователей АС	47
47	
4.4.2 Требования к численности персонала и пользователей АС	47
4.4.3 Требования к квалификации персонала и пользователей АС.....	48
4.4.4 Требования к показателям назначения	48
4.4.5 Требования к надежности	48
4.4.6 Требования по безопасности.....	48
4.4.7 Требования к эргономике и технической эстетике	48
4.4.8 Требования к транспортабельности для подвижных АС	48

4.4.9 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов АС	48
4.4.10 Требования к защите информации от несанкционированного доступа...	49
4.4.11 Требования по сохранности информации при авариях.....	49
4.4.12 Требования к защите от влияния внешних воздействий	49
4.4.13 Требования к патентной чистоте и патентоспособности.....	49
4.4.14 Требования по стандартизации и унификации	49
4.4.15 Дополнительные требования	49
5 Состав и содержание работ по созданию автоматизированной системы.....	49
6 Порядок разработки автоматизированной системы	51
7 Порядок контроля и приемки автоматизированной системы	51
8 Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу автоматизированной системы в действие.....	51
9 Требования к документированию	52
10 Источники разработки	52

1 Общие сведения

1.1 Полное наименование АС и ее условное обозначение

Аутсорсинговый программный модуль для распределения цитологических образцов для анализа врачам (далее по тексту МРО).

Модуль должен быть интегрирован в существующую систему компании, предназначенную для работы с результатами цифровой микроскопии (далее по тексту Vision A1)

1.1.1 Заказчик

Полное наименование заказчика: Общество с ограниченной ответственностью «Медика Продакт». Официальный представитель West Medica на территории России (Пермский филиал).

Краткое наименование заказчика: ООО «Медика продакт».

Юридический и почтовый адрес: край Пермский, г. Пермь, ул. Газеты Звезды, д. 27.

Контактный телефон: (342) 270-08-02.

1.1.2 Разработчик

ФИО: Орлов Яков Олегович.

Группа: ПИ-21-1.

Корпоративная почта: yaorlov@edu.hse.ru.

1.2 Основания для проведения работ

Работа выполняется на основании учебного плана бакалавров по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия» НИУ ВШЭ-Пермь на 4 курсе, 2024–2025 учебный год.

1.3 Плановые сроки начала и окончания работ

Плановый срок начала работ – 01.11.2024.

Плановый срок окончания работ – 30.04.2025.

1.4 Сведения об источниках и порядке финансирования работ

Работа не финансируется.

2 ЦЕЛИ И НАЗНАЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

2.1 Цели создания системы

Цель создания системы – обеспечение своевременного, обоснованного и повторяемого распределения исследуемых цитологических проб между специалистами посредством предоставления пользователю возможности настройки логических правил распределения.

Результатом создания МРО должно стать упрощение процесса назначения ответственных за обработку проб, снижение зависимости от ручного вмешательства административного персонала и повышение согласованности принимаемых решений.

2.2 Назначение системы

Основным назначением системы является автоматизированное распределение исследуемых проб между специалистами в соответствии с формализованными правилами, основанными на логических условиях, связанных с атрибутами проб.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

Современная медицинская диагностика, в частности цитологический анализ, требует использования высокотехнологичных методов для обеспечения точности и надежности результатов. Цитопатология позволяет выявлять патологические изменения на клеточном уровне и играет ключевую роль в ранней диагностике заболеваний. Текущие решения, такие как системы для хранения медицинских данных (например, «МедПроЛИС» и «ЛИС ЛабСервис»), фокусируются в основном на базах данных и не обладают механизмами для динамического распределения образцов между специалистами. Существующие корпоративные системы управления задачами, такие как Trello и Asana, также не решают эту проблему, поскольку они не интегрированы с процессами лабораторной работы и не поддерживают специфику медицинских атрибутов.

Между тем, существует значительная потребность в автоматизации процесса назначения ответственного врача для анализа цифровых образцов. На данный момент этот процесс требует значительных временных затрат и может быть подвержен ошибкам из-за человеческого фактора. Появляется необходимость в разработке специального программного модуля для автоматизированного распределения цитологических образцов, который бы учитывал срочность и приоритетность образцов, а также обеспечивал бы равномерное распределение нагрузки среди врачей.

Существующие программные решения, такие как система Vision A1, позволяют работать с результатами цифровой микроскопии, но не поддерживают автоматическое распределение образцов между врачами. Это ограничивает функциональность и снижает общую эффективность работы лаборатории. Разрабатываемый модуль будет интегрирован в эту систему и обеспечит автоматическое распределение образцов, сокращая время на обработку и минимизируя количество ошибок.

В этом контексте появляется необходимость в разработке гибкого и адаптивного программного модуля, который бы отвечал специфическим требованиям клинико-диагностических лабораторий. Этот модуль позволит эффективно распределять задачи между врачами, учитывая важные медицинские параметры, и обеспечит полную интеграцию с системой Vision A1, улучшив тем самым качество работы лаборатории и ускоряя процесс диагностики.

4 ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ

4.1 Требования к структуре АС в целом

Разрабатываемый модуль автоматического распределения проб должен интегрироваться в состав существующей информационной системы, включающей компоненты Vision, VisionCommunication и Vision Suite. Модуль должен обеспечивать корректное взаимодействие с указанными компонентами без необходимости изменения их архитектуры или интерфейсов.

4.2 Требования к функциям (задачам), выполняемым АС

Перечень функций, подлежащих автоматизации:

1. Получить пробы.
2. Просмотреть пробы.
3. Отфильтровать пробы по ответственным
4. Назначить ответственных вручную.
 - a. Назначить ответственного.
 - i. Получить список проб.
 - ii. Выбрать пробы для назначения ответственного.
 - iii. Получить список врачей.
 - iv. Выбрать ответственного врача.
 - b. Посмотреть список ответственных.

- c. Удалить запись о назначении ответственного.
 - d. Получить уведомление о назначении пробы ответственному.
5. Назначить ответственных автоматически.
- a. Создать правило назначения.
 - i. Получить список врачей.
 - ii. Выбрать ответственного врача.
 - b. Удалить правила назначения.
 - c. Отредактировать правило назначения.
 - i. Получить список врачей.
 - ii. Выбрать ответственного врача.
 - iii. Отредактировать активность правила.
 - iv. Отредактировать приоритет правила.
 - d. Получить уведомление о назначении пробы по правилам.

Выполняемые врачом:

- 6. Получить уведомление о назначении пробы.
- 7. Валидировать данные пробы.
 - a. Вручную назначить ответственным администратора.

4.3 Требования к видам обеспечения АС

4.3.1 Требования к математическому обеспечению АС

Требования к математическому обеспечению МРО не предъявляются.

4.3.2 Требования к информационному обеспечению АС

Информационное обеспечение модуля должно включать:

1. Базу данных на СУБД PostgreSQL с поддержкой стандарта SQL:2023;
2. Входные/выходные данные в формате JSON;
3. REST API для интеграции с внешними системами;
4. Хранение персональных данных в соответствии с ФЗ-152.
5. Приложение должно быть совместимо с последними стабильными версиями (на декабрь 2024 года) Google Chrome, Яндекс.Браузера, Safari.
6. Пользователь должен выполнять ключевые операции (назначения ответственных, изменение и тд) не более чем за 4 клика, начиная со страницы Проб системы Vision A1.
7. Время отклика пользовательского интерфейса на запросы не должно превышать 1 секунды в 95% случаев.
8. Доступ к данным должен быть разграничен по ролевой модели с привилегиями, исключая возможность доступа неавторизованных пользователей
9. Каждая попытка назначить ответственного должна логироваться

4.3.3 Требования к лингвистическому обеспечению АС

В МРО должны использоваться следующие языки:

- русский или английский язык – в пользовательском интерфейсе, с возможностью выбора языка в настройках;
- язык программирования C# – для реализации бизнес-логики модуля и взаимодействия с компонентами системы (Vision, VisionCommunication, Vision Suite);
- язык графического описания UML для проектирования архитектуры системы.

Модуль должен быть спроектирован таким образом, чтобы при необходимости можно было добавить поддержку других языков.

4.3.4 Требования к программному обеспечению АС

Для функционирования модуля автоматического распределения проб необходимо основное приложение системы, включающее компоненты Vision, VisionCommunication, Vision Suite, в которые должен быть интегрирован разрабатываемый модуль;

4.3.5 Требования к техническому обеспечению АС

Технические требования к модулю автоматического распределения проб определяются требованиями основной системы. Модуль должен корректно функционировать на аппаратных средствах, поддерживающих работу основного приложения и соответствующих требованиям выбранной платформы разработки .NET. Дополнительных требований к техническому обеспечению модуль не предъявляет.

4.3.6 Требования к метрологическому обеспечению АС

Требования к метрологическому обеспечению МРО не предъявляются.

4.3.7 Требования к организационному обеспечению АС

Требования к организационному обеспечению МРО не предъявляются.

4.3.8 Требования к методическому обеспечению АС

Требования к методическому обеспечению МРО не предъявляются.

4.4 Общие технические требования к АС

4.4.1 Требования к численности и квалификации персонала и пользователей АС

4.4.2 Требования к численности персонала и пользователей АС

В состав пользователей МРО необходимо выделить следующих категорий:

- администраторы клинико-диагностических лабораторий;
- врачи-лаборанты клинико-диагностических лабораторий;

Данные лица должны выполнять следующие функциональные обязанности:

- администратор клинико-диагностических лабораторий создает логические правила для назначения цитологических образцов и выполняет назначения вручную;
- врачи-лаборанты клинико-диагностических лабораторий при поступлении уведомления о назначении, перейти к назначеннной пробе и выполнить анализ;

4.4.3 Требования к квалификации персонала и пользователей АС

К квалификации пользователей МРО предъявляются следующие требования:

- администратор клинико-диагностических лабораторий – базовые навыки работы с персональным компьютером, понимание принципов составления и работы логических выражений;
- врачи-лаборанты клинико-диагностических лабораторий – базовые навыки работы с персональным компьютером, навык использования браузера;

4.4.4 Требования к показателям назначения

4.4.5 Требования к надежности

Требования к надежности не предъявляются.

4.4.6 Требования по безопасности

Требования по безопасности не предъявляются.

4.4.7 Требования к эргономике и технической эстетике

Требования к эргономике и технической эстетике не предъявляются.

4.4.8 Требования к транспортабельности для подвижных АС

Требования к транспортабельности для подвижных МРО не предъявляются.

4.4.9 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов АС

Эксплуатация должна включать регулярное обновление операционной системы и программного обеспечения.

4.4.10 Требования к защите информации от несанкционированного доступа

Требования к защите информации от несанкционированного доступа не предъявляются.

4.4.11 Требования по сохранности информации при авариях

Требования по сохранности информации при авариях не предъявляются.

4.4.12 Требования к защите от влияния внешних воздействий

Требования к защите от влияния внешних воздействий не предъявляются.

4.4.13 Требования к патентной чистоте и патентоспособности

По всем техническим и программным средствам, применяемым в модуле, должны соблюдаться условия лицензионных соглашений и обеспечиваться патентная чистота.

4.4.14 Требования по стандартизации и унификации

Разработка и тестирование модуля должны проводиться в соответствии со стандартами ООО «Медика Продакт». Все компоненты модуля должны соответствовать утвержденным корпоративным регламентам и техническим требованиям компании.

Проектирование МРО должно проводиться на базе унифицированного языка моделирования UML.

4.4.15 Дополнительные требования

Дополнительные требования не предъявляются.

5 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Содержание работ по задачам приведено в Таблица 1.

Таблица 1 – Состав и содержание работ по созданию МРО

Название задачи	Длительность	Начало	Окончание	Исполнитель
Инициация проекта	26 дней	Пт 25.10.24	Пт 29.11.24	
Формирование концепции проекта	13,88 дней	Пт 25.10.24	Ср 13.11.24	
Обоснование необходимости проекта	3 дней	Пт 25.10.24	Вт 29.10.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Анализ выгод от реализации проекта	1 день	Ср 30.10.24	Ср 30.10.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Определение границ и ограничений реализации проекта	1 день	Чт 31.10.24	Чт 31.10.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Определение пользователей системы	3 дней	Пт 01.11.24	Вт 05.11.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Определение сценариев	2 дней	Ср 06.11.24	Чт 07.11.24	Аналитик требований

использования системы				(Орлов Я. О.)
Определение требований пользователей к системе	2 дней	Пт 08.11.24	Пн 11.11.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Анализ нормативных документов РФ	2 дней	Вт 12.11.24	Ср 13.11.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Проведение анализа программных решений	2 дней	Чт 14.11.24	Пт 15.11.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Определение функциональных требований	4 дней	Пн 18.11.24	Чт 21.11.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Определение нефункциональных требований	1 день	Пт 22.11.24	Пт 22.11.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Формирование технического задания	5 дней	Пн 25.11.24	Пт 29.11.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Проектирование разрабатываемого модуля	17 дней	Пн 02.12.24	Вт 24.12.24	
Определение архитектуры разрабатываемого	2 дней	Пн 02.12.24	Вт 03.12.24	Архитектор ПО (Орлов Я. О.)
Моделирование поведения системы	1 день	Ср 04.12.24	Ср 04.12.24	Архитектор ПО (Орлов Я. О.)
Проектирование базы данных	2 дней	Чт 05.12.24	Пт 06.12.24	Архитектор ПО (Орлов Я. О.)
Разработка макетов пользовательского интерфейса	6 дней	Пн 09.12.24	Пн 16.12.24	Архитектор ПО (Орлов Я. О.)
Определение средств разработки и взаимодействия	1 день	Вт 17.12.24	Вт 17.12.24	Архитектор ПО (Орлов Я. О.)
Определение и описание задач проекта в трекере	5 дней	Ср 18.12.24	Вт 24.12.24	Аналитик требований (Орлов Я. О.)
Разработка программного модуля	55 дней	Ср 25.12.24	Вт 11.03.25	
Разработка серверной части модуля	13 дней	Ср 25.12.24	Пт 10.01.25	Full-Stack разработчик (Орлов Я. О.)
Разработка клиентской части модуля	19 дней	Пн 13.01.25	Чт 06.02.25	Full-Stack разработчик
Тестирование	44 дней	Ср 08.01.25	Пн 10.03.25	
Разработка unit-тестирования	4 дней	Пт 21.02.25	Ср 26.02.25	Тестировщик (Орлов Я. О.)
Разработка тест-кейсов для метода черного ящика	10 дней	Ср 08.01.25	Вт 21.01.25	Тестировщик (Орлов Я. О.)
Проведение тестирования программного продукта	8 дней	Чт 27.02.25	Пн 10.03.25	Тестировщик (Орлов Я. О.)
Документирование	19 дней	Чт 13.02.25	Вт 11.03.25	
Написание документации по разработке модуля	7 дней	Чт 13.02.25	Пт 21.02.25	Технический писатель (Орлов Я. О.)
Написание руководства пользования модуля для Врача	6 дней	Пн 24.02.25	Пн 03.03.25	Технический писатель (Орлов Я. О.)
Написание руководства пользования модуля для Администратора	6 дней	Вт 04.03.25	Вт 11.03.25	Технический писатель (Орлов Я. О.)
Проведение опытной эксплуатации	15 дней	Вт 11.03.25	Пн 31.03.25	
Проведение опытной	5 дней	Вт 11.03.25	Пн 17.03.25	Тестировщик (Орлов Я.

эксплуатации модуля на тестовом стенде				O.)
Устранение обнаруженных проблем	6 дней	Вт 18.03.25	Вт 25.03.25	Full-Stack разработчик (Орлов Я. О.)
Оценка эффективности и проверка соответствия ТЗ	4 дней	Ср 26.03.25	Пн 31.03.25	Тестировщик (Орлов Я. О.)

6 ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Процесс разработки МРО будет организован в соответствии с классическими этапами жизненного цикла программного обеспечения:

1. Анализ предметной области.
2. Анализ требований.
3. Проектирование модуля.
4. Реализация модуля.
5. Тестирование модуля.

7 ПОРЯДОК КОНТРОЛЯ И ПРИЕМКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Контроль и приемка разрабатываемого модуля для распределения цитологических образцов между врачами будут проводиться в соответствии с утвержденными стандартами и регламентами компании ООО «Медика Продакт», чтобы подтвердить соответствие функциональности модуля техническим требованиям. Процесс приемки будет включать проверку корректности работы всех компонентов системы после интеграции модуля, а также соответствие работы модуля установленным критериям производительности и безопасности. Ожидаемым результатом контрольных испытаний будет подписанный руководителем отдела разработки компании ООО «Медика Продакт» акт внедрения, подтверждающий готовность модуля к промышленной эксплуатации.

8 ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВУ И СОДЕРЖАНИЮ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ К ВВОДУ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ В ДЕЙСТВИЕ

Для ввода разрабатываемого модуля в промышленную эксплуатацию необходимо провести ряд подготовительных работ, включающих развертывание и настройку программного обеспечения на сервере компании, обучение пользователей и проведение финальных тестов для проверки всех функций модуля в реальных условиях. Важно обеспечить стабильную работу модуля, интеграцию с другими компонентами системы и поддержку необходимого уровня безопасности.

9 ТРЕБОВАНИЯ К ДОКУМЕНТИРОВАНИЮ

В рамках данного проекта единственным документом, подлежащим разработке, является Техническое задание (ТЗ) на создание программного модуля.

Содержание ТЗ разрабатывается в соответствии с требованиями ГОСТ 34.602–2020 «Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы». Оформление ТЗ выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105–2019 «Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам».

10 ИСТОЧНИКИ РАЗРАБОТКИ

Настоящее Техническое Задание разработано на основе следующих документов и информационных материалов:

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ФОРМИЛИЗАЦИЯ ПРАВИЛ В БНФ

```

<правило>      ::= <условие> {<лог_оператор> <условие>}* "=>""
<назначение>

<условие>     ::= <атрибут> <операция> <значение>

<лог_оператор>  ::= "И" | "ИЛИ"

<операция>     ::= "=" | "!=" | ">" | "<" | ">=" | "<=" | "Э"

<атрибут>      ::= <идентификатор>

<значение>      ::= <число> | <строка> | <дата> | "true" | "false"

<назначение>    ::= "Назначить" <специалист>

<специалист>   ::= <id_пользователя>

<идентификатор> ::= <число>

<строка>        ::= "" {любой_символ}* ""

<дата>          ::= ГГГГ "-" ММ "-" ДД

<число>         ::= {цифра}+

```

ПРИЛОЖЕНИЕ С. АКТ О ВНЕДРЕНИИ



МЕДИКА ПРОДАКТ

ул. Газеты «Звезда», 27, Пермь, 614000
тел./факс: +7 (342) 270-08-02
perm@westmedica.com, www.westmedica.com

По месту требования

Акт

О принятии к внедрению результатов дипломной работы Орлова Якова Олеговича, студента 4-го курса НИУ ВШЭ - Пермь на тему «Разработка аутсорсингового модуля для распределения цитологических образцов для анализа врачам»

Материалы дипломной работы Орлова Я. О. внедрены в деятельность ООО «Медика Продакт».

В рамках дипломной работы разработан модуль для распределения цитологических образцов в виде веб-приложения. Подход к разработке позволил выдержать лучшие практики создания программных продуктов, что обеспечило задел на масштабируемость и возможность расширения функциональности модуля в дальнейшем.

Предложенное Орловым Я. О. решение в области распределения цитологических образцов было внедлено в систему Vision AI компании ООО «Медика Продакт». Разработанный механизм на основе логических правил позволил автоматизировать процесс распределения образцов и обеспечить достижение целевых значений ключевых метрик.

Директор разработки ПО ООО «Медика Продакт»

Фалков Б.Ф. _____

 19 мая 2025 года