

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема диссертации
Алгоритмическое и программное обеспечение анализа и визуализации результатов общего анализа крови

УДК 004.422:004.415.2:004.932

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM81	Хусаинова Олеся Тагировна		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Аксёнов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горбенко Михаил Владимирович	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кочегурова Елена Алексеевна	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	Общепрофессиональные компетенции
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
	Профессиональные компетенции
P5	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения.

	Общекультурные компетенции
P8	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
P9	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P10	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (подпись) (дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ81	Хусаиновой Олесе Тагировне

Тема работы:

Алгоритмическое и программное обеспечение анализа и визуализации результатов общего анализа крови

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-63/с от 20.02.2020
---------------------------------------------	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
------------------------------------------	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общий клинический анализ крови 2. Требование создать веб-приложение для анализа и визуализации общего анализа крови
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Актуальность разработки системы 2. Исследование предметной области 3. Проектирование 4. Результаты 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность 7. Заключение
Перечень графического материала	Презентация в формате *.pptx

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Горбенко Михаил Владимирович
Названия разделов, которые должны быть выполнены русским и иностранном языках:	
Аналитический обзор	
Инструментальные средства разработки	

Дата выдачи задания по линейному графику	10.03.2020
-------------------------------------------------	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Аксёнов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ81	Хусаинова Олеся Тагировна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы (НОЦ) Информационных технологий
 Период выполнения Весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.05.2020	Основная часть	70
30.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
30.05.2020	Социальная ответственность	10
30.05.2020	Обязательное приложение на иностранном языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Аксёнов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кочегурова Елена Алексеевна	К.Т.Н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8BM81	Хусаинова Олеся Тагировна

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информатика и вычислительная техника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 33 664 руб. Оклад инженера – 15 470 руб. Стоимость материальных ресурсов определялась согласно прейскурантам компаний.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Единый социальный налог – 30% НДС – 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Определение цели научно-исследовательского проекта, описание потенциальных потребителей проекта и результатов его внедрения.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	—
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Организация и планирование работ. Расчет сметы затрат на выполнение проекта.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ - выполнить
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - выполнить
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		25.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM81	Хусаинова Олеся Тагировна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ81	Хусаинова Олеся Тагировна

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Информатика и вычислительная техника

Тема ВКР:

Алгоритмическое и программное обеспечение анализа и визуализации результатов общего анализа крови	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.</i>	Веб-приложение для анализа и визуализации результатов общего анализа крови
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1 <i>Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.</i> 1.2 <i>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i>	<ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства при работе с компьютером и орг. техникой. – требования к организации рабочего места.
2. Производственная безопасность: 2.1 <i>Анализ выявленных вредных и опасных факторов.</i> 2.2 <i>Обоснование мероприятий по снижению воздействия.</i>	<ul style="list-style-type: none"> – отклонение показателей микроклимата; – превышение уровня шума; – отсутствие или недостаток естественного света; – повышенная напряженность магнитного поля.
3. Экологическая безопасность.	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на литосферу, гидросферу и атмосферу (отходы, связанные с утилизацией вышедшего из строя ПК и другой орг. техники); – разработка решений по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	<ul style="list-style-type: none"> – анализ типичной ЧС (пожар); – меры по предупреждению пожара; – действия при пожаре.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Горбенко Михаил Владимирович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ81	Хусаинова Олеся Тагировна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 125 страниц, 37 рисунков, 13 таблиц, 32 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: веб-приложение, медицинский калькулятор, визуализация данных, общий анализ крови, лейкоцитарные индексы.

Объектом исследования являются результаты общего анализа крови.

Целью работы является облегчение интерпретации результатов анализов пациентами путем разработки веб-приложения, позволяющего анализировать результаты общего анализа крови, рассчитывать лейкоцитарные индексы, а также визуализировать динамику показателей общего анализа крови.

Задачи исследования включают:

- обзор методов оценки состояния здоровья по результатам анализа крови;
- разработку веб-приложения для анализа и визуализации результатов общего анализа крови.

В процессе исследования были проанализированы существующие сервисы для анализа результатов общего анализа крови, а также популярные технологии для разработки веб-приложений.

В результате исследования было разработано веб-приложение для анализа результатов общего анализа крови, а также разработаны алгоритмы для расчета лейкоцитарных индексов и визуализации полученных данных.

Область применения результатов исследования представлена пациентами, которым необходимо отслеживать динамику гнойно-воспалительных и инфекционных процессов в организме на основе результатов общего анализа крови.

Настоящее веб-приложение было разработано на языке программирования Python с использованием фреймворка Django. Для визуализации данных были использованы язык программирования JavaScript и библиотека amCharts.

В будущем планируется расширить функциональность веб-приложения, добавив модуль для врачей. В данном модуле пользователям с ролью врача будут доступны данные пациентов в разрезе возраста, пола и состояния здоровья.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ОАК – общий анализ крови.

СОЭ – Скорость Оседания Эритроцитов.

СУБД – Система Управления Базой Данных.

ACID – Atomicity, Consistency, Isolation, Durability.

CBC – Complete Blood Count.

CMS – Content Management System.

CRM – Customer Relationship Management.

CSS – Cascading Style Sheets.

ESR – Erythrocyte Sedimentation Rate.

HTML – HyperText Markup Language.

HTTP – HyperText Transfer Protocol.

MTV – Model-Template-View.

MVC – Model-View-Controller.

RBC – Red Blood Cells.

SaaS – Software as a Service.

W3C – World Wide Web Consortium.

WBC – White Blood Cells.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	15
1 Аналитический обзор.....	17
1.1 Актуальность	17
1.2 Клинический общий анализ крови	18
1.2.1 Лейкоцитарная формула	18
1.2.2 Лейкоцитарные индексы	20
1.2.2.1 Лейкоцитарный индекс интоксикации по Я. Я. Кальф-Калифу .	21
1.2.2.2 Лейкоцитарный индекс интоксикации по В. К. Островскому	21
1.2.2.3 Ядерный индекс по Г. Д. Даштаянц.....	22
1.2.2.4 Индекс сдвига лейкоцитов по Н. И. Ябучинскому	22
1.2.2.5 Индекс аллергизации.....	23
1.2.3 Гематологические анализаторы.....	23
1.2.3.1 Гематологический анализатор 3DIFF	24
1.2.3.2 Гематологический анализатор 5DIFF	24
1.3 Обзор представленных решений	25
1.3.1 TestResult.org	26
1.3.2 LAB 4 U.....	27
2 Инструментальные средства разработки	29
2.1 Back-end	29
2.1.1 Язык программирования	29
2.1.1.1 Фреймворк для веб-приложений.....	30
2.1.2 Система управления базами данных.....	30
2.2 Front-end.....	31
2.2.1 Библиотека для построения диаграмм.....	31
2.2.2 Библиотека HTML и CSS шаблонов	32
3 Проектирование системы	33
3.1 Функциональные требования.....	33

3.2	Варианты использования.....	34
3.3	Архитектура.....	35
3.4	База данных.....	37
4	Реализация.....	42
4.1	Разработка.....	42
4.2	Тестирование	42
4.3	Размещение на сервере	42
5	Результаты.....	44
5.1	Главная страница.....	44
5.2	Аутентификация.....	45
5.2.1	Регистрация	45
5.2.2	Авторизация	47
5.2.3	Восстановление пароля	49
5.3	Управление результатами общего анализа крови.....	51
5.3.1	Добавление результатов анализа.....	51
5.3.2	Просмотр расшифровки результатов анализа.....	56
5.3.3	Просмотр списка результатов анализов	58
5.3.4	Изменение результатов анализа	59
5.3.5	Удаление результатов анализа.....	60
5.3.6	Просмотр диаграмм	61
5.4	Управление данными учетной записи.....	65
5.4.1	Изменение личных данных пользователя	65
5.4.2	Смена пароля	66
5.5	Ошибки ответа HTTP.....	66
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	69
6.1	Организация и планирование работ	69
6.1.1	Продолжительность этапов работ	70
6.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	73
6.2.1	Расчет затрат на материалы	73
6.2.2	Расчет заработной платы.....	74

6.2.3	Расчет затрат на социальный налог	74
6.2.4	Расчет затрат на электроэнергию	75
6.2.5	Расчет амортизационных расходов	76
6.2.6	Расчет прочих расходов	76
6.2.7	Расчет общей себестоимости разработки	77
6.2.8	Расчет прибыли	77
6.2.9	Расчет НДС	77
6.2.10	Цена разработки НИР	78
6.3	Оценка экономической эффективности проекта	78
7	Социальная ответственность	80
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
7.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	80
7.1.2	Эргономические требования к рабочему месту исследователя	81
7.2	Производственная безопасность	83
7.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	84
7.2.1.1	Отклонение показателей микроклимата	84
7.2.1.2	Превышение уровня шума	85
7.2.1.3	Отсутствие или недостаток естественного света	86
7.2.1.4	Повышенная напряженность магнитного поля	87
7.2.2	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя	87
7.2.2.1	Отклонение показателей микроклимата	87
7.2.2.2	Превышение уровня шума	88
7.2.2.3	Отсутствие или недостаток естественного света	88
7.2.2.4	Повышенная напряженность магнитного поля	91
7.3	Экологическая безопасность	91
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
7.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации предмета исследования	92

7.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	93
Заключение.....	96
Список использованной литературы.....	97
Список публикаций.....	100
Приложение I.....	101
Приложение II.....	117
Приложение III.....	123

ВВЕДЕНИЕ

Развитие информационного общества привело к использованию современных интернет-технологий в повседневной жизни, в том числе в сфере медицины. На сегодняшний день множество клинических лабораторий предоставляют возможность просмотра результатов анализов посредством веб-сервисов. Одним из первоочередных и самых распространенных клинических анализов является общий анализ крови.

Кровь – это соединительная ткань организма человека, которая выполняет важнейшие функции жизнедеятельности, такие как газообмен, питание и выведение продуктов распада. Природа крови такова, что изменение ее состава происходит еще до появления явных симптомов различных патологий. И поэтому ОАК – это одна из самых распространенных первичных методик профилактического осмотра, необходимая для точного определения диагноза. Однако значения результатов ОАК зависят не только от наличия различных патологий, но и от возраста и пола.

ОАК содержит в себе информацию о клеточном компоненте крови, а именно абсолютное или относительное значение количества лейкоцитов, эритроцитов, гемоглобина, гематокрита и скорости оседания эритроцитов. Но одной из самых важных частей ОАК является лейкоцитарная формула, которая представляет собой процентное отношение различных видов лейкоцитов. Именно лейкоцитарная формула позволяет оценить динамику патологических процессов, прогнозировать исход болезни и вероятность возникновения осложнений.

Количество и тип сравниваемых клеток лейкоцитарной формулы различен, что обуславливается выбором метода гематологического анализа. Чаще всего для анализа ОАК используются автоматические анализаторы или метод микроскопии мазка крови. Дополнительным преимуществом исследования микроскопии мазка крови является возможность расчета так называемых лейкоцитарных индексов, которые отражают иммунологическую реактивность организма человека.

В настоящее время лейкоцитарная формула может включать порядка 20 различных показателей, и поэтому необходимо представлять данные с максимальной точностью [1]. Современные выписки результатов общего анализа крови представлены текстовым списком значений компонентов и соответствующими им референтными (нормальными) значениями, однако пациентам зачастую сложно интерпретировать результаты анализов, предоставленные в таком виде. В таком случае визуализация данных может помочь пациентам понимать их текущее состояние по результатам анализа и, как итог, относиться к собственному здоровью бережнее в будущем.

Таким образом, целью настоящей работы является облегчение интерпретации результатов анализов пациентами путем разработки веб-приложения, позволяющего анализировать результаты общего анализа крови, рассчитывать лейкоцитарные индексы, а также визуализировать динамику показателей общего анализа крови.

1 Аналитический обзор

1.1 Актуальность

Классический результат ОАК представлен в бумажном виде, причем его формат, а также тип референтных значений показателей могут существенно различаться в зависимости от стандартов клинических лабораторий. К тому же некоторые заболевания подразумевают за собой многократный сбор крови для мониторинга ответа организма на назначенную схему лечения. Другие же заболевания, к примеру, хронические, требуют отслеживание клинического состояния крови на протяжении достаточно длительного периода времени. Все эти факторы приводят к тому, что пациенты могут иметь на руках множество справок с результатами ОАК, что усложняет слежение за динамикой течения заболевания.

Выходом из сложившейся ситуации является разработка веб-приложения, которое будет хранить результаты ОАК в электронном виде, что позволит пациентам отслеживать динамику собственного здоровья. Однако простой перенос данных справки ОАК недостаточен, так как исследования показали, что для пациентов результат анализа является лишь набором числовых показателей, в то время как их в первую очередь интересует риск для здоровья и дальнейшие прогнозы.

Группа исследователей под руководством Сары Т. Холи пришли к выводу, что графическое представление медицинской информации позволяет пациентам понимать ее лучше, чем если бы она была представлена в числовом виде [2]. Также было установлено, что пациенты могут испытывать беспокойство и стресс при попытке интерпретировать медицинскую терминологию. В одном из исследований пациенты из исследуемой группы утверждали, что для лучшего понимания их текущего состояния здоровья им необходимо больше пояснительной информации в результатах анализов [3]. Джеймс Милевски и Гектор Парра [4] предположили, что визуальное представление данных о состоянии здоровья может помочь пациентам понимать значение их результатов

анализов и подтолкнуть их к более ответственному отношению к собственному здоровью.

Таким образом, создание веб-приложения, которое позволяет визуализировать медицинские данные, позволит наиболее эффективно передавать информацию о рисках для пациентов и обеспечить их необходимым контекстом для правильной интерпретации результатов анализов.

1.2 Клинический общий анализ крови

Как было указано ранее, общий клинический анализ крови включает три основные группы показателей:

- общий анализ крови;
- лейкоцитарная формула (лейкограмма);
- скорость оседания эритроцитов.

Однако наибольший интерес в рамках данного исследования является лейкоцитарная формула.

1.2.1 Лейкоцитарная формула

Лейкоцитарная формула представляет собой соотношение различных субпопуляций лейкоцитов, наиболее распространенными из которых являются:

- нейтрофилы;
- лимфоциты;
- моноциты;
- эозинофилы;
- базофилы.

Клетки кроветворения (гемопоз), входящие в лейкоцитарную формулу, изображены на рисунке 1.1.

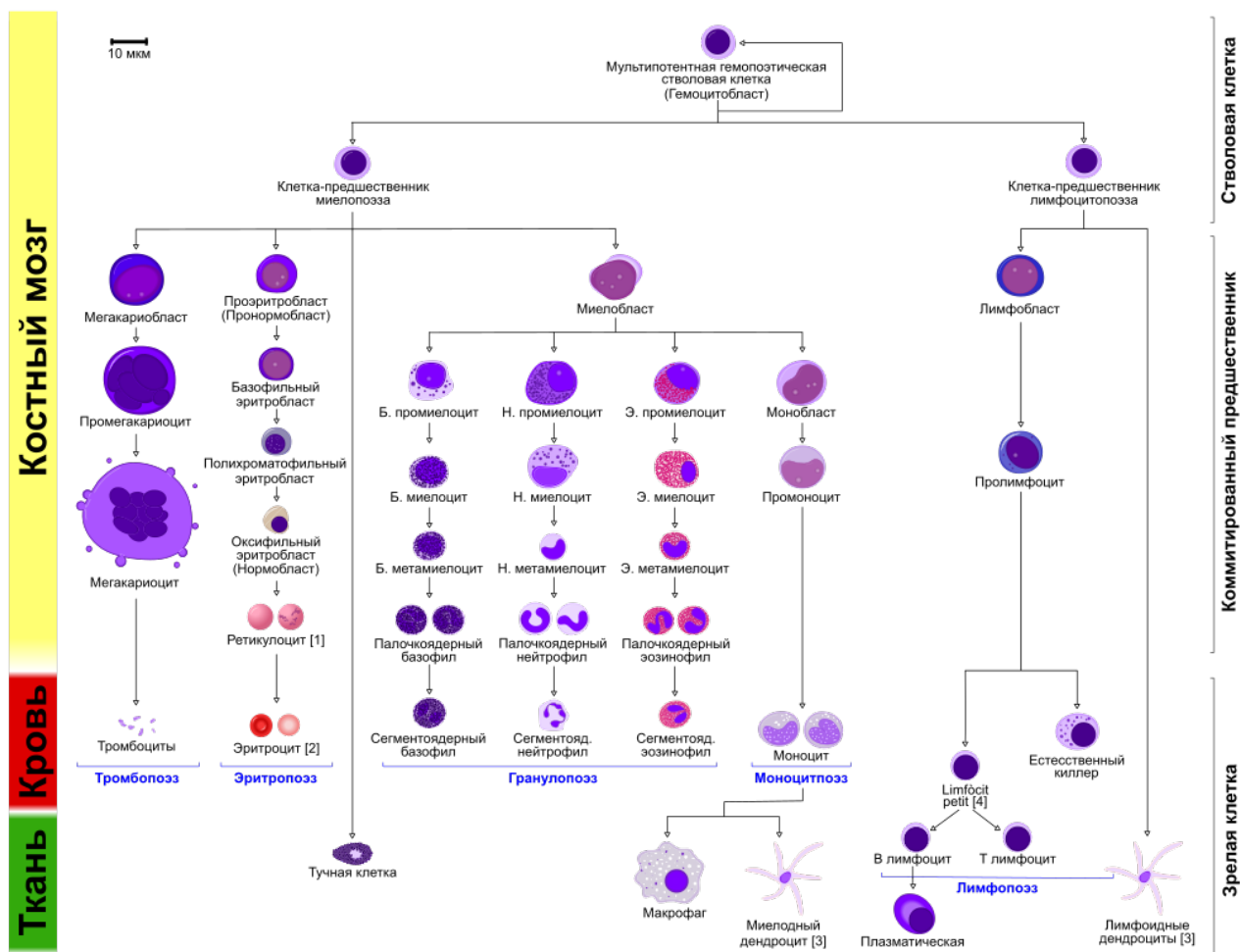


Рисунок 1.1 – Гемопоэз человека

Каждый тип лейкоцитов определяется относительно общего количества лейкоцитов, а сдвиг в процентах указывает на наличие или отсутствие патологий. В норме около 60% лейкоцитарных клеток являются нейтрофилами. Нейтрофилы помогают бороться с бактериями, и, соответственно, их высокий уровень (> 85%) указывает на бактериальную инфекцию. Лимфоциты, на которые приходится около 30% всех лейкоцитов, помогают бороться с вирусами. Следовательно, высокое количество лимфоцитов может быть признаком вирусной инфекции.

Последние 10% включают моноциты, эозинофилы и базофилы. Эти типы клеток обычно связаны с аллергией или паразитарными инфекциями. Например, большое количество моноцитов (2–8% в норме) может указывать на хроническое воспалительное заболевание или бактериальную инфекцию, тогда как высокое содержание эозинофилов (1–4% в норме) указывает на астму, аллергическую

реакцию, или паразитическую инфекцию. Большое количество базофилов (0,5–1% в норме) обычно связано с воспалительными реакциями, особенно с аллергическими симптомами. Большое количество лейкоцитов также может указывать на некоторые формы рака, такие как лейкоз или лимфома [5].

1.2.2 Лейкоцитарные индексы

Одним из первоочередных анализов при диагностике степени воспалительных процессов в организме человека, а также степени токсикации и аллергизации является исследование общей концентрации уровня лейкоцитов, а также соотношения их субпопуляций друг к другу. Именно наличие лейкоза предопределяет показания для госпитализации пациента и необходимость назначения антибиотиков [6, 7]. При этом наличие лейкоза не всегда предполагает за собой наличие гнойно-воспалительного процесса либо других патологий, а может проявляться при кровотечениях, травмах, приступах пароксизмальной тахикардии и даже при повышенной физической нагрузке и других стрессовых ситуациях [8].

В процессе лечения больных нередко случаи, когда местные клинические проявления заболевания не соответствует показателю лейкоцитарной формулы. В таких случаях для верной диагностики динамики заболеваний и корректировки назначенного лечения применяют лейкоцитарные индексы.

Лейкоцитарные индексы представляют собой математические модели соотношения компонентов лейкоцитарной формулы, которые позволяют выявить степень воспаления, токсикации, аллергизации и других патологий организма человека. Наиболее изученными индексами являются:

- лейкоцитарный индекс интоксикации по Я. Я. Кальф-Калифу [9];
- лейкоцитарный индекс интоксикации по В. К. Островскому [10, 11];
- ядерный индекс по Г. Д. Даштаянц [12];
- индекс сдвига лейкоцитов по Н. И. Ябучинскому [13];
- индекс аллергизации [14].

1.2.2.1 Лейкоцитарный индекс интоксикации по Я. Я. Кальф-Калифу

Лейкоцитарный индекс интоксикации по Я. Я. Кальф-Калифу представляет собой маркер интоксикации и вычисляется по формуле (1.1):

$$ЛИИ К-К = \frac{(4Мило + 3Мета + 2ПЯ + СЯ) \cdot (Плазм + 1)}{(Моно + Лимф) \cdot (Эо + 1)}, \quad (1.1)$$

где:

Миело – миелоциты, %;

Мета – метамиелоциты, %;

ПЯ – палочкоядерные нейтрофилы, %;

СЯ – сегментоядерные нейтрофилы, %;

Плазм – плазматические клетки, %;

Моно – моноциты, %;

Лимф – лимфоциты, %;

Эо – эозинофилы, %.

Норма лейкоцитарного индекса интоксикации по Я. Я. Кальф-Калифу составляет 0,3 – 1,5.

1.2.2.2 Лейкоцитарный индекс интоксикации по В. К. Островскому

Лейкоцитарный индекс интоксикации по В. К. Островскому также является маркером интоксикации (1.2):

$$ЛИИ = \frac{СЯ + ПЯ + Мета + Миело + Плазм}{Моно + Лимф + Плазм}, \quad (1.2)$$

где:

ПЯ – палочкоядерные нейтрофилы, %;

СЯ – сегментоядерные нейтрофилы, %;

Мета – метамиелоциты, %;

Миело – миелоциты, %;

Моно – моноциты, %;

Лимф – лимфоциты, %;

Плазм – плазматические клетки, %.

В норме лейкоцитарный индекс интоксикации по В. К. Островскому имеет значение 0,1 – 1,1.

1.2.2.3 Ядерный индекс по Г. Д. Даштаянц

Ядерный индекс по Г. Д. Даштаянц представляет собой маркер степени эндотоксикоза и вычисляется по формуле (1.3):

$$ЯИ = \frac{Моно + Мета + ПЯ}{СЯ}, \quad (1.3)$$

где:

Моно – моноциты, %;

Мета – метамиелоциты, %;

ПЯ – палочкоядерные нейтрофилы, %;

СЯ – сегментоядерные нейтрофилы, %

В норме ядерный индекс по Г. Д. Даштаянц имеет значение 0,05 – 0,1.

1.2.2.4 Индекс сдвига лейкоцитов по Н. И. Ябучинскому

Индекс сдвига лейкоцитов по Н. И. Ябучинскому является маркером степени сдвига лейкоцитарной формулы вправо или влево (1.4):

$$ИСЛ = \frac{СЯ + ПЯ}{Лимф}, \quad (1.4)$$

где:

СЯ – сегментоядерные нейтрофилы, %;

ПЯ – палочкоядерные нейтрофилы, %;

Лимф – лимфоциты, %.

Нормальное значение индекса сдвига лейкоцитов по Н. И. Ябучинскому – 1.

1.2.2.5 Индекс аллергизации

Индекс аллергизации является, соответственно, маркером аллергизации и вычисляется по формуле (1.5):

$$ИА = \frac{Лимф + 10 \cdot (Эо + 1)}{Нейтр + Моно + Базо}, \quad (1.5)$$

где:

Лимф – лимфоциты, %;

Эо – эозинофилы, %;

Нейтр – нейтрофилы, %;

Моно – моноциты, %;

Базо – базофилы, %.

Нормальное значение индекса аллергизации находится в пределах 0,8 – 1.1.

1.2.3 Гематологические анализаторы

Начало практики исследования соотношения числа субпопуляций лейкоцитов было положено с момента открытия окрашивания по Романовскому-Гимзе, позволяя врачам-лаборантам исследовать препарат крови при помощи оптической микроскопии [15]. Однако не смотря на важность подобных исследований, на данный момент микроскопия мазка крови проводится достаточно редко, так как определение каждого типа лейкоцитов вручную достаточно трудоемкое и требует за собой достаточно времени. К тому же поскольку количество лейкоцитов, подлежащих анализу, ограничено, в результате исследование возможно возникновение погрешностей.

Ряд вышеперечисленных факторов привели к разработке автоматизированных гематологических анализаторов для проведения дифференциального анализа лейкоцитов. Данный метод подсчета лейкоцитарной формулы позволяет получить более простые, быстрые и точные измерения.

На сегодняшний день можно выделить два самых распространенных вида анализаторов в зависимости от степени дифференцирования субпопуляций лейкоцитов: 3DIFF и 5DIFF.

1.2.3.1 Гематологический анализатор 3DIFF

Анализатор класса 3DIFF измеряет концентрацию лейкоцитов и классифицирует клетки по размеру на три группы:

- лимфоциты;
- моноциты;
- нейтрофилы.

Поскольку принцип работы этого типа анализатора прост, он может быть компактным, использовать меньше реагентов, и, следовательно, является более экономически эффективным. Его дополнительным преимуществом является то, что данный анализатор способен обнаруживать повышенное количество нейтрофилов более точно, чем анализатор 5DIFF.

Гематологический анализатор класса 3DIFF предназначен для использования в отделениях неотложной помощи и амбулаторных лабораториях, где острые воспаления должны быть определены достаточно оперативно. Также данный тип анализаторов зачастую используется в небольших лабораториях, прикрепленных к палатам или операционным залам.

3DIFF позволяет получить результаты ОАК и лейкоцитарной формулы буквально в течение пары минут. Если же забрать у пациента достаточное количество крови (что обычно случается при исследованиях младенцев и детей) невозможно, данный тип анализатора способен работать в режиме микроанализа.

1.2.3.2 Гематологический анализатор 5DIFF

Гематологический анализатор класса 5DIFF позволяет выделить точное соотношение клеток пяти субпопуляций лейкоцитов:

- нейтрофилы;
- лимфоциты;
- моноциты;
- эозинофилы;
- базофилы.

Точность анализатора 5DIFF достаточно высока и может сравниться с микроскопическим исследованием мазка крови [16]. В связи с повышенной точностью и надежностью данный тип анализаторов имеет более высокую себестоимость и стоимость технического обслуживания, использует больше реагентов и требует за собой точную настройку электрооптической системы по сравнению с 3DIFF анализатором.

Однако несмотря на данные факторы ни один из анализаторов не может гарантировать 100%-ную идентификацию клеток лейкемии. При проведении анализа крови возможно возникновение аномалий исследуемого образца, например, наличие лейкозных клеток. В таком случае необходимо проведение микроскопического анализа для исследования образца на наличие гематологических отклонений. Подобная двойная проверка минимизирует вероятность пропуска различных патологий крови [17].

Даже несмотря на то, что автоматический дифференциальный анализ лейкоцитов может потребовать за собой микроскопического исследования, точность измерений является неоспоримым преимуществом, обосновывая его высокую стоимость.

1.3 Обзор представленных решений

Информационные системы и приложения для пациентов и врачей являются наиболее перспективной сферой развития телемедицины. Одним из инструментов телемедицины являются так называемые медицинские калькуляторы, которые позволяют анализировать результаты анализов и расшифровывать их в рамках референтных значений.

Калькуляторы ОАК не являются исключением в сфере электронного здравоохранения. На сегодняшний день имеется несколько онлайн-сервисов, анализирующих ОАК, но все же они имеют некоторые недостатки.

1.3.1 TestResult.org

Онлайн-сервис <https://testresult.org/> представляет собой медицинский калькулятор, позволяющий расшифровывать результаты следующих анализов:

- общий анализ крови;
- общий анализ мочи;
- биохимический анализ крови;
- анализа кала (копрограмма);
- гормоны щитовидной железы;
- пероральный глюкозотолерантный тест (ПГТТ);
- TORCH-инфекции.

В рамках настоящего исследования наибольший интерес имеет функция расшифровки общего анализа крови. Интерфейс калькулятора представлен на рисунке 1.2.

Расшифровка анализов онлайн

- Общий анализ крови
- Общий анализ мочи
- Биохимический анализ крови
- Анализ кала (копрограмма)
- Гормоны щитовидной железы
- Пероральный глюкозотолерантный тест (ПГТТ)
- TORCH-инфекции

Общий анализ крови - расшифровка

Чтобы иметь возможность сохранить на сайте полученные результаты анализа, не забудьте зарегистрироваться.

При заполнении таблицы, обращайте внимание на единицы измерения! Указывайте только относительные значения лейкоцитов в %, абсолютные значения рассчитываются автоматически. [Подробнее](#)

Возраст* 28 лет

Пол* Женский Беременность

Лаборатория Название лаборатории

Показатель	Значение	Норма	Единицы
Эритроциты (RBC)	<input type="text"/>	3.8 - 5.1	10 ¹² клеток/л
Гемоглобин (HGB)	<input type="text"/>	123 - 153	г/л
Гематокрит (HCT)	<input type="text"/>	36 - 47	%
Средний объем эритроцита (MCV)	<input type="text"/>	80 - 100	фл
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH)	<input type="text"/>	26 - 34	пг
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC)	<input type="text"/>	31 - 36	г/дл

Рисунок 1.2 – Интерфейс онлайн-сервиса TestResults.org

Сервис принимает 23 показателя общего анализа крови, включая расширенную версию лейкоцитарной формулы. При этом имеется возможность вводить только относительные (или абсолютные) значения, сервис пересчитывает в абсолютный (или относительный, соответственно) вид автоматически. Дополнительно сервис требует ввести возраст и пол для корректного выбора референтных значений. После ввода данных результата ОАК сервис предоставляет расшифровку каждого показателя, который превышает норму или не доходит до нее, предлагая возможные причины и диагнозы, определяющие значения показателей ОАК.

Дополнительным преимуществом сервиса TestResults.org является возможность сохранять расшифрованные результаты и сравнивать их между собой (максимум 3 анализа одновременно). Данная функция доступна только для зарегистрированных пользователей. Однако сервис не предполагает какой-либо расчет и визуализацию результатов.

1.3.2 LAB 4 U

Онлайн-сервис <https://lab4u.ru/rasshifrovka-analizov/> также представляет собой инструмент для расшифровки и интерпретации результатов анализов. На данном сервисе доступны расшифровки не только анализов общего анализа крови, но и анализов мочи и кала, инфекций, биохимии крови и гормонов.

Интересной особенностью данного сервиса является возможность интерпретации отдельных частей результатов анализа крови, а именно:

- расшифровка лейкоцитарной формулы крови;
- расшифровка общего анализа крови;
- расшифровка и нормы анализа СОЭ.

В целом форма ввода параметров ОАК схожа с аналогичной формой сервиса TestResults.org: пользователю требуется ввести дату рождения, выбрать пол и указать значения показателей результатов ОАК. Сервис также поддерживает ввод как относительных, так и абсолютных показателей

лейкоцитарной формулы. Интерфейс формы для расшифровки результатов ОАК представлен на рисунке 1.3.

The screenshot shows the 'Расшифровка общего анализа крови' (Blood Analysis Decoding) page on the LAB 4 U website. The page features a blue header with the logo and navigation links: 'Поиск анализов...', 'Анализы и цены', 'Адреса', 'Оплата', 'Расшифровка', 'Личный кабинет', and 'Мой заказ'. The main content area is divided into two columns. The left column contains a form for user data: 'Дата рождения' (Date of birth) with dropdowns for 16, Апрель, 1992; 'Дата сдачи анализов' (Date of analysis) with dropdowns for 1, Май, 2020; 'Пол' (Gender) with a dropdown for Женский; and three input fields for 'Скорость оседания эритроцитов (СОЭ)' (mm/hour), 'Гемоглобин' (g/l), and 'Эритроциты (RBC)' (10¹²/l). The right column displays the ID '51309' and a detailed text explanation of the service, including information about the types of tests supported and the calculation tool available. At the bottom, there is a footer with 'Москва', 'О нас', 'Вопросы и ответы', 'Статьи', 'Контакты', and a 'Помощь онлайн' button.

Рисунок 1.3 – Интерфейс онлайн-сервиса LAB 4 U

Для подтверждения введенных данных пользователю необходимо указать адрес электронной почты, на который впоследствии придет письмо с результатами расшифровки. Полученная расшифровка содержит информацию о показателях, чьи значения не вошли в предел нормы, и список возможных патологий, возникающих при подобных значениях.

Главный недостаток данного сервиса – невозможность сохранять результаты даже для зарегистрированного пользователя. Пользователь может просматривать расшифровки только по ссылке, отправленной ему по электронной почте. Также, как и предыдущий сервис, LAB 4 U не поддерживает функцию подсчета лейкоцитарных индексов и визуализацию данных.

Таким образом, были выделены основные методы анализа ОАК, необходимые для реализации в разрабатываемом веб-приложении. Рассмотренные существующие решения не удовлетворяют поставленной цели, что подтверждает актуальность и необходимость настоящего исследования.

2 Инструментальные средства разработки

2.1 Back-end

Back-end представляет собой программно-аппаратную часть веб-приложения, с помощью которой осуществляется его бизнес-логика.

Back-end настоящего веб-приложения был реализован на языке программирования Python с использованием фреймворка Django. В качестве СУБД была использована PostgreSQL.

2.1.1 Язык программирования

Python – это высокоуровневый объектно-ориентированный язык программирования с динамической семантикой. Встроенные высокоуровневые структуры данных в сочетании с динамической типизацией и поздним связыванием позволяют использовать этот язык программирования для быстрой разработки приложений. Простой и легкий в освоении, синтаксис Python обеспечивает удобочитаемость кода и, следовательно, снижает стоимость обслуживания разрабатываемых приложений. Python поддерживает модули и пакеты, способствуя повторному использованию кода. Интерпретатор Python совместно с его обширной стандартной библиотекой доступны бесплатно для всех основных платформ и свободны для распространения.

Python обеспечивает повышенную производительность: так как этап компиляции отсутствует, цикл изменения-тестирования-отладки достаточно быстр. Отладка программ на Python проста, ошибка или неправильный ввод никогда не вызовут ошибку сегментации. Отладчик позволяет проверять локальные и глобальные переменные, оценивать произвольные выражения, устанавливать точки останова и многое другое. Отладчик написан на самом Python, свидетельствуя о его степени интроспекции [18].

2.1.1.1 Фреймворк для веб-приложений

Django представляет собой высокоуровневый фреймворк для разработки веб-приложений на языке программирования Python, который позволяет быстро разрабатывать надежные и поддерживаемые веб-приложения. Данный фреймворк бесплатен и имеет открытый исходный код, активное сообщество, отличную документацию и множество вариантов бесплатной и платной поддержки.

Архитектурный паттерн Django схож с моделью MVC. Основные компоненты Django это [19]:

- Views (Представления) – играют роль контроллера и представляют собой функции обработчика запросов, получая HTTP-запросы и возвращая HTTP-ответы. Представления получают доступ к данным, необходимым для удовлетворения запросов через модели, и делегируют форматирование ответа шаблонам.
- Models (Модели) – так же как и в стандартном MVC, модели определяют структуру данных приложения и предоставляют механизмы для управления (добавления, изменения, удаления) и запроса записей в базе данных.
- Templates (Шаблоны) – имеют функциональность представлений в классическом MVC. Шаблон представляет собой текстовый файл, определяющий структуру или макет файла (например, HTML-страницу) для представления фактического содержимого страницы веб-приложения. К тому же представление может динамически создавать HTML-страницу на основе шаблонов, заполняя ее данными из модели.

2.1.2 Система управления базами данных

PostgreSQL – это мощная система объектно-реляционных баз данных с открытым исходным кодом, которая использует и расширяет язык SQL в

сочетании со многими функциями, которые безопасно хранят и масштабируют самые сложные рабочие нагрузки данных.

PostgreSQL является достаточно популярной СУБД благодаря проверенной архитектуре, надежности, целостности данных, надежному набору функций, расширяемости и активному сообществу. На сегодняшний день PostgreSQL поддерживается всеми основными операционными системами и удовлетворяет стандартам ACID с 2001 года. Также она имеет мощные дополнения, такие как расширитель геопространственных баз данных PostGIS [20].

PostgreSQL является бесплатным программным обеспечением с открытым исходным кодом, доступным под лицензией PostgreSQL. Разработчики могут свободно использовать, модифицировать и распространять эту СУБД в любой форме.

2.2 Front-end

Front-end является клиентской стороной программно-аппаратной части веб-приложения, которая обеспечивает взаимодействие пользователя с бизнес-логикой приложения посредством пользовательского интерфейса.

Визуализация данных настоящего веб-приложения была реализована с использованием библиотеки amCharts, а шаблоны страниц были разработаны на основе библиотеки компонентов Metronic.

2.2.1 Библиотека для построения диаграмм

amCharts – это расширенная библиотека диаграмм, которая подойдет для любых задач визуализации данных. amCharts поддерживает следующие типы диаграмм:

- столбиковые диаграммы;
- линейные диаграммы;
- диаграммы областей;

- круговые диаграммы;
- пузырьковые диаграммы;
- лепестковые диаграммы;
- точечные диаграммы;
- диаграмма Ганта;
- воронки;
- карты.

amCharts имеет интеграцию с React, Angular, Vue, Ember, а также готовый плагин для WordPress. Основные преимущества данной библиотеки включают поддержку анимации графиков, полноценную кастомизацию, а также специальные возможности в соответствии со стандартами W3C. Дополнительно поддерживается экспорт графиков в изображение или PDF файл.

Полная техподдержка доступна для всех пользователей, а приоритетная – для клиентов с лицензией, которая стоит от 180\$.

2.2.2 Библиотека HTML и CSS шаблонов

Metronic – это HTML, CSS, JavaScript шаблон панели администратора, основанный на Bootstrap 4, который поддерживается такими библиотеками и фреймворками, как React, Angular 9, VueJS и Laravel.

Metronic может быть использован для любого типа веб-приложений, включая пользовательскую часть, панель администратора, CMS, CRM, SaaS. Данный шаблон имеет сбалансированный и интуитивно понятный дизайн, придерживающийся стандартам материального дизайна. Панель администратора Metronic имеет огромное количество плагинов и компонентов для интерфейса веб-приложений, а также адаптирован для различных устройств.

Metronic распространяется под обычной лицензией и имеет стоимость \$35.

Таким образом, были выбраны информационные технологии и инструменты, удовлетворяющие мировым практикам разработки программного обеспечения для проектов, имеющих схожие, что и данное исследование, цели.

3 Проектирование системы

3.1 Функциональные требования

Функциональные требования представляют собой возможности системы, которые включают функции, доступные пользователю, и ответы системы на его действия.

Для разрабатываемого веб-приложения были установлены следующие функциональные требования:

1. Аутентификация:
 - a. Регистрация.
 - b. Авторизация.
 - c. Восстановление пароля.
 - d. Смена пароля.
2. Неавторизованный пользователь:
 - a. Добавление результата общего анализа крови согласно методам:
 - i. 3DIFF;
 - ii. 5DIFF;
 - iii. Микроскопия.
 - b. Просмотр расшифровки результата общего анализа крови.
 - c. Просмотр результатов расчета лейкоцитарных индексов.
3. Авторизованный пользователь:
 - a. Все действия, доступные неавторизованному пользователю.
 - b. Результаты общего анализа крови:
 - i. Просмотр списка результатов.
 - ii. Изменение.
 - iii. Удаление.
 - c. Диаграммы:
 - i. Просмотр диаграмм общего анализа крови;
 - ii. Просмотр диаграммы лейкоцитарной формулы;
 - iii. Просмотр диаграмм лейкоцитарных индексов.

- d. Личные данные:
 - i. Добавление.
 - ii. Изменение.
- 4. Администратор:
 - a. Все действия, доступные авторизованному пользователю.
 - b. Референтные значения:
 - i. Добавление.
 - ii. Изменение.
 - iii. Удаление.

3.2 Варианты использования

После формирования функциональных требований были определены варианты использования для разрабатываемого веб-приложения. Диаграмма вариантов использования приведена на рисунке 3.1.

В процессе создания диаграммы вариантов использования была выделена основная роль пользователя. В последствии она была расширена другими ролями: администратора, авторизованного и неавторизованного пользователей.

Добавление результатов анализа ОАК и их расшифровка является основной функцией приложения и поэтому доступна как для авторизованного пользователя, так и для неавторизованного. Однако для просмотра расшифровки анализов необходимо добавить референтные значения, что входит в функциональные возможности администратора. Данная особенность обуславливается различием стандартов нормы значений показателей у каждой отдельно взятой клинико-диагностической лаборатории.

Помимо расшифровки результатов ОАК пользователям любого уровня доступна функция расчета лейкоцитарных индексов. При этом лейкоцитарные индексы рассчитываются только для результатов анализа крови, полученных методом микроскопии мазка крови, ввиду наличия в нем всех необходимых компонентов.



Рисунок 3.1 – Диаграмма вариантов использования

Дополнительно к возможности просмотра списка сохраненных результатов авторизованным пользователям доступна функция просмотра диаграмм ОАК, лейкоцитарной формулы и лейкоцитарных индексов.

Все описанные выше ограничения функциональности введены для побуждения пользователей к регистрации.

3.3 Архитектура

Для проектирования архитектуры разрабатываемого веб-приложения была разработана диаграмма пакетов (рисунок 3.2).

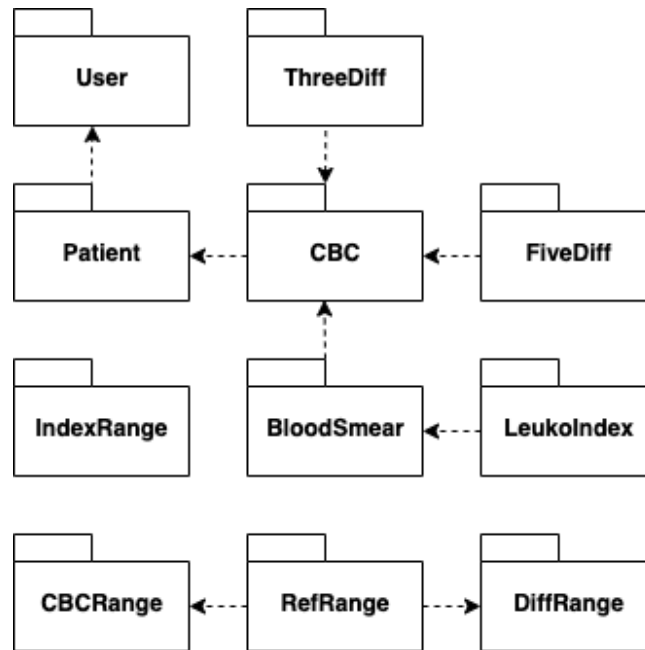


Рисунок 3.2 – Диаграмма пакетов

Пакет User содержит в себе всех пользователей системы и имеет зависимый от него пакет Patient, который, соответственно, включает всех пациентов. В свою очередь, от пакета Patient зависит пакет CBC, который представляет собой результаты общего анализа крови, не включая лейкограмму. Для дифференцирования лейкоцитарной формулы были добавлены три пакета, зависимые от пакета CBC:

- ThreeDiff – лейкоцитарная формула, полученная с помощью анализатора класса 3DIFF;
- FiveDiff – лейкоцитарная формула, полученная с помощью анализатора класса 5DIFF;
- BloodSmear – лейкоцитарная формула, полученная при микроскопии мазка крови.

Пакет LeukoIndex включает в себя рассчитанные лейкоцитарные индексы. Однако так как расчет индексов возможен только при микроскопическом исследовании, данный пакет зависит только от пакета BloodSmear.

Для корректной расшифровки результатов анализа необходимы референтные значения, которые представлены пакетом RefRange. Так как разные компоненты ОАК имеют различное дифференцирование (пол и возраст для

общего анализа крови и возраст и тип значений показателей – для лейкограммы), от пакета RefRange зависят пакеты CBCRange и DiffRange, определяющие референтные значения результатов общего анализа крови и лейкоцитарной формулы, соответственно. Референтные значения лейкоцитарных индексов не зависят от такого рода параметров, и поэтому пакет IndexRange также независим.

3.4 База данных

После определения архитектуры приложения была составлена логическая модель базы данных (рисунок 3.3), описывающая сущности разрабатываемого веб-приложения, а также их взаимодействие между собой.

Основной сущностью веб-приложения является `cbc_CompleteBloodCount`. Ее особенность заключается в наличии полиморфных связей с сущностями лейкоцитарной формулы `cbc_ThreeDiff`, `cbc_FiveDiff` и `cbc_BloodSmear`. Таким образом, экземпляры лейкоцитарной формулы определяются в общем анализе крови идентификатором одной из сущностей лейкоцитарной формулы и идентификатором соответствующего экземпляра лейкоцитарной формулы.

Для сущностей `range_DiffRange` и `range_CBCRange` первичные ключи являются составными.

Более детальное описание проектируемой базы данных представлено диаграммой классов (рисунок 3.4).

При создании диаграммы классов проектируемая база данных перетерпела концептуальное изменение. Так как расчет лейкоцитарных индексов возможен только для микроскопии мазка крови, в ходе проектирования было принято решение объединить таблицу лейкоцитарных индексов (`cbc_LeukocyteIndex`) с таблицей микроскопии мазка крови (`cbc_BloodSmear`), добавив в последнюю методы расчета индексов. Таким образом, расчет индексов производится на стороне модели, а не представления, что удовлетворяет концепции MVC (MTV).

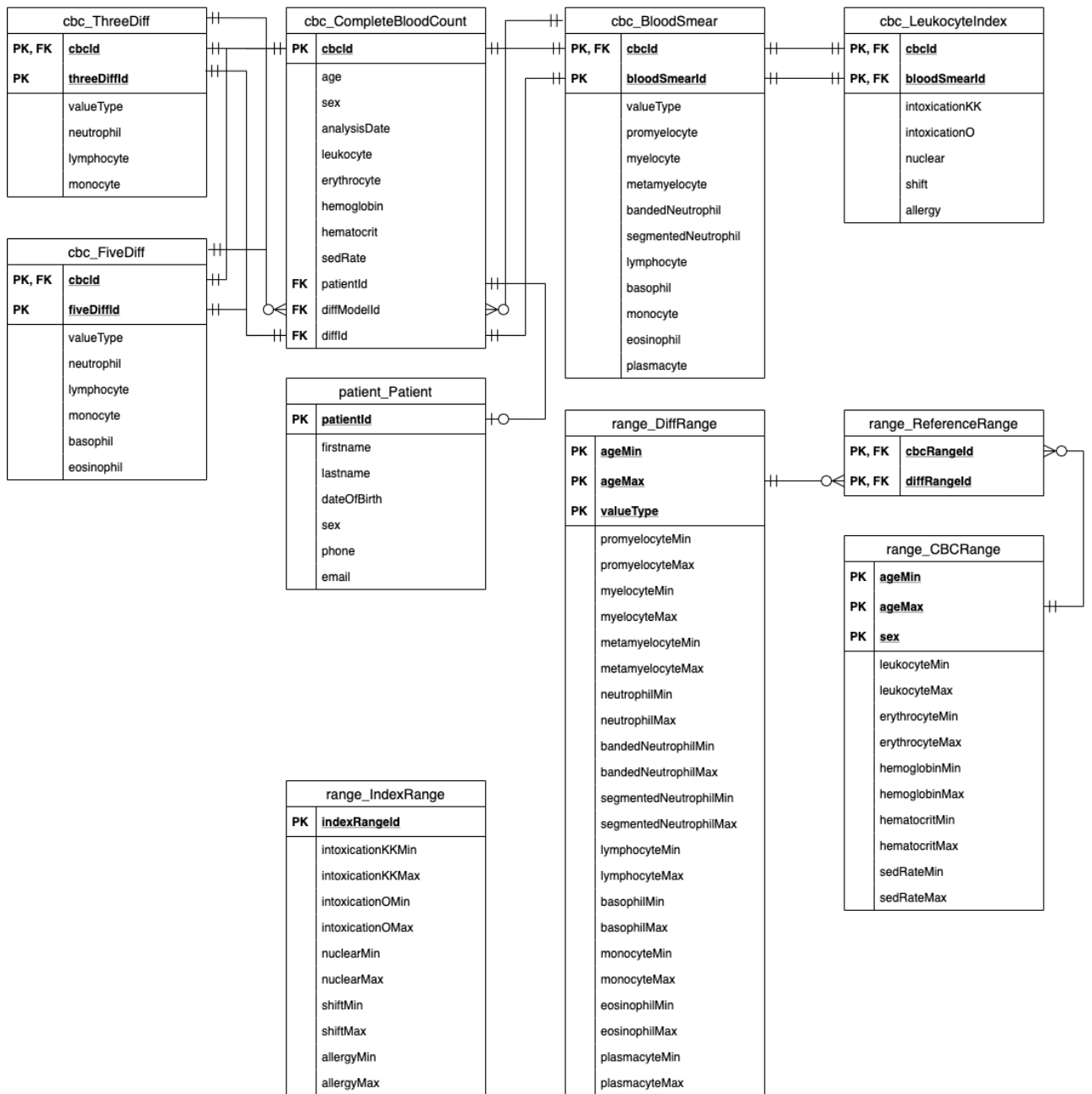


Рисунок 3.3 – Логическая модель базы данных

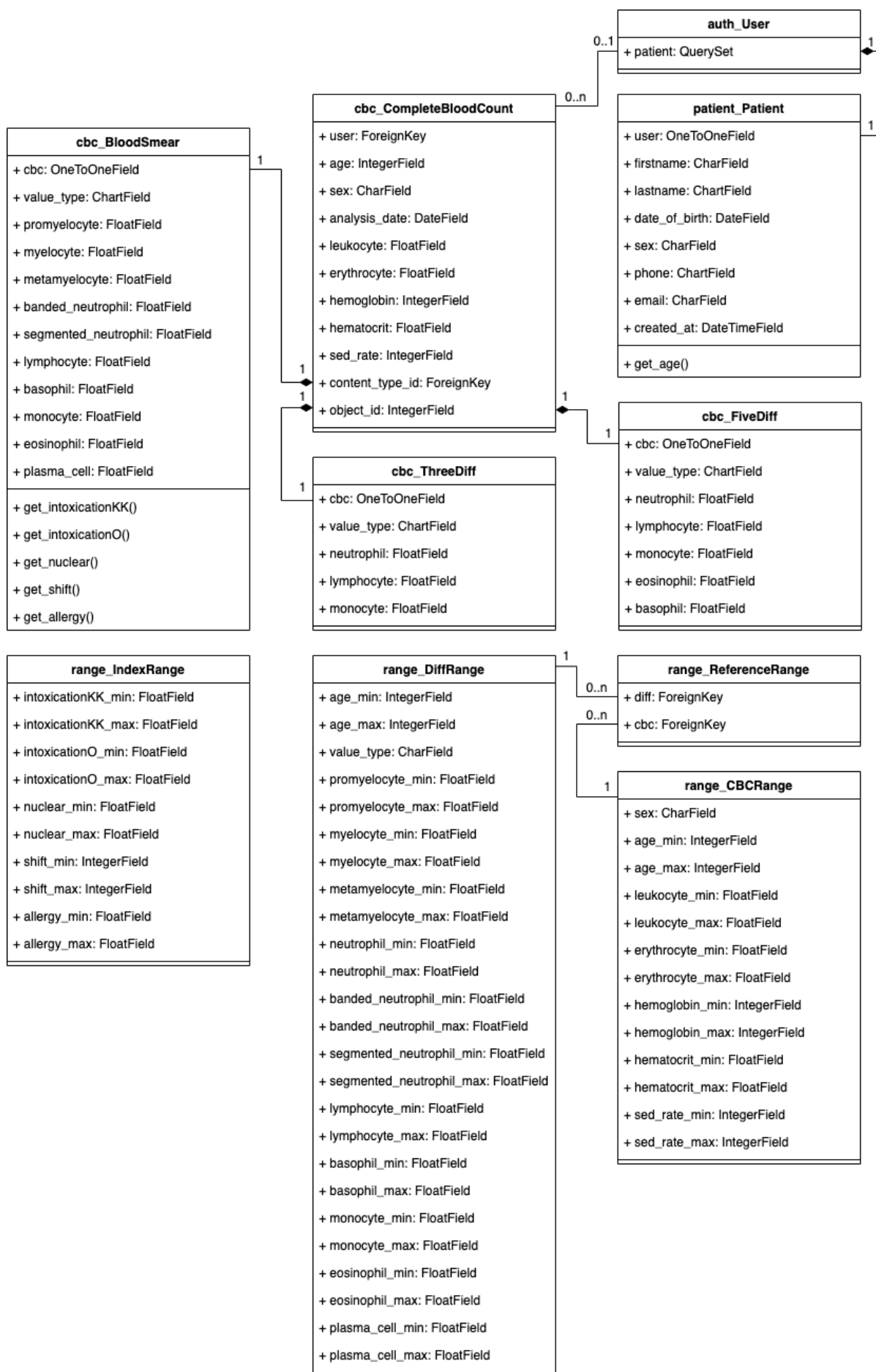


Рисунок 3.4 – Диаграмма классов

Описание полей и типов данных таблицы ОАК представлены в таблице 3.1. Таблица имеет три внешних ключа – идентификатор пользователя, а также идентификаторы таблицы лейкоцитарной формулы и ее записи, позволяя реализовать полиморфные связи таблиц. Так как добавление результата ОАК не требует авторизации, поле идентификатора пользователя может быть пустым.

Остальные поля таблицы СВС представляют собой основные компоненты общего анализа крови. Дополнительно для корректного выбора референтных значений введены поля для указания возраста и пола.

Таблица 3.1 – Данные общего анализа крови

	Поле	Описание	Тип данных	Null
PK	id	Идентификатор анализа ОАК	Int	Not null
FK	user_id	Идентификатор пользователя	Int	
	sex	Пол пациента	String	Not null
	age	Возраст пациента	Int	Not null
	analysis_date	Дата анализа	Datetime	Not null
	leukocyte	Лейкоциты	Float	Not null
	erythrocyte	Эритроциты	Float	Not null
	hemoglobin	Гемоглобин	Int	Not null
	hematocrit	Гематокрит	Float	Not null
	sed_rate	СОЭ	Int	Not null
FK	content_type_id	Идентификатор таблицы лейкограммы	Int	Not null
FK	object_id	Идентификатор лейкограммы	Int	Not null

Описание полей таблицы лейкоцитарной формулы, полученной при помощи гемоанализатора класса 3DIFF, представлено в таблице 3.2. Помимо полей показателей лейкограммы данного типа, таблица содержит внешний ключ на запись ОАК, а также тип значения показателей, необходимых для корректного отображения референтных значений для лейкоцитарной формулы.

Таблица 3.2 – Данные анализа 3DIFF

	Поле	Описание	Тип данных	Null
PK	id	Идентификатор анализа 3DIFF	Int	Not null
FK	cbc_id	Идентификатор общего анализа крови	Int	Not null
	value_type	Тип значения результатов	String	Not null
	neutrophil	Нейтрофилы	Float	Not null
	lymphocyte	Лимфоциты	Float	Not null
	monocyte	Моноциты	Float	Not null

Таблицы лейкоцитарных формул 5DIFF и микроскопии мазка крови практически идентичны описанной таблице 3DIFF. Они также имеют идентификатор записи связанного общего анализа крови в качестве внешнего ключа и поле для выбора типа значений показателей. Описание данных лейкограммы 3DIFF приведено в таблице 3.3, а микроскопии – в таблице 3.4.

Таблица 3.3 – Данные анализа 5DIFF

	Поле	Описание	Тип данных	Null
PK	id	Идентификатор анализа 5DIFF	Int	Not null
FK	cbc_id	Идентификатор общего анализа крови	Int	Not null
	value_type	Тип значения результатов	String	Not null
	neutrophil	Нейтрофилы	Float	Not null
	lymphocyte	Лимфоциты	Float	Not null
	monocyte	Моноциты	Float	Not null
	eosinophil	Эозинофилы	Float	Not null
	basophil	Базофилы	Float	Not null

Таблица 3.4 – Данные анализа микроскопии мазка крови

	Поле	Описание	Тип данных	Null
PK	id	Идентификатор анализа микроскопии	Int	Not null
FK	cbc_id	Идентификатор общего анализа крови	Int	Not null
	value_type	Тип значения результатов	String	Not null
	promyelocyte	Промиелоциты	Float	Not null
	myelocyte	Миелоциты	Float	Not null
	metamyelocyte	Метамиелоциты	Float	Not null
	banded_neutrophil	Палочкоядерные нейтрофилы	Float	Not null
	segmented_neutrophil	Сегментоядерные нейтрофилы	Float	Not null
	lymphocyte	Лимфоциты	Float	Not null
	monocyte	Моноциты	Float	Not null
	eosinophil	Эозинофилы	Float	Not null
	basophil	Базофилы	Float	Not null
	plasma_cell	Плазматические клетки	Float	Not null

Резюмируя, при проектировании веб-приложения были установлены функциональные требования, по которым впоследствии были определены варианты его использования и архитектура. Также была спроектирована нормализованная база данных, которая является наиболее оптимальной для требований, установленных к настоящему проекту.

4 Реализация

4.1 Разработка

Для реализации полиморфных связей сущности результатов общего анализа крови с сущностью одной из трех типов лейкоцитарной формулы был использован фреймворк Content Types, который встроен в Django. При этом для управления экземплярами двух сущностей одновременно (общий анализ крови и лейкоцитарная формула) использовался набор форм InlineFormSet.

Для демонстрации программной реализации данного решения код модели, формы и представления результатов микроскопии мазка крови представлен в Приложении II.

4.2 Тестирование

Для обеспечения высокого качества разрабатываемого продукта было принято решение внедрить автоматическое тестирование. Так, для настоящего веб-приложения было написано 50 модульных тестов, которые обеспечили 88% покрытия кода для компонентов CBC и Patient (рисунок 4.1).

Тесты, проверяющие основную функциональность представлений, моделей, форм и адресов компонента Patient, представлены в Приложении III.

4.3 Размещение на сервере

Помимо прочего разработанное веб-приложение было опубликовано на облачной платформе PythonAnywhere и доступно по адресу <http://olessyakhussainova.pythonanywhere.com/>.

Coverage report: 88%

<i>Module ↓</i>	<i>statements</i>	<i>missing</i>	<i>excluded</i>	<i>coverage</i>
cbc/__init__.py	0	0	0	100%
cbc/admin.py	8	0	0	100%
cbc/apps.py	4	4	0	0%
cbc/forms.py	32	4	0	88%
cbc/models.py	128	1	0	99%
cbc/tests/__init__.py	0	0	0	100%
cbc/tests/test_forms.py	21	0	0	100%
cbc/tests/test_models.py	44	0	0	100%
cbc/tests/test_urls.py	56	0	0	100%
cbc/tests/test_views.py	218	0	0	100%
cbc/urls.py	8	0	0	100%
cbc/views/blood_smear.py	95	35	0	63%
cbc/views/five_diff.py	92	33	0	64%
cbc/views/general.py	55	0	0	100%
cbc/views/three_diff.py	92	33	0	64%
patient/__init__.py	0	0	0	100%
patient/admin.py	5	0	0	100%
patient/apps.py	4	4	0	0%
patient/forms.py	52	5	0	90%
patient/models.py	23	1	0	96%
patient/tests/__init__.py	0	0	0	100%
patient/tests/test_forms.py	22	0	0	100%
patient/tests/test_models.py	18	0	0	100%
patient/tests/test_urls.py	14	0	0	100%
patient/tests/test_views.py	28	0	0	100%
patient/urls.py	6	0	0	100%
patient/validators.py	10	6	0	40%
patient/views.py	27	5	0	81%
Total	1097	131	0	88%

coverage.py v5.1, created at 2020-06-01 07:06

Рисунок 4.1 – Покрытие кода компонентов CBC и Patient модульными тестами

Таким образом, реализованное веб-приложение прошло практически все основные стадии жизненного цикла программного обеспечения и удовлетворяет мировым практикам создания проектов подобного типа и уровня сложности.

5 Результаты

В ходе магистерской диссертации было разработано веб-приложение «Калькулятор общего анализа крови». Данное приложение состоит из следующих разделов:

- главная страница;
- аутентификация;
- управление результатами общего анализа крови;
- управление данными учетной записи пользователя;
- ошибки ответа HTTP.

5.1 Главная страница

Главная страница веб-приложения отображает краткую справку о предназначении приложения, а также рекомендации к корректному выбору метода анализа результатов ОАК.

Главная страница изображена на рисунках 5.1, 5.2.

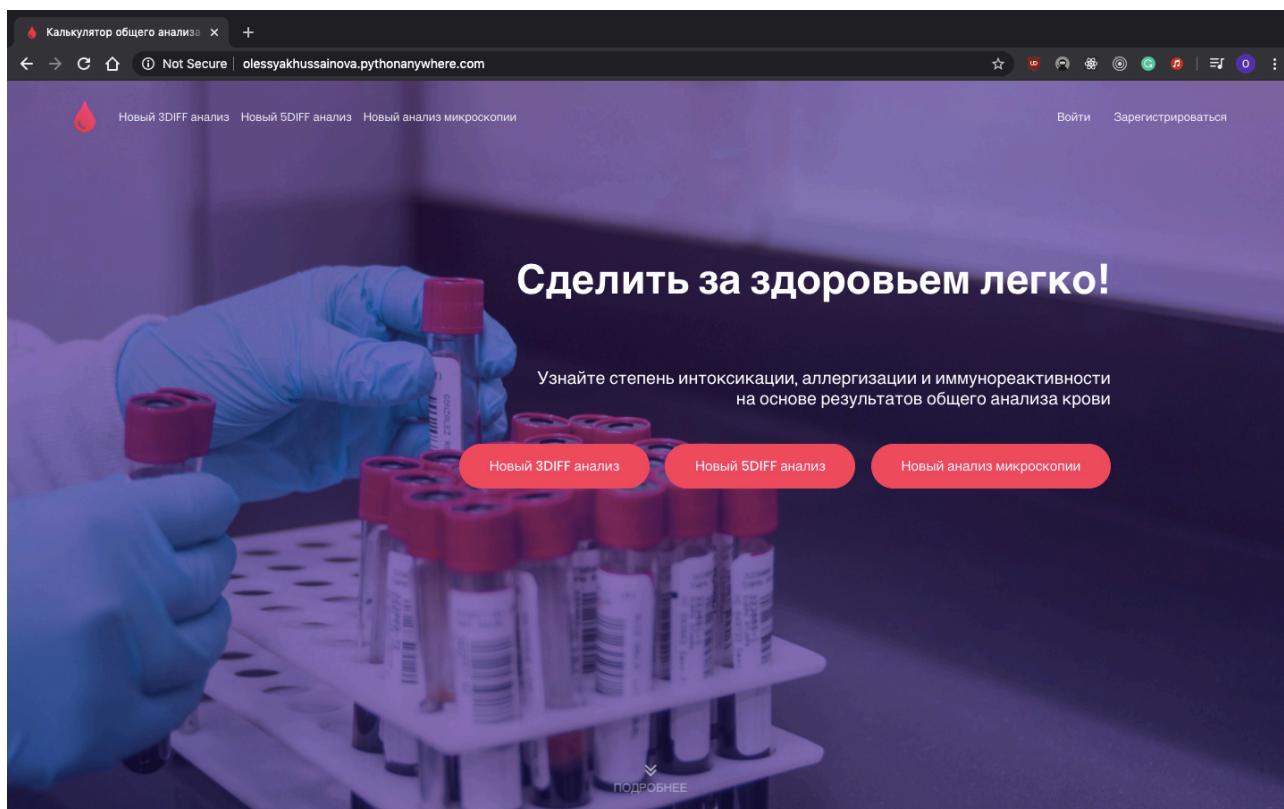


Рисунок 5.1 – Главная страница веб-приложения

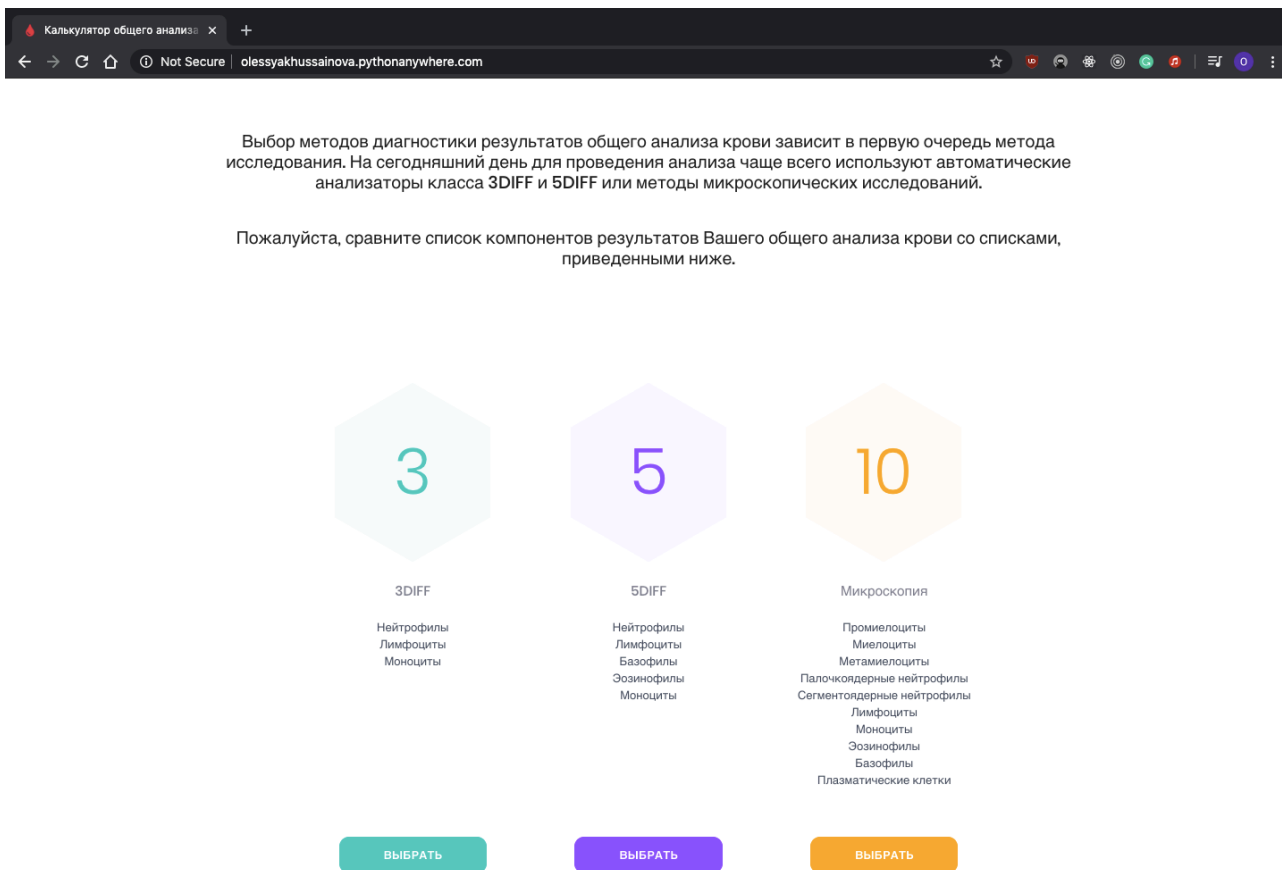


Рисунок 5.2 – Подсказка для выбора метода анализа ОАК

5.2 Аутентификация

Аутентификация веб-приложения реализована следующими функциями:

- регистрация;
- авторизация;
- восстановление пароля.

Отсутствие авторизации не препятствует использованию основных функций веб-приложения. Неавторизованные пользователи имеют возможность добавлять результаты ОАК и просматривать их расшифровки, однако для получения доступа расширенной функциональности приложения необходима авторизация.

5.2.1 Регистрация

Если пользователя не существует в системе, то для регистрации ему необходимо перейти по соответствующей ссылке в навигационном меню.

Отобразившаяся форма (рисунок 5.3) имеет валидацию по нескольким параметрам (рисунок 5.4), включая:

- наличие в системе пользователя с указанным именем;
- наличие в системе пользователя с указанным адресом электронной почты;
- правильность введенного адреса электронной почты;
- надежность пароля;
- совпадение введенных паролей.

После успешной регистрации пользователь будет перенаправлен на страницу авторизации.

Зарегистрироваться

Регистрация

Введите свои данные, чтобы создать аккаунт

Имя пользователя

E-mail

День рождения

Пол

Пароль

Подтверждение пароля

Зарегистрироваться

Отмена

Уже есть аккаунт? Войдите

Рисунок 5.3 – Форма регистрации

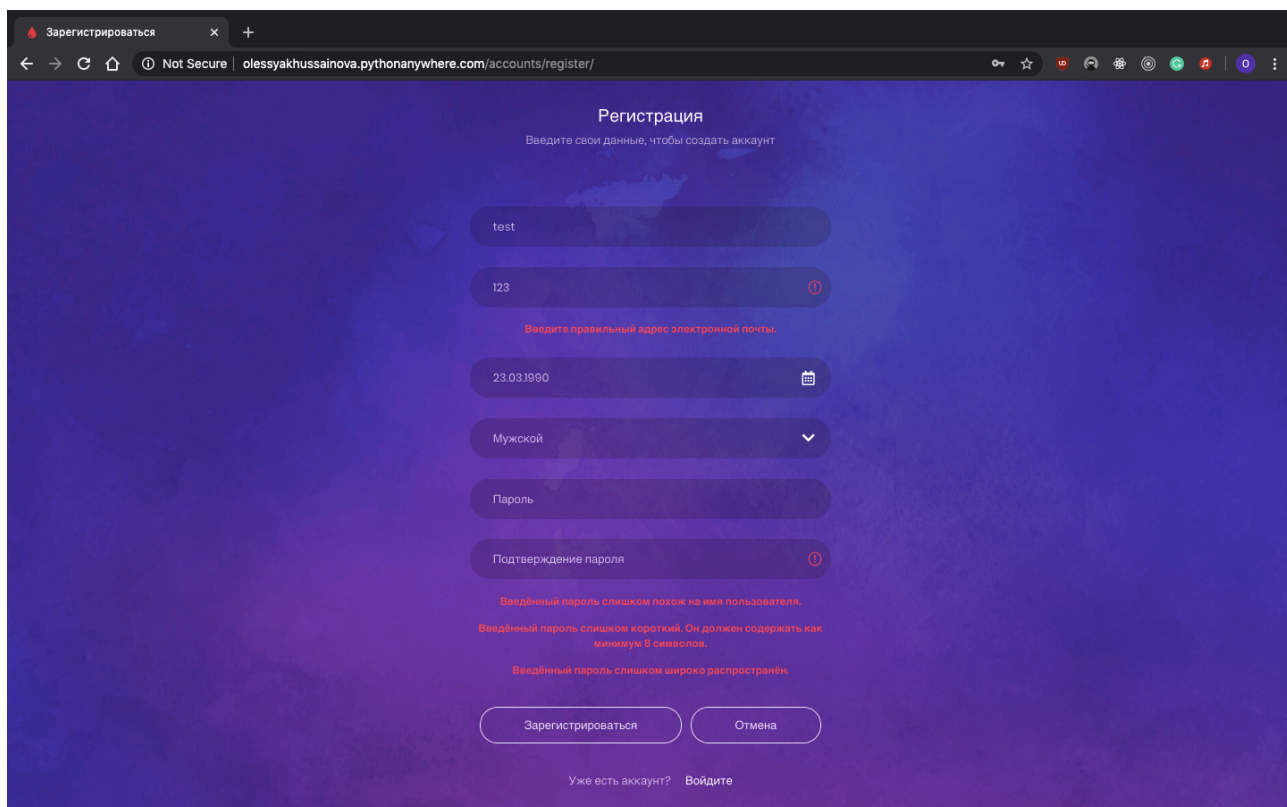


Рисунок 5.4 – Отображение ошибок при валидации формы регистрации

5.2.2 Авторизация

Если пользователь уже зарегистрирован в приложении, для авторизации ему необходимо воспользоваться ссылкой навигационного меню «Войти». После перехода по данной ссылке пользователю будет доступна форма авторизации (рисунок 5.5), которая имеет проверку на наличие в системе пользователя с введенным данным (рисунок 5.6).

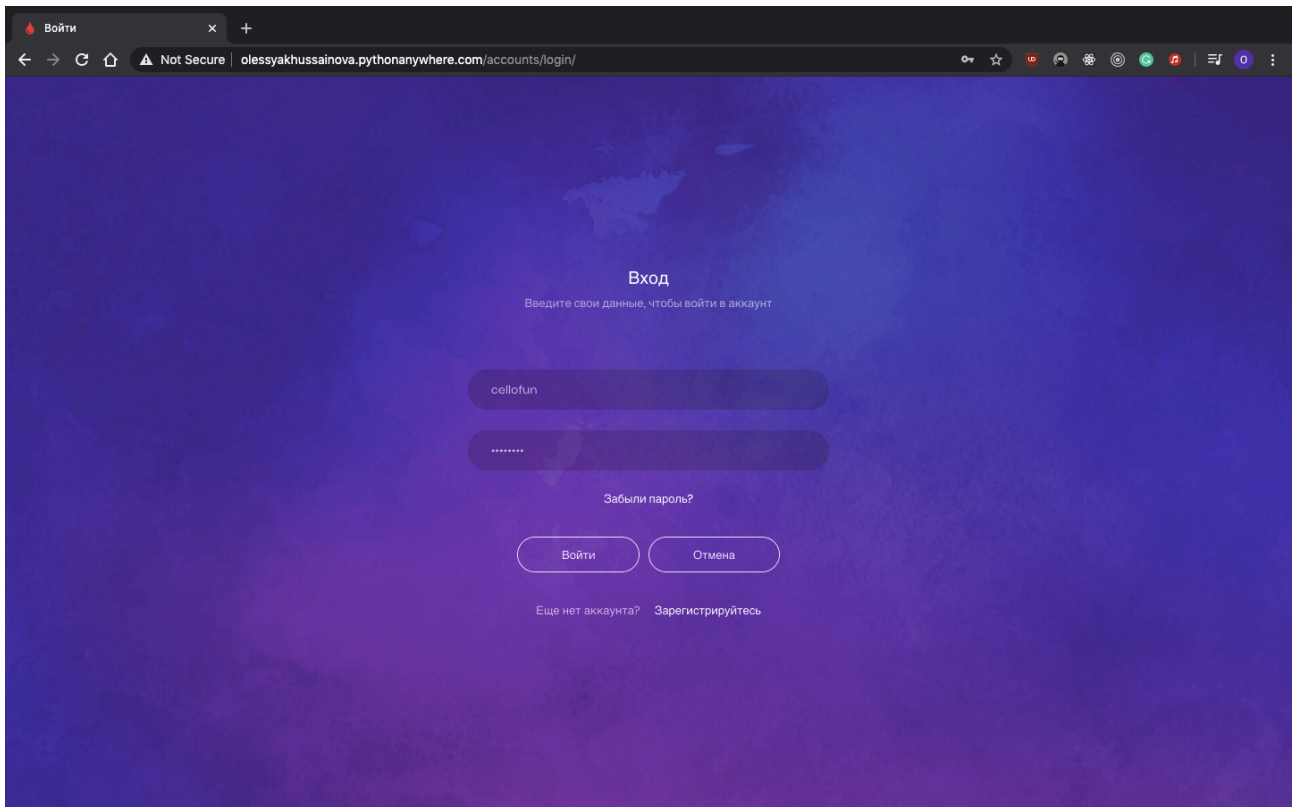


Рисунок 5.5 – Форма авторизации

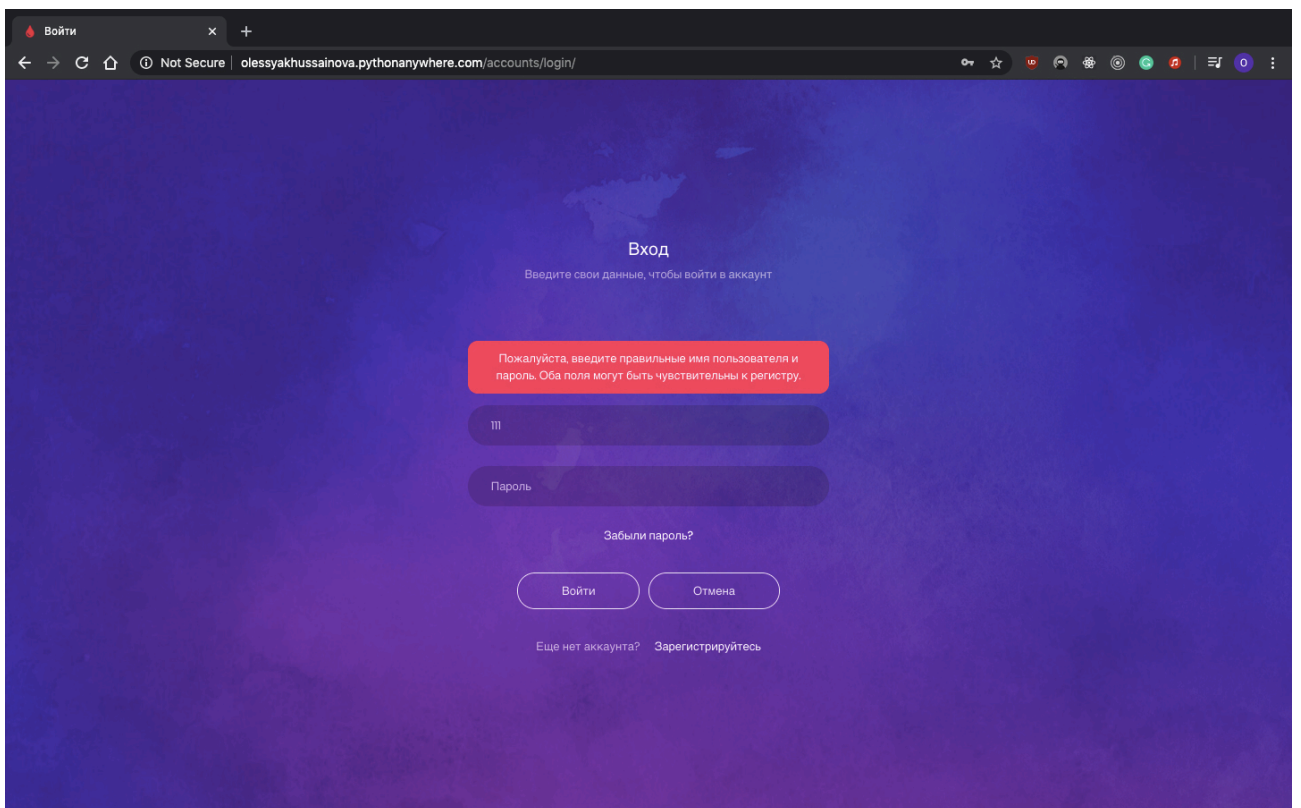


Рисунок 5.6 – Попытка входа в систему с данными несуществующего
ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

5.2.3 Восстановление пароля

Для пользователей, зарегистрированных в системе, имеется возможность восстановления пароля от учетной записи по электронной почте, указанной при регистрации (либо измененной позднее).

Восстановление пароля доступно на странице авторизации (рисунок 5.5). По нажатию на ссылку «Забыли пароль?» пользователю откроется форма для указания электронной почты (рисунок 5.7). После отправки формы на указанный адрес электронной почты придет письмо с ссылкой для восстановления пароля, токен которой будет действителен один час (рисунок 5.8). По нажатию на данную ссылку откроется страница с формой для ввода нового пароля (рисунок 5.9).

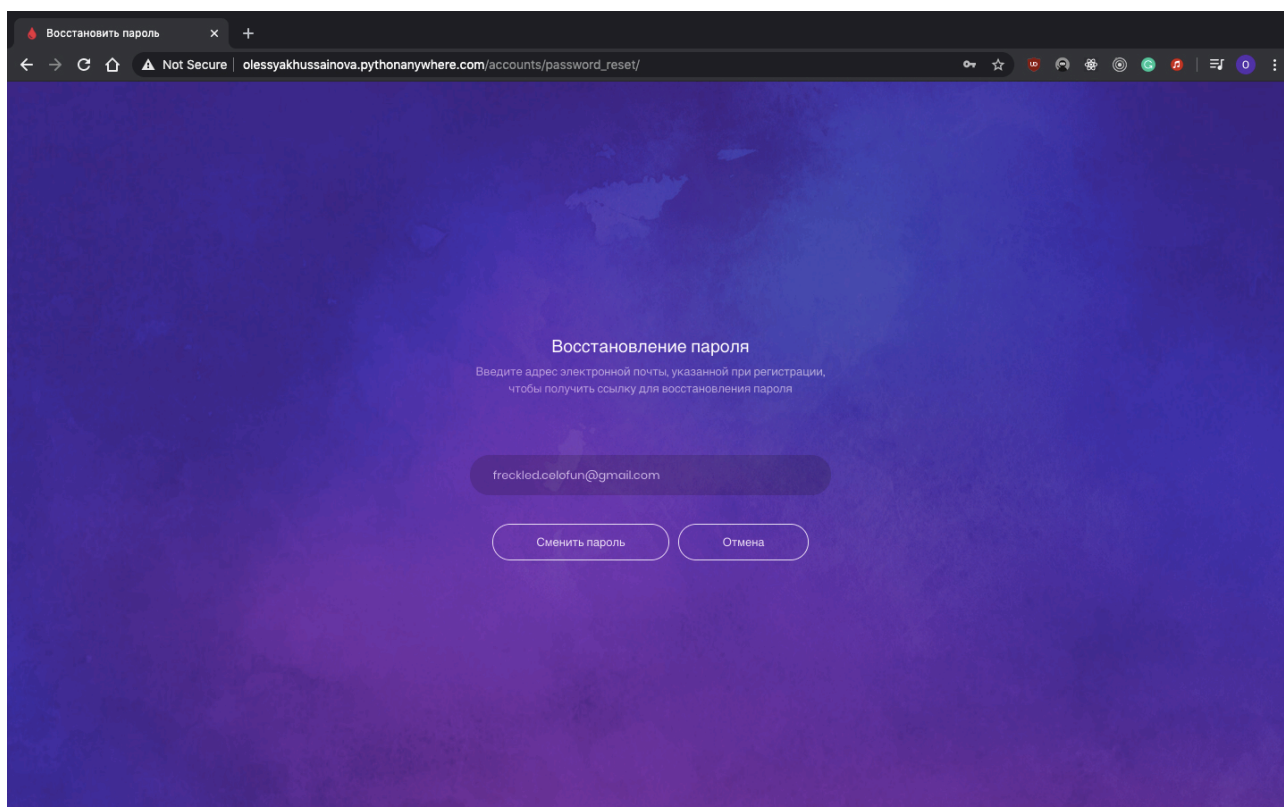


Рисунок 5.7 – Форма для ввода адреса электронной почты для восстановления пароля

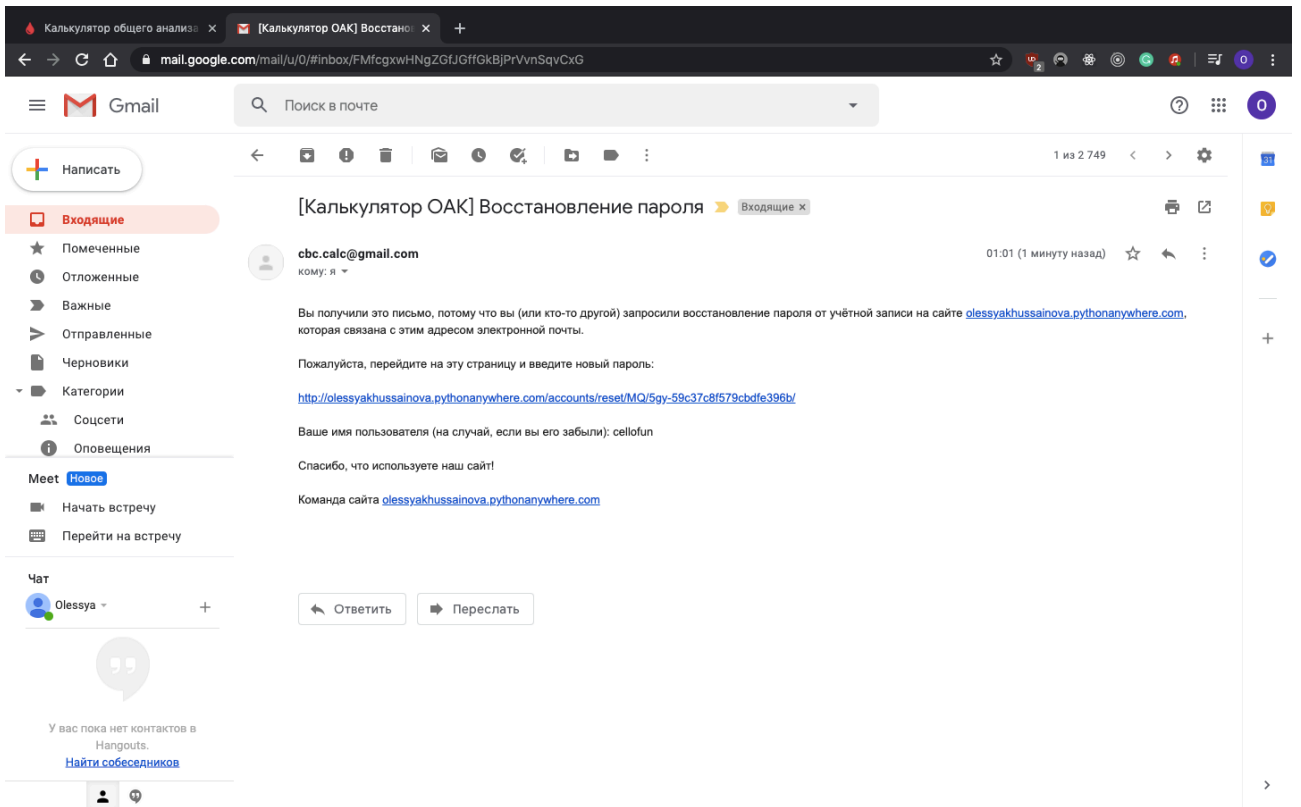


Рисунок 5.8 – Пример письма с ссылкой для восстановления пароля

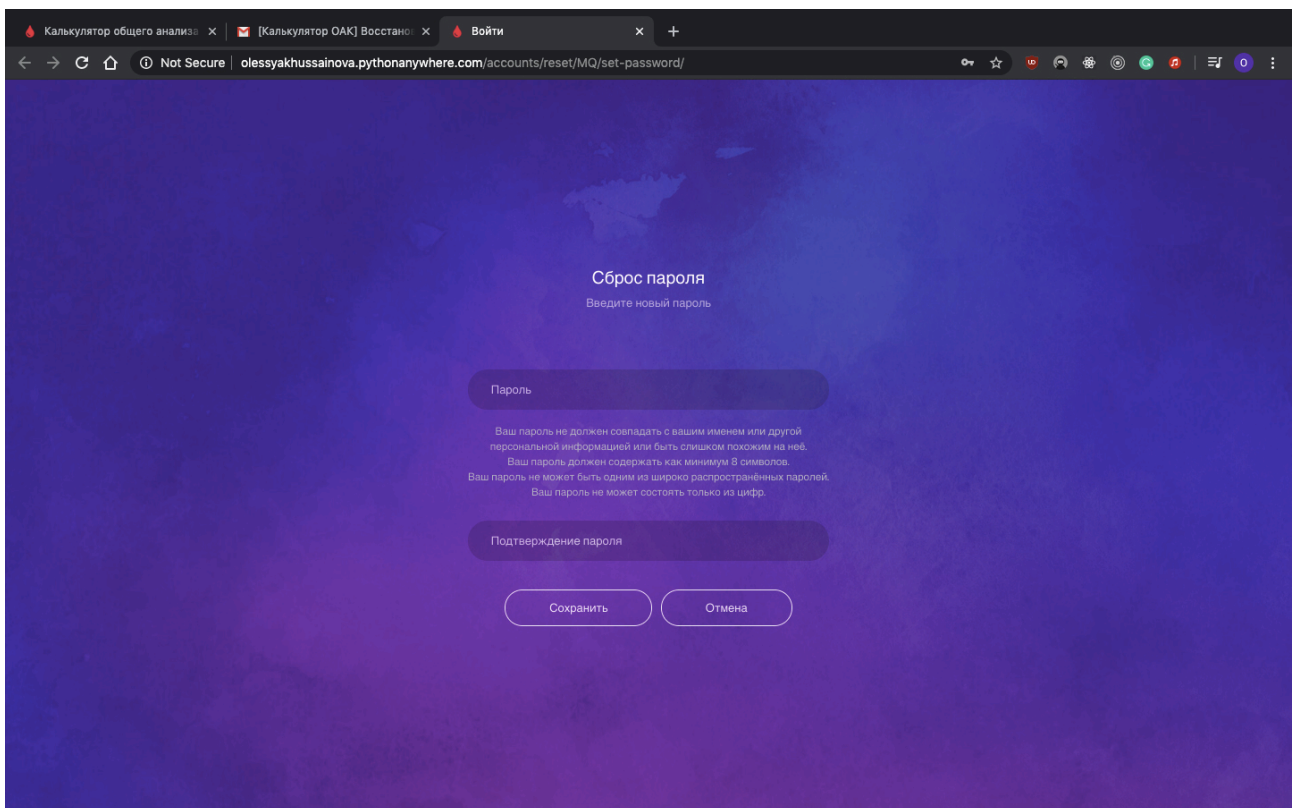


Рисунок 5.9 – Форма для ввода нового пароля

5.3 Управление результатами общего анализа крови

Действия над результатами ОАК включают в себя:

- для всех пользователей:
 - добавление результатов анализа;
 - просмотр расшифровки результатов анализа;
- только для авторизованных пользователей:
 - просмотр списка результатов анализов;
 - изменение результатов анализа;
 - удаление результатов анализа;
 - просмотр диаграмм.

5.3.1 Добавление результатов анализа

Для добавления результатов ОАК пользователю необходимо выбрать метод анализа, соответствующий результатам из заключения клинико-диагностической лаборатории. Ссылки для добавления результатов анализа доступны как на главной странице, так и в навигационном меню.

Отобразившаяся форма имеет два подраздела: «Общий анализ крови» и «Лейкоцитарная формула». Содержимое подраздела «Общий анализ крови» неизменно, за исключением наличия полей «Возраст» и «Пол» для неавторизованного пользователя (рисунок 5.10). Данная информация необходима для корректного определения референтных значений, и для авторизованного пользователя она будет определяться из его личных данных.

Добавление результатов анализа 3DIFF [Главная](#)

Добавление результатов анализа 3DIFF

⚠ Если Вы хотите иметь возможность сохранять результаты анализов крови и отслеживать их динамику в виде диаграмм, пожалуйста, [зарегистрируйтесь](#).

Общий анализ крови

Возраст*

Пол*

Дата анализа*

Лейкоциты* $10^9/л$

Эритроциты* $10^{12}/л$

Рисунок 5.10 – Форма добавления результата ОАК для неавторизованного пользователя

Содержимое подраздела «Лейкоцитарная формула» определяется методом анализа ОАК и включает набор полей согласно компонентам дифференцирования, в также поле для выбора типа значений (относительное или абсолютное) (рисунок 5.11).

Добавление результатов анализа 3DIFF [Главная](#) • [Список результатов](#)

Олеся Хусаинова
16 апреля 1992 г.

Е-mail: freckled.cellofun@gmail.com
Телефон: +79138568918

- Результаты анализов
- Диаграммы анализа крови
- Диаграмма лейкограммы
- Диаграммы индексов

Добавление результатов анализа 3DIFF

Общий анализ крови

Дата анализа*

Лейкоциты* $10^9/л$

Эритроциты* $10^{12}/л$

Гемоглобин* г/л

Гематокрит* %

СОЭ* мм/ч

Лейкоцитарная формула

Тип значения результатов*
Относительное

Нейтрофилы* %

Лимфоциты* %

Моноциты* %

2020 © Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет Сергей Аксёнов Олеся Хусаинова

Рисунок 5.11 – Форма добавления результата ОАК с лейкоцитарной формулой 3DIFF для авторизованного пользователя

Помимо стандартной валидации по обязательности заполнения полей на форме имеется проверка поля «Дата анализа» на уже существующие результаты ОАК с введенной датой (рисунок 5.12).

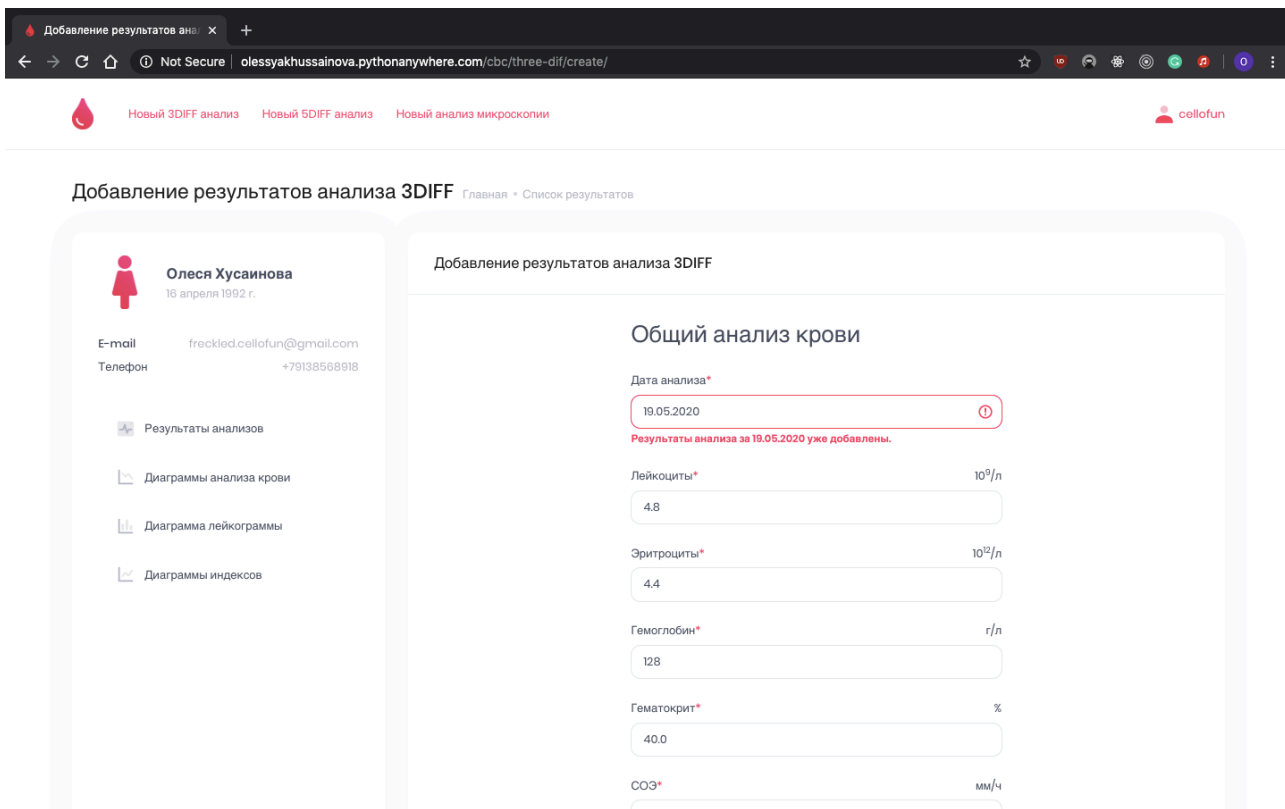


Рисунок 5.12 – Валидация даты сдачи анализа

Дополнительно форма добавления результатов анализа микроскопии имеет проверку суммы значений лейкоцитарной формулы, которая должна составлять 100% (рисунок 5.13). Данное ограничение недействительно для результатов 3DIFF и 5DIFF, так как их лейкоцитарные формулы являются неполными, и сумма 100% для них недостижима в принципе.

Добавление результатов анализа

Not Secure | olessyakhussainova.pythonanywhere.com/cbc/blood-smear/create/

Лейкоцитарная формула

Тип значения результатов*
Относительное

Промиелоциты* %
1

Миелоциты* %
1

Метамиелоциты* %
1

Палочкоядерные нейтрофилы* %
1

Сегментоядерные нейтрофилы* %
1


Лимфоциты* %
1

Моноциты* %
1

Эозинофилы* %
1

Базофилы* %
1

Плазматциты* %
1

 Сумма компонентов лейкоцитарной формулы не равна 100%. Пожалуйста, проверьте введенные значения и повторите попытку.

Добавить Отмена

Рисунок 5.13 – Валидация суммы компонентов микроскопии мазка крови (относительные значения)

5.3.2 Просмотр расшифровки результатов анализа

После успешного добавления результатов анализа, пользователь будет автоматически перенаправлен на страницу расшифровки результатов (рисунок 5.14). В качестве нормы отображаются значения соответствующей записи из таблицы референтных значений.

Результаты анализа

Новый 3DIFF анализ Новый 5DIFF анализ Новый анализ микроскопии cellofun

Результаты анализа Главная Список результатов

Олеся Хусаинова
16 апреля 1992 г.
E-mail: freckled.cellofun@gmail.com
Телефон: +79138568918

Результаты анализов
Диаграммы анализа крови
Диаграмма лейкограммы
Диаграммы индексов

Результаты анализа от 25 мая 2020 г. Изменить Удалить

Общий анализ крови

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЗНАЧЕНИЕ	НОРМА	КОММЕНТАРИЙ
Лейкоциты	4,8	4,0 - 10,0 × 10 ⁹ /л	
Эритроциты	4,4	3,8 - 5,1 × 10 ¹² /л	
Гемоглобин	128	123 - 153 г/л	
Гематокрит	40,0	36,0 - 47,0 %	
СОЭ	3	2 - 15 мм/ч	

Лейкоцитарная формула

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЗНАЧЕНИЕ	НОРМА	КОММЕНТАРИЙ
Нейтрофилы	48,0	46,0 - 78,0 %	
Лимфоциты	38,0	24,0 - 44,0 %	
Моноциты	13,0	1,0 - 10,0 %	Повышено ⚠

Результаты расшифровки анализов носят только информационный характер, не являются диагнозом и не заменяют очную консультацию врача. Администрация сайта не несет ответственности за возможные отрицательные последствия, возникшие в результате самостоятельной интерпретации своих анализов и назначения лечения или бездействия.

Приведенные нормы могут не совпадать с указанными в бланках анализов.

2020 © Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет Сергей Аксёнов Олеся Хусаинова

Рисунок 5.14 – Расшифровка результатов анализа 3DIFF

При добавлении результатов анализа микроскопии мазка крови расшифровка будет дополнительно содержать значения рассчитанных лейкоцитарных индексов (рисунок 5.15).

Результаты анализа

Новый 3DIFF анализ Новый 5DIFF анализ Новый анализ микрокопии

cellofun

Результаты анализа [Главная](#) * [Список результатов](#)

Олеся Хусаинова
16 апреля 1992 г.

Е-mail: freckled.cellofun@gmail.com
Телефон: +79138568918

- Результаты анализов
- Диаграммы анализа крови
- Диаграмма лейкограммы
- Диаграммы индексов

Результаты анализа от 11 мая 2020 г. Изменить Удалить

Общий анализ крови

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЗНАЧЕНИЕ	НОРМА	КОММЕНТАРИЙ
Лейкоциты	10,5	4,0 - 10,0 × 10 ⁹ /л	Повышено
Эритроциты	3,5	3,8 - 5,1 × 10 ¹² /л	Понижено
Гемоглобин	110	123 - 153 г/л	Понижено
Гематокрит	33,0	36,0 - 47,0 %	Понижено
СОЭ	4	2 - 15 мм/ч	

Лейкоцитарная формула

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЗНАЧЕНИЕ	НОРМА	КОММЕНТАРИЙ
Промиелоциты	0,0	0,0 %	
Миелоциты	0,0	0,0 %	
Метамиелоциты	0,0	0,0 %	
Палочкоядерные нейтрофилы	4,0	1,0 - 6,0 %	
Сегментоядерные нейтрофилы	66,0	45,0 - 72,0 %	
Лимфоциты	22,0	24,0 - 44,0 %	Понижено
Моноциты	8,0	1,0 - 10,0 %	
Эозинофилы	0,0	0,5 - 5,0 %	Понижено
Базофилы	0,0	0,0 - 1,0 %	
Плазматциты	0,0	0,0 %	

Лейкоцитарные индексы

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЗНАЧЕНИЕ	НОРМА	КОММЕНТАРИЙ
Лейкоцитарный индекс интоксикации Я.Я. Кальф-Калифа	2,47	0,3 - 1,5	Повышено
Лейкоцитарный индекс интоксикации В. К. Островского	2,33	0,1 - 1,1	Повышено
Ядерный индекс степени эндотоксикоза Г.Д. Даштаганца	0,18	0,05 - 0,1	Повышено
Индекс сдвига лейкоцитов Н. И. Ябучинского	3,18	0,0 - 1,0	Повышено
Индекс аллергизации	0,41	0,8 - 1,1	

Результаты расшифровки анализов носят только информационный характер, не являются диагнозом и не заменяют очную консультацию врача. Администрация сайта не несет ответственности за возможные отрицательные последствия, возникшие в результате самостоятельной интерпретации своих анализов и назначения лечения или бездействия.

Приведенные нормы могут не совпадать с указанными в бланках анализов.

2020 © Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет Сергей Аксёнов Олеся Хусаинова

Рисунок 5.15 – Расшифровка результатов анализа микрокопии мазка крови

В случае отклонения от нормальных значений для показателя добавляется соответствующий комментарий с кнопкой справки, по нажатию на которую откроется попап с описанием возможных причин такого результата (рисунок 5.16).

ПОКАЗАТЕЛЬ	ЗНАЧЕНИЕ	НОРМА	КОММЕНТАРИЙ
Лейкоциты	10,5	4,0 - 10,0 × 10 ⁹ /л	Повышено ?
Эритроциты	3,5	3,8 - 5,1 × 10 ¹² /л	Понижено ?
Гемоглобин	110		? ?
Гематокрит	33,0		? ?
СОЭ	4		

Снижение гематокрита наблюдается при:

- анемиях;
- почечной недостаточности;
- во второй половине беременности.

Рисунок 5.15 – Пояснение причин отклонения результатов анализа от нормы

5.3.3 Просмотр списка результатов анализов

После авторизации пользователю становится доступен список сохраненных результатов ОАК (5.18), перейти в который можно из меню в навигационном меню (рисунок 5.17).

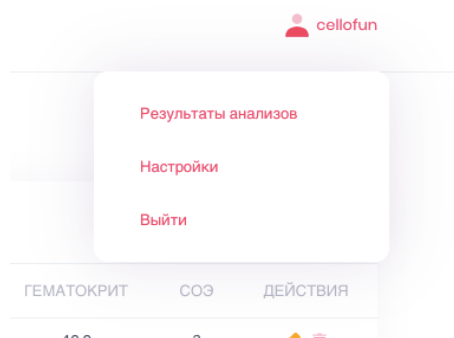


Рисунок 5.17 – Меню авторизованного пользователя

Результаты анализов

Новый 3DIFF анализ Новый 5DIFF анализ Новый анализ микроскопии

cellofun

Результаты общего анализа крови Главная

Олеся Хусаинова
18 апреля 1992 г.

E-mail: freckled.cellofun@gmail.com
Телефон: +79138568918

Результаты анализов

- Диаграммы анализа крови
- Диаграмма лейкограммы
- Диаграммы индексов

Результаты общего анализа крови

ДАТА АНАЛИЗА	ЛЕЙКОЦИТЫ	ЭРИТРОЦИТЫ	ГЕМОГЛОБИН	ГЕМАТОКРИТ	СОЭ	ДЕЙСТВИЯ
25 мая 2020 г.	4,8	4,4	128	40,0	3	
19 мая 2020 г.	9,2	4,6	129	45,0	4	
11 мая 2020 г.	10,5	3,5	110	33,0	4	
5 мая 2020 г.	12,6	4,2	131	41,0	5	
30 апреля 2020 г.	9,0	3,3	97	27,0	3	

2020 © Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет Сергей Аксёнов Олеся Хусаинова

Рисунок 5.18 – Список результатов анализов

5.3.4 Изменение результатов анализа

Изменение результатов анализа доступно либо из таблицы списка всех результатов, либо со страницы расшифровки конкретного результата анализа (рисунок 5.19).

Форма изменения результатов имеет ту же валидацию, что и форма создания.

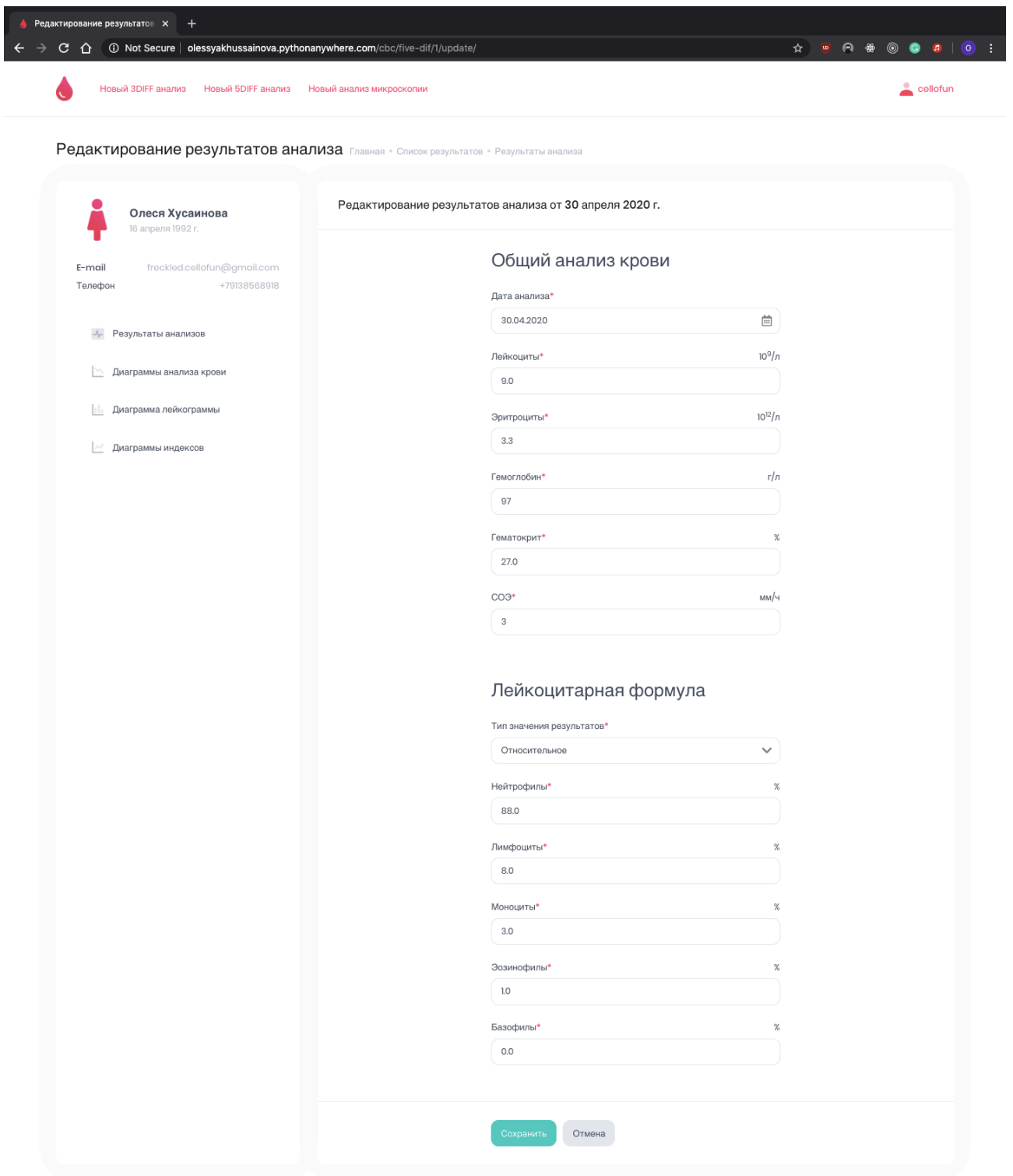


Рисунок 5.19 – Изменение результата анализа 5DIFF

5.3.5 Удаление результатов анализа

Также, как и при изменении результатов анализа, их удаление доступно в таблице списка результатов и на странице расшифровки результата, который

необходимо удалить. При удалении пользователю откроется страница с подтверждением удаления результатов (рисунок 5.20).

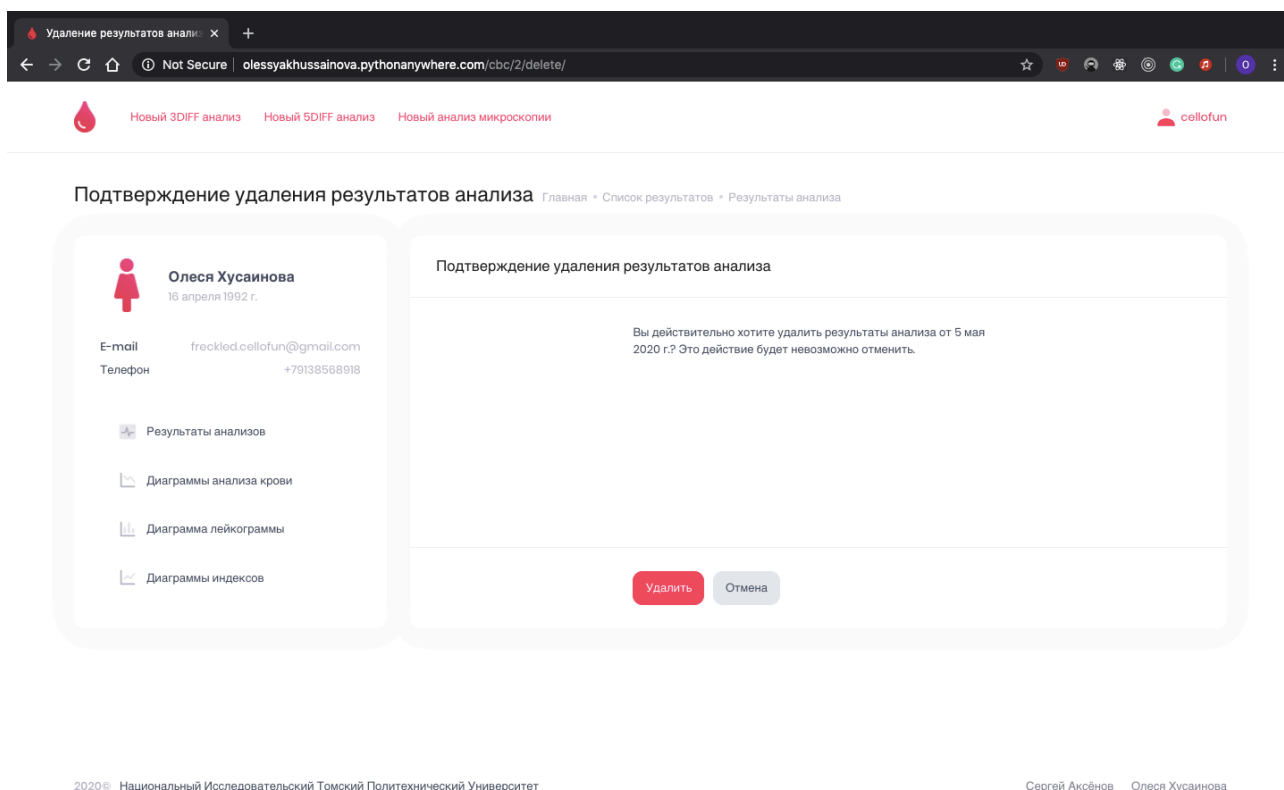


Рисунок 5.20 – Подтверждение удаления результатов анализа

5.3.6 Просмотр диаграмм

При наличии у пользователя хотя бы одного сохраненного результата анализа, ему станут доступны диаграммы общего анализа крови (рисунок 5.21) и диаграмма лейкоцитарной формулы (рисунок 5.22). Пользователь также может перейти на страницу любого отображенного результата нажав на его значение на диаграмме.

Так как для оценки состояния здоровья наибольшее значение имеет соотношение компонентов лейкоцитарной формулы, диаграмма лейкограммы отображает относительные значения для всех имеющихся результатов ОАК. Если же добавленные результаты имеют абсолютные значения, их лейкоцитарная формула будет пересчитана.

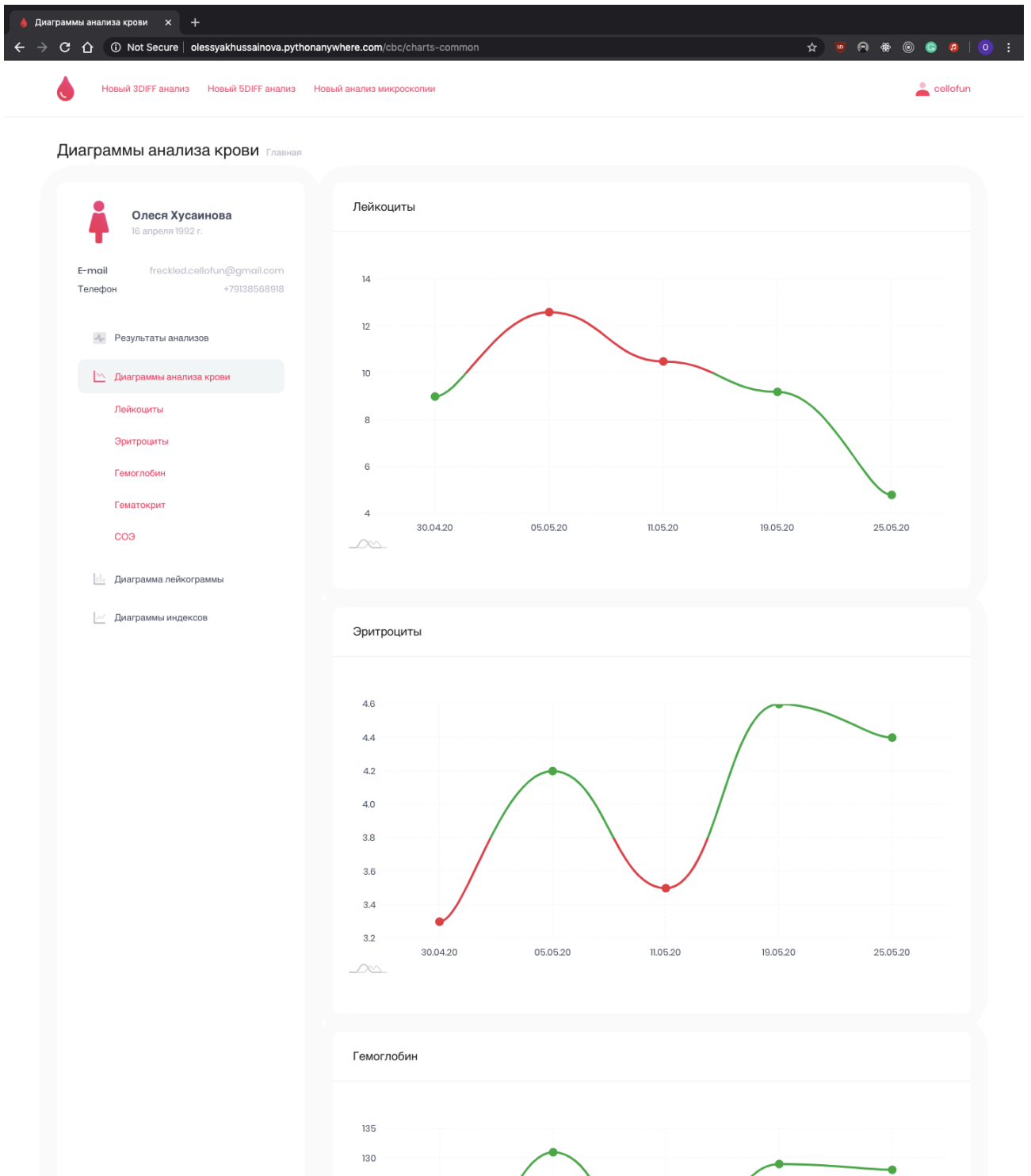


Рисунок 5.21 – Диаграммы общего анализа крови

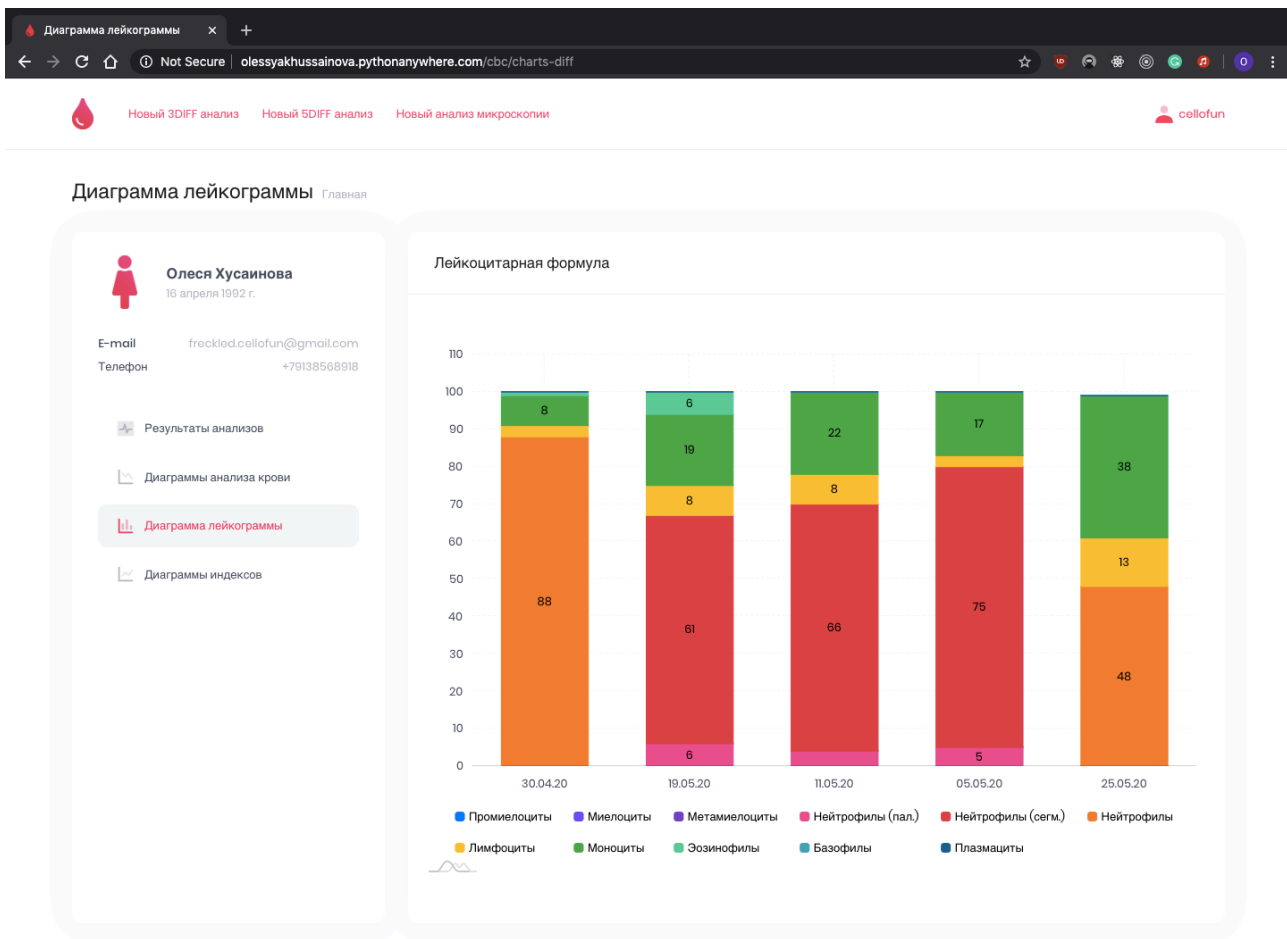


Рисунок 5.22 – Диаграмма лейкоцитарной формулы

Если пользователь добавил хотя бы один результат анализов микроскопии, для него будет доступен просмотр диаграмм лейкоцитарных индексов (рисунок 5.23).

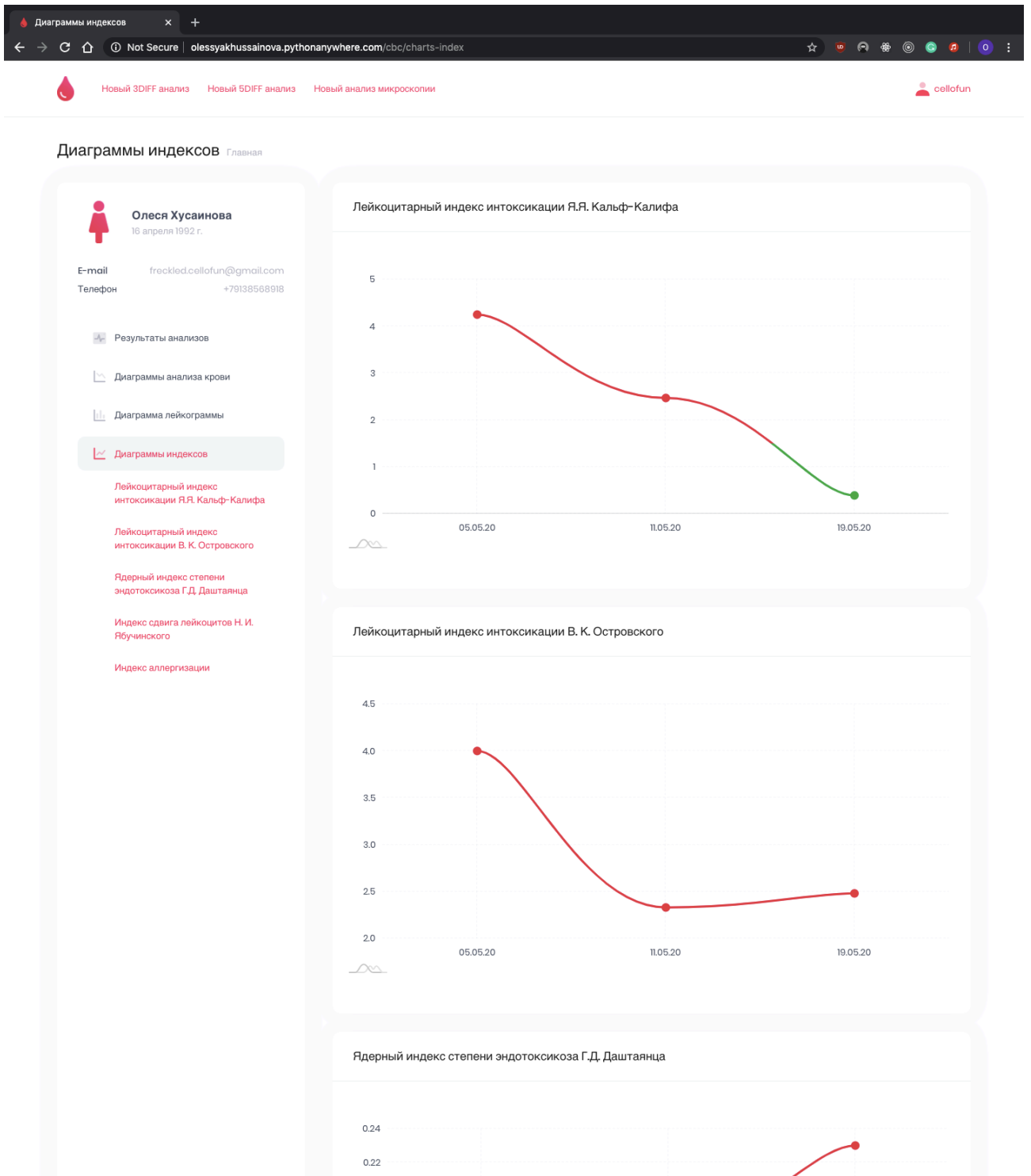


Рисунок 5.23 – Диаграммы лейкоцитарных индексов

5.4 Управление данными учетной записи

5.4.1 Изменение личных данных пользователя

Авторизованный пользователь может просматривать свои личные данные практически на каждой странице веб-приложения (за исключением главной страницы, а также страниц авторизации, регистрации и ошибок ответа HTTP).

Для изменения личных данных пользователю необходимо выбрать пункт «Настройки» в меню навигационной панели, после чего ему откроется форма изменения личных данных (рисунок 5.24).

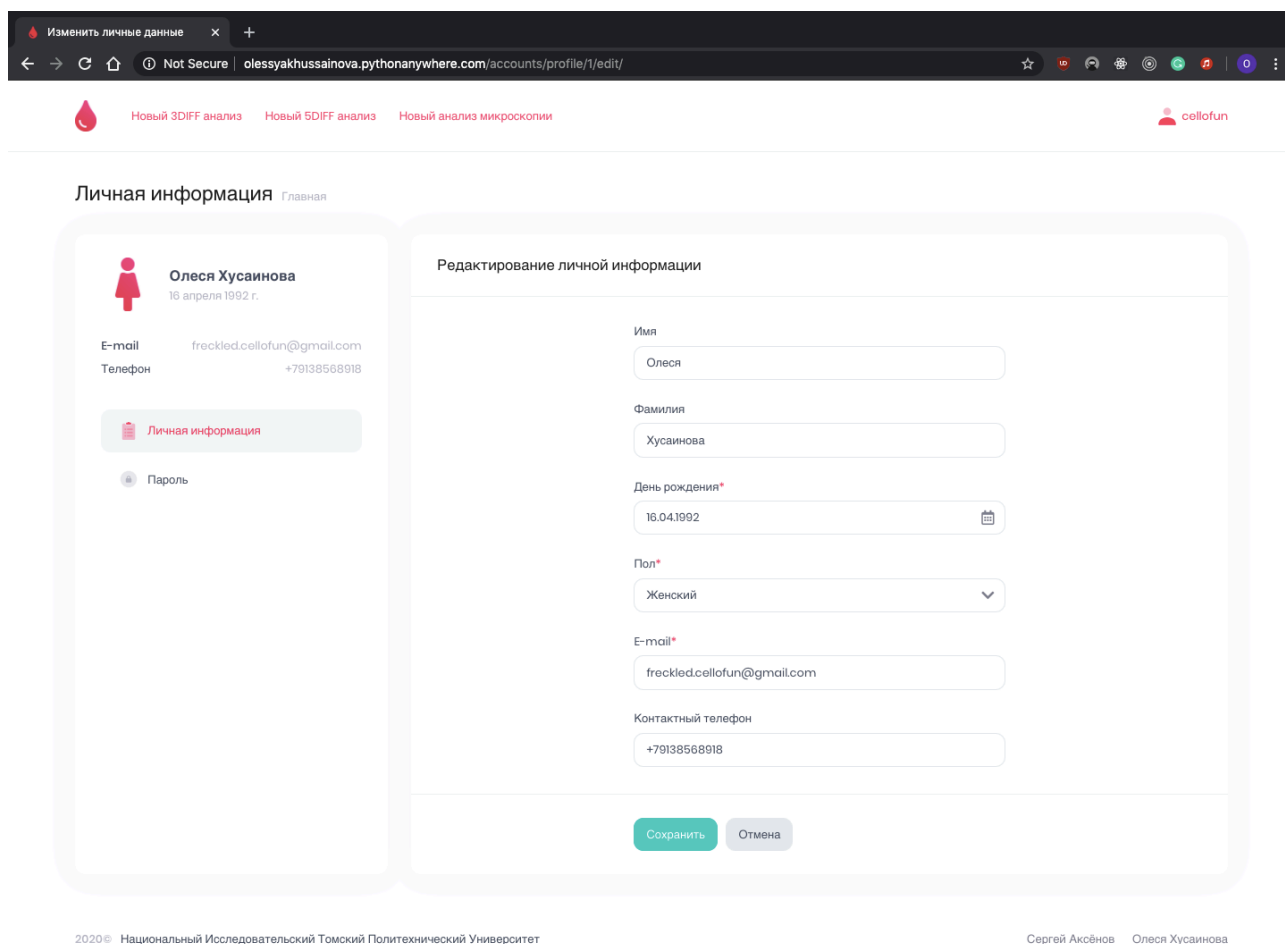


Рисунок 5.24 – Изменение личных данных пользователя

При изменении полей «День рождения» или «Пол» все сохраненные результаты анализов автоматически обновятся согласно введенным данным для корректного отображения референтных значений.

5.4.2 Смена пароля

У пользователя также имеется возможность изменить пароль от своей учетной записи (рисунок 5.25).

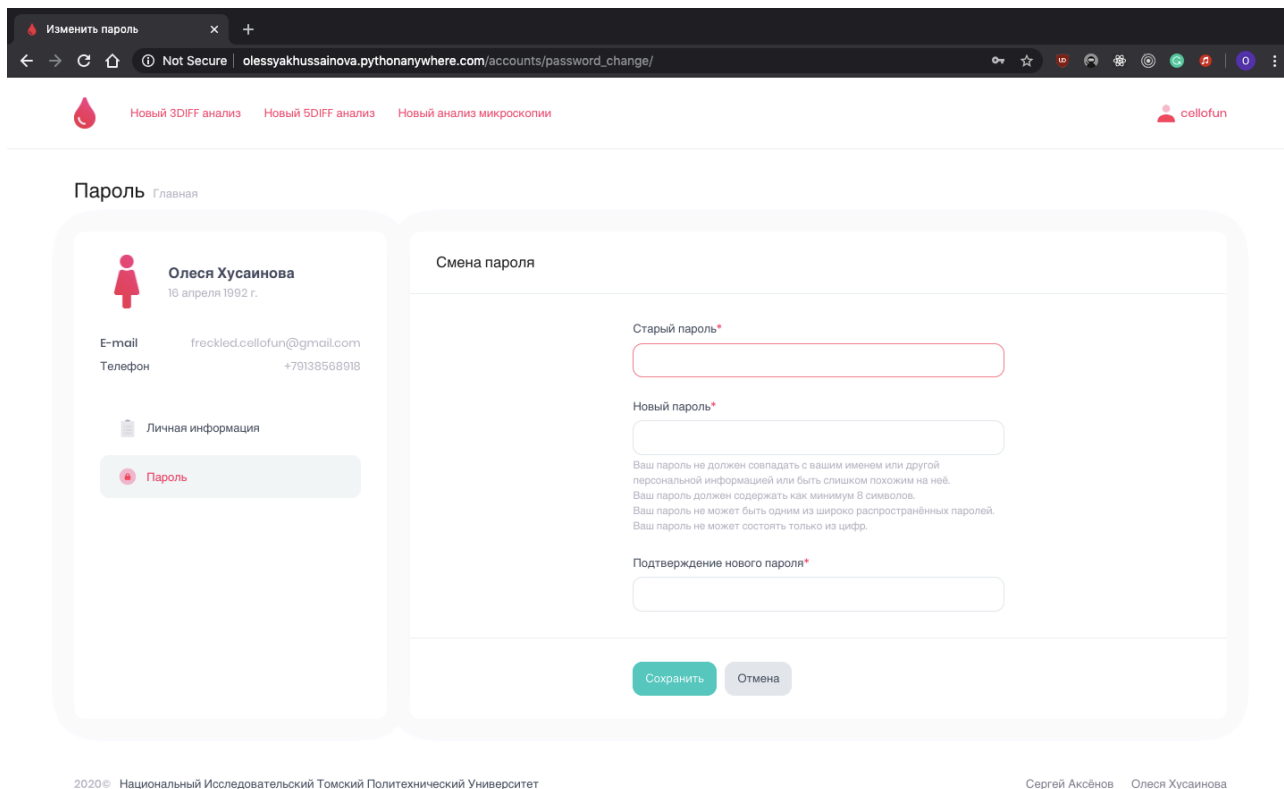


Рисунок 5.25 – Смена пароля

5.5 Ошибки ответа HTTP

В случае возникновения серверных или иных ошибок пользователю отобразится страница соответствующей ошибки (рисунки 5.26, 5.27).

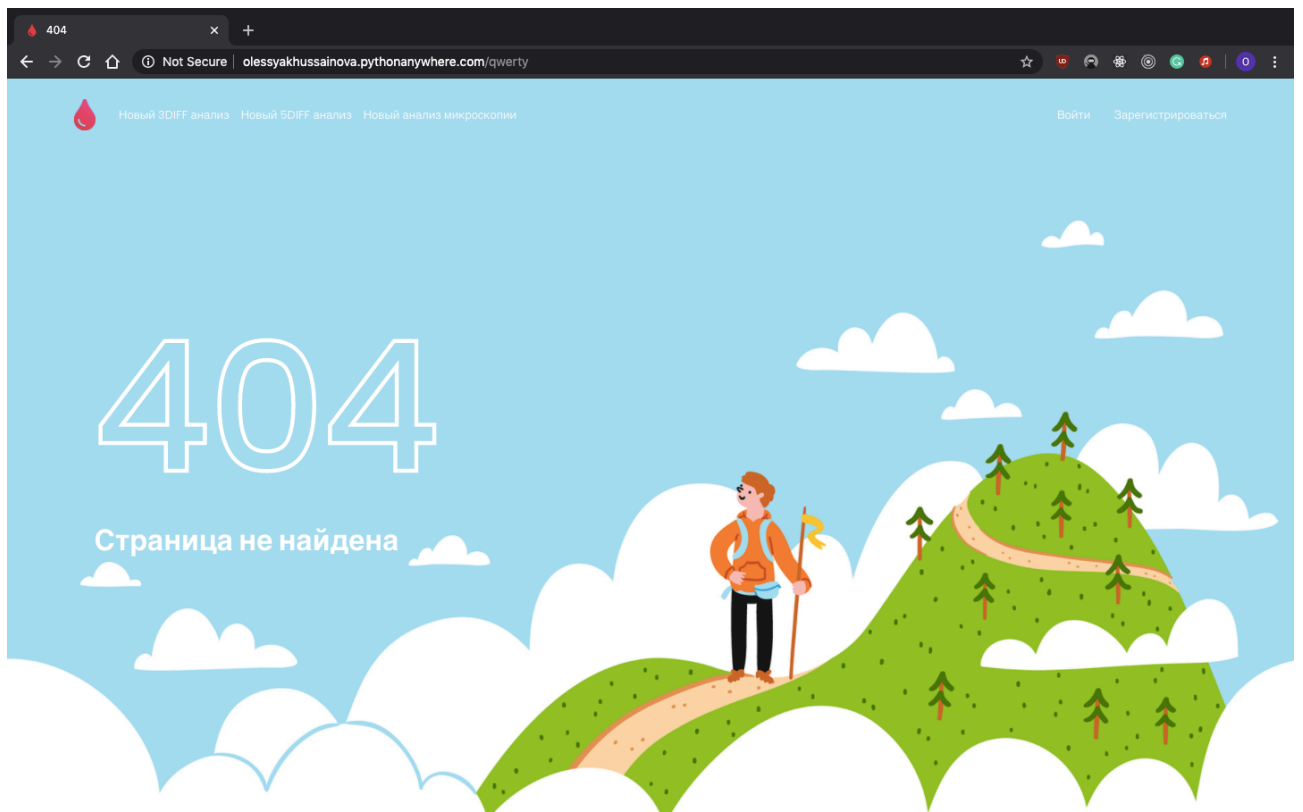


Рисунок 5.26 – Ошибка 404

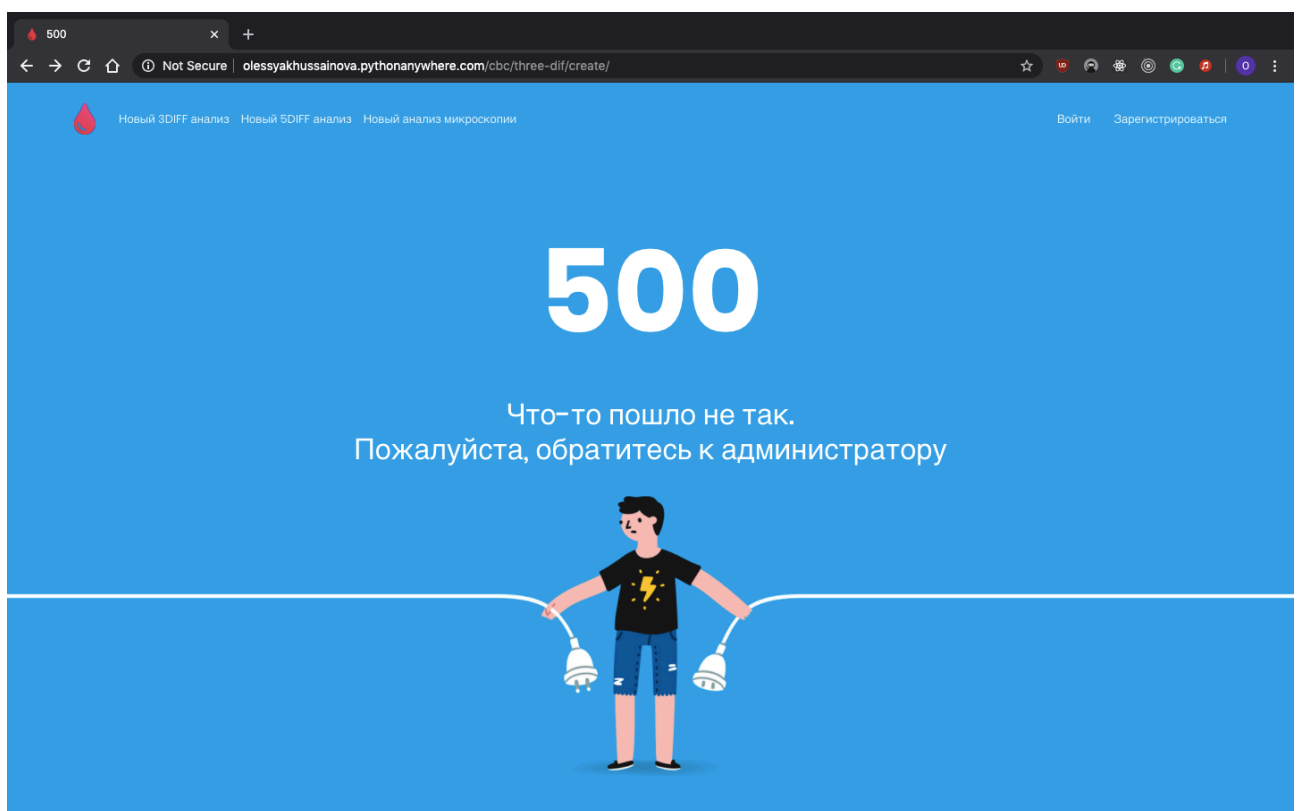


Рисунок 5.27 – Ошибка 500

Таким образом, в результате исследования было реализовано веб-приложение для пациентов, позволяющее им сохранять результаты общего анализа крови, а также отслеживать динамику протекания заболеваний и ответ на назначенное лечение.

Веб-приложение покрывает все функциональные требования, установленные в главе 3 настоящей магистерской диссертации. Оно имеет ряд преимуществ по сравнению с существующими решениями, включая возможность расчета лейкоцитарных индексов, а также визуализацию вводимых данных.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Экономическая часть ВКР предназначена для комплексного описания и анализа финансово-экономических аспектов выполненной работы. Целью данного раздела является планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Целью настоящей работы является облегчение интерпретации результатов анализов пациентами путем разработки веб-приложения, позволяющего анализировать результаты общего анализа крови, рассчитывать лейкоцитарные индексы, а также визуализировать динамику показателей общего анализа крови.

Разрабатываемое решение предназначено для самостоятельного использования пациентами с целью отслеживания течения различных инфекционных и воспалительных заболеваний.

6.1 Организация и планирование работ

При организации процесса был определен полный перечень необходимых работ, а также их исполнители и рациональная продолжительность. В качестве структуры, показывающей необходимые данные, был использован линейный график работ, представленный в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Анализ исследуемой области	И	И – 100%
Проектирование архитектуры ПО	НР, И	НР – 70% И – 100%
Проектирование базы данных	НР, И	НР – 70% И – 70%
Выбор языка программирования и фреймворка	И	И – 100%
Разработка ПО	И	И – 100%
Тестирование ПО	И	И – 100%
Оценка эффективности полученных результатов	НР, И	НР – 50% И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
<i>Примечание: НР – научный руководитель, И – инженер</i>		

6.1.1 Продолжительность этапов работ

Для расчета продолжительности этапов работ был выбран экспертный опытно-статистический метод. Определение вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ было выполнено по формуле (6.1):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (6.1)$$

где:

t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности этапа в рабочих днях был рассчитан по формуле (6.2):

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (6.2)$$

где:

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных;

$K_{д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ. Примем $K_{д} = 1,1$.

Формула расчета продолжительности этапа в календарных днях (6.3):

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (6.3)$$

где $T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (6.4):

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (6.4)$$

где:

$T_{КАЛ}$ – календарные дни, дн.;

$T_{ВД}$ – выходные дни, дн.;

$T_{ПД}$ – праздничные дни, дн.

При шестидневной рабочей неделе в високосном 2020 году коэффициент календарности равен:

$$T_{К} = \frac{366}{366 - 14 - 42} = 1,22$$

Полученные результаты трудозатрат на выполнение проекта отображены в таблице 6.2, а линейный график работ – на рисунке 6.1.

Таблица 6.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям, чел-дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач	НР	1	2	1,4	1,54	–	1,88	–
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	4	6	4,8	5,28	0,53	6,44	0,64
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	1,54	0,15	1,88	0,19
Анализ исследуемой области	И	6	8	6,8	–	7,48	–	9,13
Проектирование архитектуры ПО	НР, И	12	18	14,4	11,09	15,84	13,53	19,32
Проектирование базы данных	НР, И	12	18	14,4	11,09	11,09	13,53	13,53
Выбор языка программирования и фреймворка	И	2	4	2,8	–	3,08	–	3,76
Разработка ПО	И	24	30	26,4	–	29,04	–	35,43
Тестирование ПО	И	4	6	4,8	–	5,28	–	6,44
Оценка эффективности полученных результатов	НР, И	1	2	1,4	0,77	1,54	0,94	1,88
Оформление пояснительной записки	И	12	18	14,4	–	15,84	–	19,32
Итого:				93	31,31	89,87	38,2	109,64

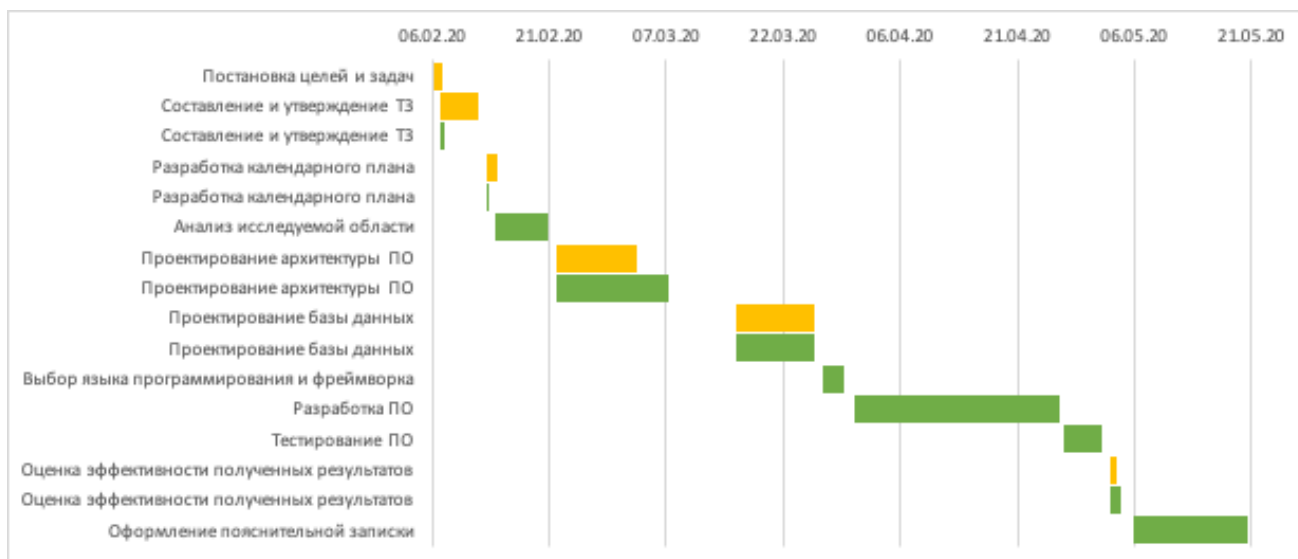


Рисунок 6.1 – Линейный график работ: желтым цветом выделены работы научного руководителя, зеленым – инженера

6.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производился по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

6.2.1 Расчет затрат на материалы

Данная статья включает стоимость материалов, используемых при разработке проекта. При разработке настоящей работы была приобретена лицензия на Metronic (Admin Dashboard Theme) за 2 500 рублей в количестве 1 экземпляр. Иные затраты на материалы отсутствовали.

6.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Среднедневная тарифная заработная плата была рассчитана по формуле (6.5):

$$ЗП_{дн-г} = \frac{МО}{25}, \quad (6.5)$$

где МО – месячный оклад сотрудника.

Учитывая, что в 2020 году 300 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе, в каждом месяце имеется около 25 рабочих дней.

Для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка сотрудника, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо умножить на интегральный коэффициент $K_{и}$, который равен 1,699 при шестидневной рабочей неделе. Расчет затрат на полную заработную плату приведен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. дн.	Затраты времени, раб. дни	Фонд заработной платы, руб.
НР	33 664	1 342,1	31	70 687,3
И	15 470	616,75	90	94 307,6
Итого:				164 994,9

6.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту. Соответственно, для текущего проекта затраты на социальный налог равны:

$$C_{соц.} = 164\,994,9 \cdot 0,3 = 49\,498,5 \text{ руб.}$$

6.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования. Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле (6.6):

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{Э}}, \quad (6.6)$$

где:

$P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{\text{Э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{\text{Э}} = 6,59$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов (формула 6.7):

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (6.7)$$

где K_t – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (6.8):

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C, \quad (6.8)$$

где:

$P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

K_C – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Затраты, руб.
Ноутбук	701 · 0,8	0,045	167,4

6.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Для этого была использована формула (6.9):

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (6.9)$$

где:

N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При реализации проекта был использован ПК, и учитывая, что при шестидневной рабочей неделе в 2020 году имеется 300 рабочих дней, примем $F_D = 300 \cdot 8 = 2400$ часа. Также примем N_A равным 0,4, так как срок амортизации ПК составляет порядка 2,5 лет.

Таким образом, при реализации проекта амортизация оборудования (ноутбука) составила:

$$C_{AM} = \frac{0,4 \cdot 89990 \cdot 701 \cdot 1}{2400} = 10\,513,8 \text{ руб.}$$

6.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях. Их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов (5.10):

$$C_{проч.} = (C_{mat} + C_{зн} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) \cdot 0,1, \quad (6.10)$$

Таким образом, прочие расходы на реализацию настоящего проекта составили:

$$C_{\text{проч.}} = (2\,500 + 164\,994,9 + 49\,498,5 + 167,4 + 10\,513,8) \cdot 0,1 = 22\,767,5 \text{ руб.}$$

6.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Алгоритмическое и программное обеспечение анализа и визуализации результатов общего анализа крови» (таблица 6.5).

Таблица 6.5 – Расчет себестоимости разработки проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2 500
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	164 994,9
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	49 498,5
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	167,4
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	10 513,8
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	22 767,5
Итого:		250 442

6.2.8 Расчет прибыли

Так как получить данные для применения методов для расчета прибыли не представляется возможным, поэтому прибыль была принята в размере 20 % от полной себестоимости проекта и составила.

$$C_{\text{пр}} = 250\,442 \cdot 0,2 = 50\,088,4 \text{ руб.}$$

6.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли:

$$C_{\text{НДС}} = (250\,442 + 50\,088,4) \cdot 0,2 = 60\,106,1 \text{ руб.}$$

6.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{НИР(КР)} = 250\,442 + 50\,088,4 + 60\,106,1 = 360\,636,5 \text{ руб.}$$

6.3 Оценка экономической эффективности проекта

Предметом реализованного проекта является программное обеспечение, предназначенное для анализа и визуализации результатов общего анализа крови. На данный момент существует ряд медицинских калькуляторов, доступных в сети Интернет. Однако ни один из исследованных в рамках настоящего проекта калькуляторов не предоставляет функцию анализа результатов общего анализа крови.

Потенциальная косвенная экономическая эффективность реализованного проекта заключается в снижении нагрузки на медицинские учреждения. Ожидается, что пациент, получив результаты анализов в рамках нормы, сопровождаемые контекстом относительно состояния его здоровья, вероятно не будет обращаться в медицинские учреждения. Однако разработанное ПО не было внедрено, и оценить изменение потока пациентов в медицинские учреждения не представляется возможным.

Данное ПО возможно коммерциализировать, установив тариф на некоторые типы функций, осуществляемых ПО (например, хранить историю результатов анализов или отображать диаграммы). Однако в рамках выполненной работы не была осуществлена экспертная оценка эксплуатационных издержек на реализованный проект, поэтому оценка данного экономического результата невозможна.

Заключение

Подсчитанные затраты и преимущества от выполнения проекта позволяют доказать экономическую целесообразность проекта при благополучном исходе.

В рамках работы были подсчитаны приблизительные затраты на выполнение проекта, которые в сумме составили 360 636,5 рублей.

Таким точный расчет экономического эффекта от использования разработанного ПО невозможен ввиду отсутствия достоверных данных касательно результатов внедрения реализованного проекта, а также отсутствия прямой экономической выгоды для целевой аудитории.

7 Социальная ответственность

Введение

Целью настоящей работы является облегчение интерпретации результатов анализов пациентами путем разработки веб-приложения, позволяющего анализировать результаты общего анализа крови, рассчитывать лейкоцитарные индексы, а также визуализировать динамику показателей общего анализа крови.

Разрабатываемое решение предназначено для самостоятельного использования пациентами с целью отслеживания течения различных инфекционных и воспалительных заболеваний.

Реализация поставленной задачи заключалась в разработке программного обеспечения с использованием персонального компьютера (далее ПК) и локальной вычислительной сети с выходом в Интернет. Разработка осуществлялась в компьютерной аудитории №418 Кибернетического Центра ТПУ.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на производственную деятельность технологического персонала, работающего с автоматизированной системой управления технологическим процессом, рассмотрены воздействия разрабатываемой системы на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормативное регулирование охраны труда осуществляется посредством трудового кодекса РФ.

Согласно трудовому кодексу РФ, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Всем работникам предоставляются выходные дни (еженедельный непрерывный отдых).

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- обеденный перерыв не менее 40 минут.

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы только в случаях, установленных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Обработка персональных данных работника может осуществляться исключительно в целях обеспечения соблюдения законов и иных нормативных правовых актов, содействия работникам в трудоустройстве, получении образования и продвижении по службе, обеспечения личной безопасности работников, контроля количества и качества выполняемой работы и обеспечения сохранности имущества.

Все персональные данные следует получать непосредственно у работника. Если персональные данные работника возможно получить только у третьей стороны, то работник должен быть уведомлен об этом заранее и от него должно быть получено письменное согласие. Работодатель должен сообщить работнику о целях, предполагаемых источниках и способах получения персональных данных, а также о характере подлежащих получению персональных данных и последствиях отказа работника дать письменное согласие на их получение [22].

Также перед приемом на работу каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности, по электробезопасности и охране труда.

7.1.2 Эргономические требования к рабочему месту исследователя

Организация рабочего места программиста, либо любого другого работника, выполняющего длительную работу за персональным компьютером,

регламентируется несколькими нормативными документами: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Главными элементами рабочего места программиста или оператора являются стол, кресло, дисплей, клавиатура и мышь. Основным рабочим положением является положение сидя.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям [23]:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы работник мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения работника;
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм;
- высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также регулируемым по расстоянию спинки от переднего края сиденья. Конструкция стула должна обеспечивать [23]:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углов наклона вперед до 15° и назад до 5° ;
- высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $0 \pm 30^\circ$;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;

- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной 50-70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

Положение экрана определяется [23]:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Также должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Рабочее место в аудитории № 418 КЦ ТПУ не удовлетворяет требованиям к рабочему стулу – стул в аудитории не является подъемно-поворотным. Остальные требования к рабочему месту работника соблюдены.

7.2 Производственная безопасность

Опасные и вредные производственные факторы, выявленные в рамках настоящей работы, представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Опасные и вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
Превышение уровня шума	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ
Повышенная напряженность магнитного поля	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

7.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

7.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны, который представляет собой температуру, влажность и скорость движения воздуха. Данные параметры микроклимата влияют на теплообмен, и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Нормы температуры относительно влажности и скорости воздуха для категории работы Ia [24]

Период года	Температура воздуха, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	22-24	40-60	0,1
Теплый	23-25	40-60	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Допустимые величины показателей микроклимата для категории работы Ia [24]

Период года	Температура воздуха, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	20-25	15-75	0,1
Теплый	21-28	15-75	0,1-0,2

7.2.1.2 Превышение уровня шума

Шум является одним из значительных факторов негативного воздействия на человека. Воздействие повышенных уровней шума (как прямое – на орган слуха, так и опосредованное – через высшие регуляторные системы) вызывает нарушение нервной и сердечно-сосудистой систем, органов пищеварения, нарушение регуляции мозгового кровообращения и др.

Уровень звука на рабочих местах, связанных с творческой деятельностью, научной деятельностью, программированием, преподаванием и обучением не должен превышать 50 дБА [25].

7.2.1.3 Отсутствие или недостаток естественного света

С точки зрения безопасности труда зрительная способность и комфорт имеют большое значение. Недостаточное освещение рабочего места может привести к повышенной утомляемости, головным болям и снижению работоспособности.

В помещении при работе с ПК должно быть естественное и искусственное освещение. Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны.

Искусственное освещение в помещениях эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк.

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения. При этом яркость бликов на экране ПК не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка, при применении системы отраженного освещения, не должна превышать 200 кд/м².

В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Следует применять светильники серии ЛПО36 с зеркализированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается [26].

7.2.1.4 Повышенная напряженность магнитного поля

Источниками повышенной напряженности электромагнитного поля в данном случае является персональный компьютер. Объясняется это тем, что ПК оснащают сетевыми фильтрами, источниками бесперебойного питания и другим оборудованием, что в совокупности формирует сложную электромагнитную обстановку на рабочем месте пользователя. Ряд исследователей связывают электромагнитные излучения, создаваемые монитором ПК, с развитием функциональных расстройств и даже патологических состояний, таких как головные боли, снижение способности к концентрации внимания, снижение артериального давления, функциональные нарушения зрения, развитие катаракты, кожные поражения.

Предельно допустимые значения излучений от ПК приведены в таблице 7.4 [27].

Таблица 7.4 – Временные допустимые уровни электромагнитных излучений, создаваемые ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500

Соблюдение данных норм дает возможность избежать негативного воздействия электромагнитных излучений на работника.

7.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

7.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях

соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль за влажностью воздуха.

В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования. В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления.

В компьютерной аудитории № 418 КЦ ТПУ поддерживается температура, равная 19–20 С°, при относительной влажности 55–58%, что удовлетворяет требованиям СанПиН 2.2.4.548-96.

7.2.2.2 Превышение уровня шума

В компьютерной аудитории №418 КЦ ТПУ основными источниками шумов являются составляющие ПК. К таким составляющим относятся:

- вентилятор блока питания;
- вентилятор кулера центрального процессора;
- вентилятор на высокопроизводительной видеокарте;
- дополнительный вентилятор в корпусе системного блока.

Для понижения уровня шума необходимо понизить температуру внутри системного блока, что достигается достаточной вентиляцией системного блока. Для охлаждения системного блока необходимо оборудовать со стороны вентиляционных отверстий хотя бы 20-30 см свободного пространства. К тому же необходимо не загромождать оборудование посторонними предметами, которые снижают теплоотдачу, а также прочищать вентиляционные отверстия от пыли.

7.2.2.3 Отсутствие или недостаток естественного света

Для выявления соответствия компьютерной аудитории №418 КЦ ТПУ требованиям СанПиН 2.2.2.542-96 далее будут приведены расчеты искусственного освещения рабочей зоны работника согласно методическим

указаниям к выполнению лабораторной работы «Расчет искусственного освещения» для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ [28].

Параметры компьютерной аудитории №418 КЦ ТПУ:

- площадь $S = 32,7 \text{ м}^2$;
- длина $A = 6 \text{ м}$;
- ширина $B = 5,45 \text{ м}$;
- высота потолка $H = 2,5 \text{ м}$;
- высота рабочей поверхности $h_{\text{рп}} = 0,8 \text{ м}$;
- количество светильников $n = 12$;
- тип светильников ЛВО 4×18 CSVT люминесцентными лампами типа L 18W/640 с потоком $F = 1200 \text{ лм}$.

Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 м., а установлена минимальная норма освещенности $E = 300 \text{ лк}$ [26].

Расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) определяется по формуле (7.1):

$$h = H - h_p - h_c, \quad (7.1)$$

где:

H – высота потолка в помещении, м;

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м.

Так как светильники установлены в уровень с потолком, примем h_c равным 0. Таким образом, согласно формуле (7.1) высота подвеса светильников над рабочей поверхностью для компьютерной аудитории №418 КЦ ТПУ равна:

$$h = 2,5 - 0,8 = 1,7 \text{ м}.$$

Индекс помещения определяется по формуле (7.2):

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (7.2)$$

где:

S – площадь помещения, м²;

A – длина комнаты, м;

B – ширина комнаты, м;

h – высота подвеса светильников, м.

Индекс помещения для компьютерной аудитории №418 КЦ ТПУ:

$$i = \frac{32,7}{1,7(6 + 5,45)} = 1,68$$

Исходя из того, что потолок в аудитории представлен светлыми потолочными панелями Armstrong, поверхность стен окрашена белой краской и имеется два окна без штор, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 50\%$ и потолка $\rho_n = 50\%$.

По таблице коэффициентов использования светового потока из пособия к МГСН 2.06-99 для соответствующих значений i , ρ_c , ρ_n примем $\eta = 0,36$ (для потолочного светильника любого типа при $i = 1,75$) [29].

Освещенность помещения рассчитывается по формуле (7.3):

$$E_\Phi = \frac{n \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k_3 \cdot z}, \quad (7.3)$$

где

Φ – световой поток светильника, лм;

S – площадь помещения, м²;

k_3 – коэффициент неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент запаса k учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с малым выделением пыли $k = 1,5$. Поправочный коэффициент z

– это коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп $z = 1,1$. Каждый светильник состоит из 4 ламп.

Учитывая все параметры, освещенность аудитории №418 равна (7.3):

$$E_{\Phi} = \frac{12 \cdot 4 \cdot 0,36 \cdot 1200}{32,7 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 384 \text{ лк}$$

Освещенность компьютерной аудитории №418 КЦ ТПУ удовлетворяет требованиям СанПиН 2.2.2.542-96.

7.2.2.4 Повышенная напряженность магнитного поля

Для уменьшения уровня электромагнитного поля от персонального компьютера рекомендуется включать в одну розетку не более двух компьютеров, сделать защитное заземление, подключать компьютер к розетке через нейтрализатор электрического поля.

Помимо этого, для обеспечения более низкого уровня электромагнитного излучения на рабочем месте следует использовать жидкокристаллический монитор. Также в период работы с компьютером по возможности предусматривается сокращение времени, затрачиваемого на разработку и тестирование разрабатываемого ПО.

7.3 Экологическая безопасность

Деятельность по разработке ПО не связана с производством, поэтому реализация поставленной задачи не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду. Это приводит к тому, что создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми, а при работе над проектом применяются общие рекомендации по минимизации влияния на окружающую среду.

Единственным весомым исключением является использование ПК, чья неправильная утилизация может привести к загрязнению почвы или выбросам в атмосферу загрязняющих веществ, углекислого газа и выделение тепла в случае

пожара. В конце срока службы ПК его можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется путем разделения на однородные компоненты, пригодных для дальнейшего использования, и их передачи для дальнейшего использования (например, кремния, алюминия, золота, серебра, редких металлов) [30].

В соответствии с требованиями закона все отходы, образованные в соответствии с их классами опасности, передаются на специализированные предприятия для переработки, утилизации или захоронения. Отходы, которые не подлежат переработке или повторному использованию, должны быть утилизированы на полигонах или в почве.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

7.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации предмета исследования

Наиболее характерной ЧС для помещения, оборудованных ЭВМ, является пожар.

Пожары на промышленных предприятиях, на транспорте, в быту представляют большую опасность для людей и причиняют огромный материальный ущерб. Поэтому вопросы обеспечения пожарной и взрывной безопасности имеют государственное значение.

Пожары на производстве возникают по определенным причинам, устранение которых составляет основу всех мероприятий по пожарной безопасности. Основные причины возникновения пожара [31]:

- нарушение порядка хранения пожароопасных материалов;
- нарушение технологических режимов работы оборудования, вызывающих выброс горючих паров, газов, жидкостей;
- нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, эксплуатация его в неисправном состоянии;
- неосторожное обращение с открытым огнем, газовыми приборами;

- применение неисправных осветительных приборов, электропроводки и устройств, дающих искрение, замыкание и т. п.;
- перегрузка электрических сетей;
- самовозгорание веществ и материалов;
- курение в неустановленных местах;
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ и др.

7.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации [32].

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Необходимыми действиями со стороны работников в результате возникшей ЧС и мерами по ликвидации ее последствий являются:

- незамедлительно сообщить в пожарную охрану;
- принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;

- отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы эвакуации людей в случае пожара. Выведение людей из зоны пожара должно производиться по данным планам эвакуации [32].

План эвакуации людей с 4 этажа Кибернетического Центра ТПУ, на котором расположена компьютерная аудитория 418, представлен на рисунке 7.1.



Рисунок 7.1 – План эвакуации из компьютерной аудитории №418 КЦ ТПУ

Компьютерная аудитория №418 КЦ ТПУ оборудована пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Для тушения пожаров необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем [31]. В

аудитории №418 КЦ ТПУ установлен углекислотный огнетушитель ОУ-2 и табличка с указанием лица, ответственного за пожарную безопасность.

Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

Заключение

Каждый работник должен проводить профессиональную деятельность с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов здоровья и безопасности, нести социальную ответственность за принимаемые решения, осознавать необходимость устойчивого развития.

В данном разделе были рассмотрены основные вопросы соблюдения прав работника на труд, выполнения правил к безопасности труда, промышленной безопасности, экологии и ресурсосбережения.

Установлено, что рабочее место исследователя удовлетворяет требованиям безопасности и гигиены труда во время реализации проекта, а вредное воздействие объекта исследования на окружающую среду не превышает норму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации было спроектировано и разработано веб-приложение «Калькулятор общего анализа крови», предназначенное для анализа и визуализации результатов общего анализа крови.

В процессе исследования был проведен обзор имеющихся медицинских калькуляторов. Разработанное веб-приложение имеет более широкий набор функций для анализа ОАК, и поэтому оно оптимальнее для мониторинга состояния пациентов и отслеживания динамики ответа на назначенное лечение.

Серверная часть веб-приложения была разработана на языке программирования Python с использованием фреймворка Django, а в качестве СУБД была выбрана PostgreSQL. Для реализации клиентской части, а именно визуализации результатов посредством диаграмм, была использована библиотека amCharts. Впоследствии, разработанное веб-приложение было размещено на хостинге PythonAnywhere. Опубликованное веб-приложение доступно по адресу <http://olesyakhussainova.pythonanywhere.com/>.

Веб-приложение отвечает всем требованиям, установленным в задании. Пользователи всех ролей могут добавлять результаты ОАК и просматривать их расшифровку. Авторизованные пользователи, в свою очередь, имеют возможность отслеживать динамику состояния собственного здоровья по сохраненным результатам ОАК. К тому же им доступны все поддерживаемые диаграммы веб-приложения, а именно диаграммы ОАК, лейкоцитарной формулы и лейкоцитарных индексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлова В.Ю. Возможности исследования показателей общего анализа крови на современных гематологических анализаторах // *Фундаментальная и клиническая медицина.* – 2016. – 1 (1). – 98-108.
2. Hawley S.T., Zikmund-Fisher B., Ubel P., Jancovic A., Lucas T., Angela Fagerlin A. The impact of the format of graphical presentation on health-related knowledge and treatment choices // *Patient education and counseling.* – 2008. – 73. – 3. – 448-455.
3. Latulipe C., Gatto A., Nguyen H.T., Miller D.P., Quandt S.A., Bertoni A.G., Smith A., Arcury T.A. Design Considerations for Patient Portal Adoption by Low-Income, Older Adults // *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems.* – 2015. – 3859-3868.
4. Milewski J., Parra H. Gathering requirements for a personal health management system // *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.* – 2011. – 2377-2382.
5. Hematology analyzers: 3-part or 5-part, that is the question [Электронный ресурс] / Boule. URL: <https://www.boule.com/about-boule/e-learning/3-part-versus-5-part-hematology-systems/>. Дата обращения: 19.05.2020.
6. Алексеев А.А., Крутиков М.Г., Бобровников А.Э. Сепсис у обожженных: вопросы диагностики, профилактики и лечения // *Инфекция и антимикробная терапия.* – 2001. – 3. – 74-76.
7. Канцалиев Л.Б., Солтанов Э.И., Теувов А.А. Озон в лечении распространенных гнойных хирургических заболеваний пальцев и кисти // *Хирургия.* – 2008. – 11. – 33.
8. Федорова О.И., Кондурцев В.А., Давыдкин И.Л. Реакции периферической крови у больных пожилого возраста при некоторых распространенных заболеваниях // *Клиническая медицина.* – 2008. – 2. – 48-50.
9. Кальф-Калиф Я. Я. О лейкоцитарном индексе интоксикации и его практическом значении // *Врачебное дело.* – 1941. – 1. – 31-35.

10. Островский В. К., Мащенко А. В., Янголенко Д. В., Макаров С. В. Показатели крови и лейкоцитарного индекса интоксикации в оценке тяжести и определении прогноза при воспалительных, гнойных и гнойно-деструктивных заболеваниях // Клиническая лабораторная диагностика. – 2006. – 6. – 50-53.
11. Островский В. К., Свитич Ю. М., Вебер В. Р. Лейкоцитарный индекс интоксикации при острых гнойных и воспалительных заболеваниях легких // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. – 1983. – 131(11). – 21-24.
12. Даштаянц Г. А. Клиническая гематология / М: Киев, 1978. 230 с.
13. Яблuchанский Н. И. Индекс сдвига лейкоцитов как маркер реактивности организма при остром воспалении // Лабораторное дело. – 1983. – 1. 60-61.
14. Абрамович М.Л., Плоскирева А.А. Особенности гематологических показателей при острых респираторных инфекциях у детей разного возраста // ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора России. – 2015. – 11. – 59-64.
15. Theil K. Bone Marrow Processing and Normal Morphology // Laboratory Hematology Practice. – 2012. – 279-299.
16. Tsuda I., Kawai S. and Tatsumi N. Evaluation of the automated hematology analyze VEGA // JJCLA. – 1997. – 22. – 162-168.
17. Tatsumi N., Tsuda I., Takayuki T., Masayuki H. Practical Use of Automated White Cell Differential Analysis // Technical Journal «Readout». – 2002. – 20. – 8-12.
18. What is Python? Executive Summary [Электронный ресурс] / Python. URL: <https://www.python.org/doc/essays/blurb/>. Дата обращения: 20.05.2020.
19. Django introduction [Электронный ресурс] / MDN web docs. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/Django/Introduction>. Дата обращения: 20.05.2020.
20. About [Электронный ресурс] / PostgreSQL. URL: <https://www.postgresql.org/about/>. Дата обращения: 20.05.2020.
21. 10 лучших JavaScript библиотек для визуализации данных на графиках и диаграммах [Электронный ресурс] / Хабр. URL: <https://habr.com/ru/post/457946/>. Дата обращения: 20.05.2020.

22. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) // Собрание законодательства РФ. – 2002. – № 1 (ч. 1).
23. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
24. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
25. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
26. СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ.
27. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
28. Безопасность жизнедеятельности. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2008. – 20 с.
29. Пособие к МГСН 2.06-99 Расчет и проектирование искусственного освещения помещений общественных зданий
30. Валуев Д.В., Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов: учебное пособие. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 196 с.
31. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие. Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 236 с.
32. ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Хусаинова О.Т., Аксёнов С.В. Система визуализации результатов общего анализа крови в разрезе абсолютных и относительных показателей уровня лейкоцитов // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Издательство Томского политехнического университета. – 2020. – 415-416.
2. Хусаинова О.Т., Аксёнов С.В. Разработка информационной системы для расчета вероятности рецидива туберкулеза на основе машинного обучения // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: электронный сборник статей по материалам LXXXIX студенческой международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Издательство ООО «СибАК». – 2020. – №5(88). – 144-149.
3. Хусаинова О.Т., Аксёнов С.В. Разработка информационной системы для расчета лейкоцитарных индексов и визуализации полученных результатов // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: электронный сборник статей по материалам LXXXIX студенческой международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Издательство ООО «СибАК». – 2020. – №5(88). – 150-154.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

(справочное)

Analytical review The development tools

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM81	Хусаинова Олеся Тагировна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Аксёнов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сидоренко Татьяна Валерьевна	К.П.Н.		

1 Analytical review

1.1 Relevance of the study

Typically, complete blood count results have a paper format. Furthermore, these results can differ by reference value types of the blood components depending on the standards of clinical laboratories. Some diseases require multiple CBC test for monitoring a patient's system response to prescribed treatment. Others, such as chronic diseases, require tracking of blood pathologies for a sufficiently long period. All of these factors prove that patients can gather a lot of clinical information upon their blood condition, and therefore monitoring disease dynamics became problematic.

One of the possible solutions for such an issue is the development of a web application aimed to store CBC results remotely, thereby allowing patients to track the dynamics of the treatment and their health. However, a straightforward transfer of such data is insufficient. Recent studies have shown that patients reckon CBC results to be a collection of numbers, which is hard to understand, whereas they are interested in risk for their health and further prognosis for the most part.

Sarah T. Hawley et al. concluded a graphical presentation of medical information to allow patients' better understanding in comparison to the usage of numerical form results [2]. Some patients may experience anxiety and stress while trying to interpret medical terminology. Another study demonstrated that some patients claimed the need for more explanatory information in the medical results for a better understanding of their current state of health [3]. James Milewski and Hector Parra [4] suggested that medical data visualization can help patients understand the significance of their test results and encourage them to take more care for their health.

Thus, the development of the web application for medical data visualization will allow patients to monitor their health risks effectively and will provide them with the necessary context for the correct interpretation of the test results.

1.2 Complete blood count

As mentioned above, a complete blood count test includes 3 main groups of components:

- a. CBC,
- b. WBC differential,
- c. erythrocyte sedimentation rate.

However, under the current study the most important CBC test part is analysis of WBC differential.

1.2.1 WBC differential

WBC differential determines the ratio of different types of WBC, which are:

- a. neutrophils,
- b. lymphocytes,
- c. monocytes,
- d. eosinophils,
- e. basophils.

The blood cellular components (hematopoiesis), included in the WBC differential, are shown in Fig. 1.1.

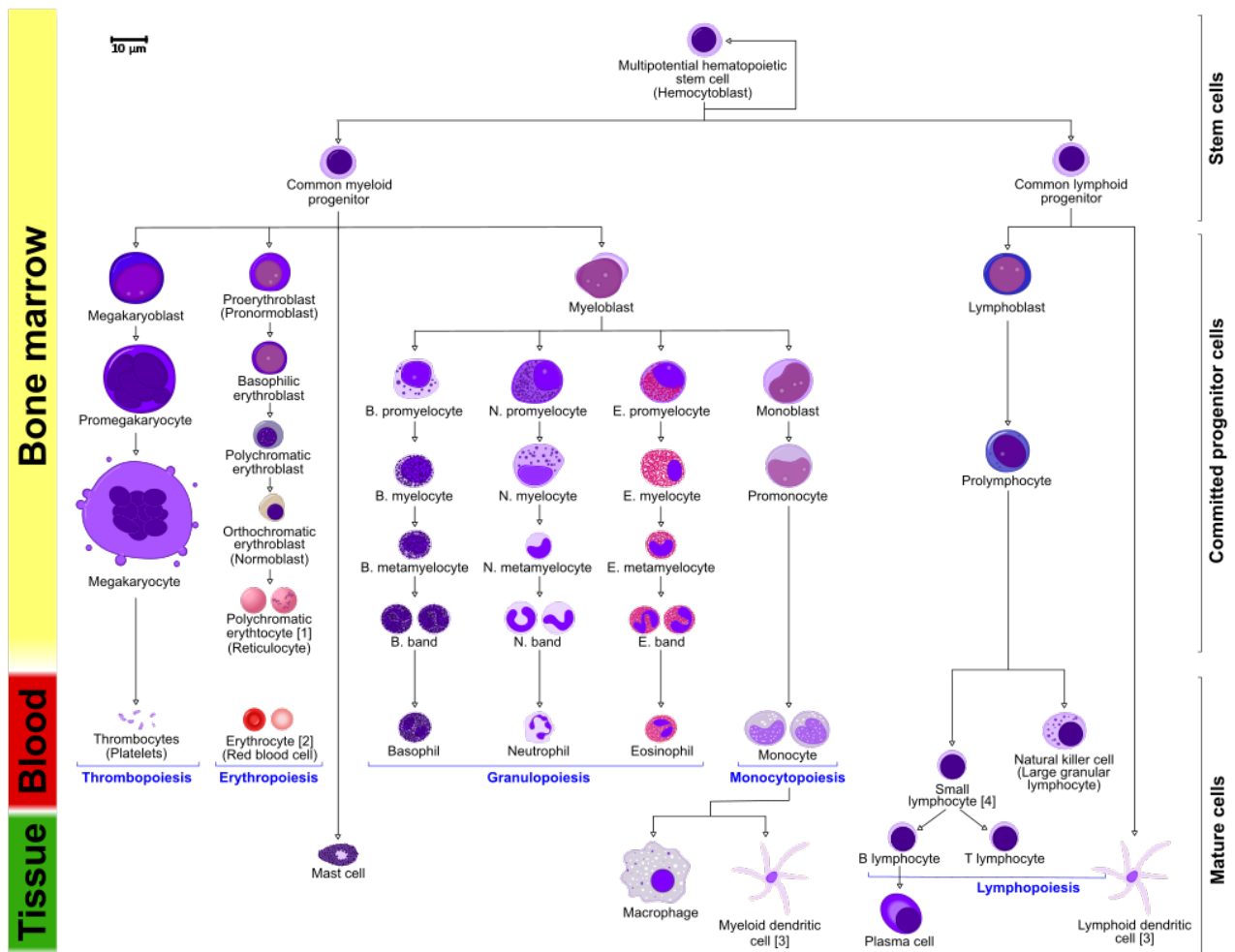


Figure 1.1 – Hematopoiesis of a human

Commonly, approximately 60% of WBC are neutrophils. Neutrophils help to fight bacteria, and their high count (> 85%) indicates a bacterial infection, respectively. Lymphocytes, accounting for about 30% of all WBC, help to fight viruses. Therefore, a high lymphocyte count may be a sign of a viral infection.

The last 10% of WBC count includes monocytes, eosinophils, and basophils. These cell types are typically associated with allergies or parasitic infections. For example, a large number of monocytes (2–8% normal) may represent a chronic inflammatory disease or a bacterial infection, whereas an elevated eosinophil count (1–4% normal) provides a sign of asthma, an allergic response, or a parasitic infection. An increased level of basophils (0.5–1% normal) typically correlates with inflammatory reactions, especially those causing allergic symptoms. A high WBC count may also point to some forms of cancer, such as leukemia or lymphoma [5].

1.2.2 Leukocyte indices

One of the initial tests of identifying the degrees of inflammatory processes, toxicity, or allergization is an analysis of the total concentration of WBC and WBC differential. Leukemia is the main indication for patient hospitalization and administration of antibiotics [6, 7]. Moreover, leukemia does not always imply the presence of purulent-inflammatory processes or other pathologies. It might be a cause of hemorrhaging, trauma, paroxysmal tachycardia attacks, and even increased physical exertion and other stressful conditions [8].

During treatment, it is not uncommon that clinical signs of disease do not correspond to a total WBC count. In such cases, doctors imply leukocyte indices to monitor the course of the disease and adjust the prescribed treatment correctly.

Leukocyte indices are mathematical models of the WBC differential ratio, allowing to identify the degree of inflammation, toxicity, allergization, and other pathologies of the human body. The most studied indices are:

- a. leukocyte index of intoxication (J. Kalph-Kaliph) [9],
- b. leukocyte index of intoxication (V. Ostrovsky) [10, 11],
- c. nuclear index (G. Dashtayants) [12],
- d. leukocyte shift index (N. Yabuchinsky) [13],
- e. allergization index [14].

1.2.2.1 Leukocyte index of intoxication (J. Kalph-Kaliph)

Leukocyte index of intoxication according to J. Kalph-Kaliph represents a marker of intoxication and is computed according to the formula (1.1):

$$LII K-K = \frac{(4Myelo + 3Meta + 2BN + SN) \cdot (Plasm + I)}{(Mono + Lymph) \cdot (Eo + I)}, \quad (1.1)$$

where:

Myelo – myelocytes, %,

Meta – metamyelocytes, %,

BN – band neutrophils, %,

SN – segmented neutrophils, %,

Plasm – plasma cells, %,

Mono – monocytes, %,

Lymph – lymphocytes, %,

Eo – eosinophils, %.

The reference range of leukocyte index of intoxication according to J. Kalph-Kaliph is 0.3 – 1.5.

1.2.2.2 Leukocyte index of intoxication (V. Ostrovsky)

Leukocyte index of intoxication according V. Ostrovsky constitutes a marker of intoxication as well. It can be computed by the following formula (1.2):

$$LII = \frac{SN + BN + Meta + Myelo + Plasm}{Mono + Lymph + Plasm}, \quad (1.2)$$

where:

SN – segmented neutrophils, %,

BN – band neutrophils, %,

Meta – metamyelocytes, %,

Myelo – myelocytes, %,

Plasm – plasma cells, %,

Mono – monocytes, %,

Lymph – lymphocytes, %.

Normally, leukocyte index of intoxication according to V. Ostrovsky has a value in the range of 0.1 – 1.1.

1.2.2.3 Nuclear index (G. Dashtayants)

Nuclear index according to G. Dashtayants represents a marker of endotoxemia and is computed by the formula (1.3):

$$NI = \frac{Mono + Meta + BN}{SN}, \quad (1.3)$$

where:

Mono – monocytes, %,

Meta – metamyelocytes, %,

BN – band neutrophils, %,

SN – segmented neutrophils, %.

The reference range of nuclear index is 0.05 – 0.1.

1.2.2.4 Leukocyte shift index (N. Yabuchinsky)

Leukocyte shift index according to N. Yabuchinsky represents a level of WBC differential shift (1.4):

$$LSI = \frac{SN + BN}{Lymph}, \quad (1.4)$$

where:

SN – segmented neutrophils, %,

BN – band neutrophils, %,

Lymph – lymphocytes, %.

Normal value of leukocyte shift index is 1.

1.2.2.5 Allergization index

Allergization index is the marker of allergization, accordingly, and is calculated according the formula (1.5):

$$AI = \frac{Lymph + 10 \cdot (Eo + I)}{Neutr + Mono + Baso}, \quad (1.5)$$

where:

Lymph – lymphocytes, %,

Eo – eosinophils, %,

Neutr – neutrophils, %,

Mono – monocytes, %,

Baso – basophils, %.

The reference range of allergization index is 0.8 – 1.1.

1.2.3 Hematology analyzers

The practice of analyzing the ratio of the WBC differential started from the discovery of Romanovsky-Giemsa staining, allowing laboratory assistants to examine blood using optical microscopy [15]. However, blood smear microscopy is sufficiently rare to date, since the determination of WBC differential manually is quite time-consuming. Furthermore, due to a possible limitation of the analyzed blood amount, there may occur low accuracy in test results.

All those declared factors have led to the development of automated hematology analyzers for WBC differentiation. This new method of WBC analysis provides faster and more accurate measurements.

There are two the most common types of hematology analyzers, depending on the degree of WBC differentiation: 3-Part Differential Cell Counter (3DIFF) and 5-Part Differential Cell Counter (5DIFF).

1.2.3.1 3-Part Differential Cell Counter

The 3DIFF analyzer measures the volume of WBC electrically and classifies the cells into three groups:

- a. neutrophils,
- b. lymphocytes,
- c. monocytes.

Since the operating principle for this type of analyzer is quite simple, it can have a compact form, use a fewer number of reagents, and, thus, be more cost-effective. Additionally, it can detect an elevated level of neutrophils more accurately than the 5DIFF analyzer.

The 3DIFF analyzer is intended for use in emergency rooms and outpatient laboratories, allowing medical staff to identify inflammations quite rapidly. It also widely used in small laboratories attached to wards and operating rooms.

The 3DIFF analyzer can provide results of WBC within a couple of minutes. Even if it is impossible to gather a significant amount of patient's blood (which is common among infants and children), the analyzer can operate in the microanalysis mode.

1.2.3.2 5-Part Differential Cell Counter

The 5DIFF analyzer can provide accurate WBC ratio of five subpopulations, including:

- a. neutrophils,
- b. lymphocytes,
- c. monocytes,
- d. eosinophils,
- e. basophils.

The accuracy of the 5DIFF analyzer is significantly high and comparable with the blood smear microscopy [16]. Regarding this increased accuracy and robustness, this type of hematology analyzers has a higher price and cost of maintaining, uses more reagents, and requires fine-tuning of its electro-optical system in comparison with the 3DIFF.

However, neither analyzer can guarantee 100 % identification of leukemia cells. During analysis, there may occur some abnormality of the test sample, such as the presence of leukemia cells. This case requires an examination of the sample for hematological abnormalities via microscopic analysis. Such a double-check allows minimizing the chance of overlooking abnormal blood conditions [17].

Even though the automated hematology analysis may require a microscopic examination, the accuracy of such measurements is a significant advantage, which justifies its high cost.

1.3 Overview of existing solutions

Information systems and applications for patients are the most promising aspect of telemedicine. One of the powerful tools of it is the medical calculators, which allow analyzing the medical diagnosis results and decipher them within reference ranges.

CBC calculators are no exception in the e-Health. There are several online services for CBC result analysis, however, they show significant shortcomings.

1.3.1 TestResult.org








The online service <https://testresult.org/> is a medical calculator aimed for decryption of the following tests:

- a. CBC,
- b. urinalysis,
- c. biochemical analysis,
- d. stool test,
- e. thyroid hormones,
- f. glucose tolerance test,
- g. TORCH infections.



The highest interest of the current study is the feature of decoding CBC results. The service accepts 23 indicators of CBC, including an extended version WBC differential. It is also possible to provide only relative (or absolute) values; the service recalculates absolute (or relative, respectively) values automatically. Additionally, the service requires users to supply the information upon their age and gender for the correct selection of reference ranges.

The interface of the calculator is shown in Fig. 1.2.

Расшифровка анализов онлайн

-  **Общий анализ крови**
-  **Общий анализ мочи**
-  **Биохимический анализ крови**
-  **Анализ кала (копрограмма)**
-  **Гормоны щитовидной железы**
-  **Пероральный глюкозотолерантный тест (ПГТТ)**
-  **TORCH-инфекции**

Общий анализ крови - расшифровка

-  Чтобы иметь возможность сохранить на сайте полученные результаты анализа, не забудьте зарегистрироваться.
-  При заполнении таблицы, обращайте внимание на **единицы измерения!** Указывайте только относительные значения лейкоцитов в %, абсолютные значения рассчитываются автоматически. [Подробнее](#)

Возраст*	28	лет
Пол*	Женский	<input type="checkbox"/> Беременность
Лаборатория	Название лаборатории	

Показатель	Значение	Норма	Единицы
Эритроциты (RBC)	<input type="text"/>	3.8 - 5.1	10 ¹² клеток/л
Гемоглобин (HGB)	<input type="text"/>	123 - 153	г/л
Гематокрит (HCT)	<input type="text"/>	36 - 47	%
Средний объем эритроцита (MCV)	<input type="text"/>	80 - 100	фл
Среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH)	<input type="text"/>	26 - 34	пг
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците (MCHC)	<input type="text"/>	31 - 36	г/дл

Figure 1.2 – The interface of TestResults.org

After entering the CBC result data, the service provides decryption of each CBC component, which values are out of the reference ranges. It also offers possible causes leading to such CBC components values.

An additional benefit of TestResult.org service is the ability to store the decrypted results and compare them among each other (3 results at the time max.). This feature is available only for registered users.

However, the service does not imply any calculation and visualization of the results.

1.3.2 LAB 4 U

The online service <https://lab4u.ru/rasshifrovka-analizov/> aims to decode and interpret analysis results as well. It provides the feature of decrypting several types of medical tests, such as CBC, urinalysis, stool test, infection analysis, biochemical analysis, and hormones analysis.

Another remarkable feature of the service is the ability to interpret isolated parts of CBC, namely:

- a. decoding of WBC differential,
- b. decoding of CBC,
- c. decoding of ESR.

In general, the application form of the service is similar to one from TestResult.org: users need to provide their age, gender, and values of CBC components. The service also supports the input of both relative and absolute values of the WBC differential. The interface of the form for decoding CBC results is presented in Fig. 1.3.

Fig. 1.3 – The interface of LAB 4 U

The main disadvantage of the service is the inability to save the decrypted results in the user’s account. Users can view the results via a link sent them by e-mail only.

LAB 4 U does not support the feature of leukocyte indices calculation and the data visualization, as well as the previously reviewed service.

2 The development tools

2.1 Back-end

Back-end is the hardware/software bundle of a web application, which implements its business logic.

Back-end of the web application was developed in Python using Django framework. As the database management system for the application, there was chosen PostgreSQL.

2.1.1 Programming language

Python is a high-level interpreted object-oriented programming language with dynamic semantics. Due to its built-in high-level data structures, in connection with dynamic typing and binding, it is commonly used for rapid application development. Being simple and easy to use, Python's syntax emphasizes code readability and, therefore, reduces the cost of applications' maintenance. Python supports modules and packages, encouraging code reuse. The Python interpreter, in conjunction with the standard library, is free of charge and available for all major platforms and can be freely distributed.

Python provides increased productivity: since there is no compilation step, the cycle of edit-test-debug is significantly fast. Debugging Python applications is quite easy; a bug or incorrect input would never cause a segmentation fault. A source-level debugger allows inspection of local and global variables, evaluating arbitrary expressions, setting breakpoints, and much more. The debugger itself is written in Python, testifying introspective power the language [18].

1.2.1.1 Web-application framework

Django is a high-level framework, which enables the rapid development of secure and maintainable web applications on Python. Django is free and open-source, it has an active community, complete documentation, and a variety of free and paid-for support.

The architectural pattern of Django is similar to MVC model. The main components of Django are [19]:

- a. Views serve a function of Controller. Views are request handler functions, which receive HTTP requests and return HTTP responses. Views access the data needed to satisfy requests via models, and delegate the formatting of the response to templates.
- b. Models define the structure of an application's data, and provide mechanisms to manage (add, modify, delete) and query records in the database.
- c. Templates are a text files, which define the structure or layout of a file (such as an HTML page), with placeholders used to represent actual content. A view can dynamically create an HTML page using an HTML template, populating it with data from a model.

2.1.2 Database management system

PostgreSQL is a powerful, open-source object-relational database system that uses and extends the SQL language. Its features enable safe storing and scaling of the most complicated data workloads.

PostgreSQL is a quite popular database due to its proven architecture, reliability, data integrity, robust feature set, extensibility, and the dedication of the open-source community. PostgreSQL runs on all major operating systems and has been ACID-compliant since 2001. Also, it has powerful add-ons, such as the geospatial database extender called PostGIS. [20].

PostgreSQL is free open-source software available under PostgreSQL license. PostgreSQL license allows developers to use, modify, and distribute this database management system in any form for free.

2.2 Front-end

Front-end is the client-side of web applications providing user interaction with the business logic of the application through the user interface.

Data visualization of the developed application was implemented with amCharts library, and pages were designed using Metronic Admin theme.

2.2.1 Charting library

amCharts is an advanced charting library that will suit any data visualization need. amCharts supports the following chart types:

- a. bar chart,
- b. line chart,
- c. area chart,
- d. pie (doughnut) chart,
- e. bubble chart,
- f. polar chart,
- g. scatter chart,
- h. Gantt chart,
- i. funnel.

amCharts has integration with React, Angular, Vue, Ember, as well as a plugin for WordPress. The main advantages of this library include support for animation, full customization, and the special features by W3C standards. Additionally, image or PDF file export is supported [21].

Full technical support is available for all users. Additionally, amCharts provides priority support for customers with a license, which costs from \$ 180.

2.2.2 Admin theme templates

Metronic is HTML, CSS, and JavaScript template library based on Bootstrap 4, which is compatible with React, Angular 9, VueJS, and Laravel.

Metronic can be used for any type of web application, including user interfaces, admin panel, CMS, CRM, and SaaS. Metronic has a balanced, intuitively understood material design and has a large number of ready-to-use plug-ins and components.

Metronic license costs \$35.

ПРИЛОЖЕНИЕ II

(справочное)

Листинг 1 – Модель BloodSmear

```
1. class BloodSmear (models.Model):
2.     RELATIVE_CHOICE = 'relative'
3.     ABSOLUTE_CHOICE = 'absolute'
4.
5.     VALUE_CHOICES = (
6.         (RELATIVE_CHOICE, 'Относительное'),
7.         (ABSOLUTE_CHOICE, 'Абсолютное')
8.     )
9.
10.    cbc = models.OneToOneField(
11.        CompleteBloodCount,
12.        on_delete=models.CASCADE,
13.        related_name="blood_smear",
14.        verbose_name="Общий анализ крови"
15.    )
16.    value_type = models.CharField(
17.        verbose_name="Тип значения результатов",
18.        max_length=50,
19.        choices=VALUE_CHOICES,
20.        default=VALUE_CHOICES[0][0]
21.    )
22.    promyelocyte = models.FloatField(
23.        verbose_name="Промиелоциты"
24.    )
25.    myelocyte = models.FloatField(
26.        verbose_name="Миелоциты"
27.    )
28.    metamyelocyte = models.FloatField(
29.        verbose_name="Метамиелоциты"
30.    )
31.    banded_neutrophil = models.FloatField(
32.        verbose_name="Палочкоядерные нейтрофилы"
33.    )
34.    segmented_neutrophil = models.FloatField(
35.        verbose_name="Сегментоядерные нейтрофилы"
36.    )
37.    lymphocyte = models.FloatField(
38.        verbose_name="Лимфоциты"
39.    )
40.    monocyte = models.FloatField(
41.        verbose_name="Моноциты"
42.    )
43.    eosinophil = models.FloatField(
44.        verbose_name="Эозинофилы"
45.    )
46.    basophil = models.FloatField(
47.        verbose_name="Базофилы"
48.    )
49.    plasma_cell = models.FloatField(
50.        verbose_name="Плазмациты"
51.    )
52.
53.    def intoxicationKK(self):
54.        if self.value_type == "relative":
55.            return round(
56.                (4 * self.myelocyte + 3 * self.metamyelocyte + 2 * self.banded_neutrophil + s
57.                elf.segmented_neutrophil) *
58.                (self.plasma_cell + 1) / ((self.monocyte + self.lymphocyte) * (self.eosinophi
59.                l + 1)),
```

```

58.         2
59.     )
60.
61.     myel = self.myelocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
62.     meta = self.metamyelocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
63.     bn = self.banded_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
64.     sn = self.segmented_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
65.     plasm = self.plasma_cell * 100 / self.cbc.leukocyte
66.     mono = self.monocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
67.     lymph = self.lymphocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
68.     eo = self.eosinophil * 100 / self.cbc.leukocyte
69.
70.     return round((4 * myel + 3 * meta + 2 * bn + sn) * (plasm + 1) / ((mono + lymph) * (eo
+ 1)), 2)
71.
72.     def intoxication0(self):
73.         if self.value_type == "relative":
74.             return round(
75.                 (self.segmented_neutrophil + self.banded_neutrophil + self.metamyelocyte + se
lf.myelocyte + self.plasma_cell) /
76.                 (self.monocyte + self.lymphocyte + self.plasma_cell),
77.                 2
78.             )
79.
80.         sn = self.segmented_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
81.         bn = self.banded_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
82.         meta = self.metamyelocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
83.         myel = self.myelocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
84.         plasm = self.plasma_cell * 100 / self.cbc.leukocyte
85.         mono = self.monocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
86.         lymph = self.lymphocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
87.
88.         return round((sn + bn + meta + myel + plasm) / (mono + lymph + plasm), 2)
89.
90.     def nuclear(self):
91.         if self.value_type == "relative":
92.             return round(
93.                 (self.monocyte + self.metamyelocyte + self.banded_neutrophil) / self.segmente
d_neutrophil,
94.                 2
95.             )
96.
97.         mono = self.monocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
98.         meta = self.metamyelocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
99.         sn = self.segmented_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
100.         bn = self.banded_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
101.
102.         return round((mono + meta + bn) / sn, 2)
103.
104.     def shift(self):
105.         if self.value_type == "relative":
106.             return round(
107.                 (self.segmented_neutrophil + self.banded_neutrophil) / self.lymphocyte,
108.                 2
109.             )
110.
111.         sn = self.segmented_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
112.         bn = self.banded_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
113.         lymph = self.lymphocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
114.
115.         return round((sn + bn) / lymph, 2)
116.
117.     def allergy(self):
118.         if self.value_type == "relative":
119.             return round(
120.                 (self.lymphocyte + 10 * (self.eosinophil + 1)) /
121.                 (self.banded_neutrophil + self.segmented_neutrophil + self.monocyte + self
.basophil),
122.                 2

```

```

123.         )
124.
125.         lymph = self.lymphocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
126.         eo = self.eosinophil * 100 / self.cbc.leukocyte
127.         bn = self.banded_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
128.         sn = self.segmented_neutrophil * 100 / self.cbc.leukocyte
129.         mono = self.monocyte * 100 / self.cbc.leukocyte
130.         baso = self.basophil * 100 / self.cbc.leukocyte
131.
132.         return round((lymph + 10 * (eo + 1)) / (bn + sn + mono + baso), 2)
133.
134.     class Meta:
135.         ordering = ['-cbc__analysis_date']
136.         verbose_name = "Микроскопия мазка крови"
137.         verbose_name_plural = "Микроскопия мазка крови"
138.
139.     def __str__(self):
140.         return f"{self.cbc.user}: {self.cbc.analysis_date}"

```

Листинг 2 – Набор форм BloodSmearFormSet

```

1. class CBCModelForm(forms.ModelForm):
2.     class Meta:
3.         model = CompleteBloodCount
4.         exclude = [
5.             'user',
6.             'content_type',
7.             'object_id',
8.             'type'
9.         ]
10.        widgets = {
11.            'analysis_date': forms.DateInput(
12.                attrs={
13.                    'type': 'text',
14.                    'id': 'analysis_date',
15.                    'readonly': '',
16.                    'placeholder': ''
17.                }),
18.            'leukocyte': forms.NumberInput(),
19.            'erythrocyte': forms.NumberInput(),
20.            'hemoglobin': forms.NumberInput(),
21.            'hematocrit': forms.NumberInput(),
22.            'sed_rate': forms.NumberInput()
23.        }
24.
25.    def __init__(self, user, *args, **kwargs):
26.        self.user = user
27.        super(CBCModelForm, self).__init__(*args, **kwargs)
28.        if self.user.is_authenticated:
29.            del self.fields['age']
30.            del self.fields['sex']
31.        self.label_suffix = ""
32.
33.    def clean(self):
34.        date = self.cleaned_data.get('analysis_date')
35.        _sum = self.cleaned_data.get('sum')
36.        errors = {}
37.
38.        if self.user.is_authenticated:
39.            if CompleteBloodCount.objects.filter(user=self.user, analysis_date=date).exists():
40.                date_formatted = date.strftime('%d.%m.%Y')
41.                errors['analysis_date'] = ValidationError('Результаты анализа за %s уже добавлены.' % date_formatted)

```

```

42.
43.     if _sum < 98 or _sum > 102:
44.         errors['sum'] = ValidationError('Сумма компонентов лейкоцитарной формулы не равна
100%. Пожалуйста, '
45.                                     'проверьте введенные значения и повторите попытк
у. ')
46.
47.     if errors:
48.         raise ValidationError(errors)
49.
50.     return self.cleaned_data
51.
52.
53. BloodSmearFormSet = inlineformset_factory(
54.     CompleteBloodCount,
55.     BloodSmear,
56.     fields=[
57.         'value_type',
58.         'promyelocyte',
59.         'myelocyte',
60.         'metamyelocyte',
61.         'banded_neutrophil',
62.         'segmented_neutrophil',
63.         'lymphocyte',
64.         'monocyte',
65.         'eosinophil',
66.         'basophil',
67.         'plasma_cell'
68.     ],
69.     can_delete=False,
70.     extra=1,
71.     max_num=1
72. )

```

Листинг 3 – Представления модели BloodSmear

```

1. class BloodSmearCreateView(CreateView):
2.     model = CompleteBloodCount
3.     template_name = 'cbc/cbc_create.html'
4.     form_class = CBCModelForm
5.
6.     def get_success_url(self):
7.         return reverse_lazy('cbc:blood-smear-detail', kwargs={'pk': self.object.pk})
8.
9.     def get_context_data(self, **kwargs):
10.        context = super(BloodSmearCreateView, self).get_context_data(**kwargs)
11.        user = self.request.user
12.        post = self.request.POST
13.        if post:
14.            context['blood_smear'] = BloodSmearFormSet(post)
15.        else:
16.            context['blood_smear'] = BloodSmearFormSet()
17.        if user.is_authenticated:
18.            context['cbc'] = CompleteBloodCount.objects.filter(user=user)
19.            context['blood_diagram'] = BloodSmear.objects.filter(cbc__user=user)
20.        return context
21.
22.     def form_valid(self, form):
23.        context = self.get_context_data()
24.        blood_smear = context['blood_smear']
25.        cbc = form.instance
26.        user = self.request.user
27.        if form.is_valid():
28.            with transaction.atomic():

```



```

29.         cbc.content_type = ContentType.objects.get(app_label='cbc', model='bloodsmear
30.     ')
31.         cbc.object_id = 0
32.         cbc.type = 9
33.         if user.is_authenticated:
34.             cbc.user = user
35.             cbc.age = user.patient.get_age()
36.             cbc.sex = user.patient.sex
37.         self.object = form.save()
38.         if blood_smear.is_valid():
39.             blood_smear.instance = self.object
40.             blood_smear.save()
41.             fd_object = BloodSmear.objects.get(cbc_id=self.object.id)
42.             cbc.object_id = fd_object.id
43.             self.object = form.save()
44.         return super(BloodSmearCreateView, self).form_valid(form)
45.
46.     def get_form_kwargs(self):
47.         kwargs = super().get_form_kwargs()
48.         kwargs.update({'user': self.request.user})
49.         return kwargs
50.
51. class BloodSmearUpdateView(UpdateView):
52.     model = CompleteBloodCount
53.     template_name = 'cbc/cbc_update.html'
54.     form_class = CBCModelForm
55.
56.     def get_success_url(self):
57.         return reverse_lazy('cbc:blood-smear-detail', kwargs={'pk': self.object.pk})
58.
59.     def get_context_data(self, **kwargs):
60.         context = super(BloodSmearUpdateView, self).get_context_data(**kwargs)
61.         user = self.request.user
62.         post = self.request.POST
63.         if post:
64.             context['blood_smear'] = BloodSmearFormSet(post, instance=self.object)
65.         else:
66.             context['blood_smear'] = BloodSmearFormSet(instance=self.object)
67.         if user.is_authenticated:
68.             context['blood_diagram'] = BloodSmear.objects.filter(cbc__user=user)
69.         return context
70.
71.     def form_valid(self, form):
72.         context = self.get_context_data()
73.         blood_smear = context['blood_smear']
74.         if form.is_valid():
75.             with transaction.atomic():
76.                 self.object = form.save()
77.                 if blood_smear.is_valid():
78.                     blood_smear.instance = self.object
79.                     blood_smear.save()
80.             return super(BloodSmearUpdateView, self).form_valid(form)
81.
82.     def get_form_kwargs(self):
83.         kwargs = super().get_form_kwargs()
84.         kwargs.update({'user': self.request.user})
85.         return kwargs
86.
87.
88. class BloodSmearDetailView(DetailView):
89.     model = CompleteBloodCount
90.     template_name = 'cbc/cbc_detail.html'
91.
92.     def get_context_data(self, **kwargs):
93.         context = super(BloodSmearDetailView, self).get_context_data(**kwargs)
94.         user = self.request.user
95.         blood_smear = BloodSmear.objects.get(cbc_id=self.object.id)
96.         context['blood_smear'] = blood_smear

```

```
97.         context['index_range'] = IndexRange.objects.filter().last()
98.         context['blood_diagram'] = BloodSmear.objects.filter(cbc__user=user)
99.         if user.is_authenticated:
100.             age = user.patient.get_age()
101.             context['range'] = ReferenceRange.objects.get(
102.                 cbc__sex=user.patient.sex,
103.                 cbc__age_min__lt=age,
104.                 cbc__age_max__gt=age,
105.                 diff__value_type=blood_smear.value_type
106.             )
107.         else:
108.             context['range'] = ReferenceRange.objects.get(
109.                 cbc__sex=blood_smear.cbc.sex,
110.                 cbc__age_min__lt=blood_smear.cbc.age,
111.                 cbc__age_max__gt=blood_smear.cbc.age,
112.                 diff__value_type=blood_smear.value_type
113.             )
114.         return context
```

ПРИЛОЖЕНИЕ III

(справочное)

Листинг 1 – Тесты адресов Patient

```
1. class TestUrlsPatient(SimpleTestCase):
2.
3.     def test_url_patient_login(self):
4.         url = reverse_lazy('patient:login')
5.         self.assertEqual(resolve(url).func.view_class, LoginView)
6.
7.     def test_url_patient_register(self):
8.         url = reverse_lazy('patient:register')
9.         self.assertEqual(resolve(url).func.view_class, RegisterView)
10.
11.    def test_url_patient_edit_profile(self):
12.        url = reverse_lazy('patient:edit_profile', args=[1])
13.        self.assertEqual(resolve(url).func.view_class, EditProfileView)
```

Листинг 2 – Тесты модели Patient

```
1. class TestModelPatient(TestCase):
2.
3.     def setUp(self):
4.         self.user = User.objects.create(
5.             username='test',
6.             password='qwerty123',
7.             email='test@gmail.com'
8.         )
9.         self.patient = Patient.objects.create(
10.            user=self.user,
11.            email=self.user.email,
12.            sex='male',
13.            date_of_birth=datetime(1990, 1, 12, 12, 0, 1)
14.        )
15.
16.    def tearDown(self):
17.        self.user.delete()
18.        self.patient.delete()
19.
20.    @freeze_time("2012-01-14")
21.    def test_model_patient_age(self):
22.        freezer = freeze_time("2012-01-14 12:00:01")
23.        freezer.start()
24.        assert datetime.now() == datetime(2012, 1, 14, 12, 0, 1)
25.        self.assertEqual(self.patient.get_age(), 22)
26.        freezer.stop()
```

Листинг 3 – Тесты формы Patient

```
1. class TestFormsPatient(TestCase):
2.
3.     def setUp(self):
4.         self.user = User.objects.create(
5.             username='test',
```

```

6.         password='qwerty123',
7.         email='test@gmail.com'
8.     )
9.     self.patient = Patient.objects.create(
10.        user=self.user,
11.        email=self.user.email,
12.        sex='male',
13.        date_of_birth=datetime.date(1990, 4, 25)
14.    )
15.
16.    def tearDown(self):
17.        self.user.delete()
18.        self.patient.delete()
19.
20.    def test_form_user_exists(self):
21.        age = datetime.date(1990, 4, 23)
22.        form = RegistrationForm(
23.            data={
24.                "username": "test",
25.                "password1": "qwerty123",
26.                "password2": "qwerty123",
27.                "email": "example@gmail.com",
28.                "date_of_birth": age,
29.                "sex": "male"
30.            }
31.        )
32.        self.assertFalse(form.is_valid())
33.        self.assertEqual(form.errors['username'], ['Пользователь с таким именем уже существу
ет.'])
34.
35.    def test_form_email_exists(self):
36.        age = datetime.date(1990, 4, 23)
37.        form = RegistrationForm(
38.            data={
39.                "username": "testo",
40.                "password1": "qwerty123",
41.                "password2": "qwerty123",
42.                "email": "test@gmail.com",
43.                "date_of_birth": age,
44.                "sex": "male"
45.            }
46.        )
47.        self.assertFalse(form.is_valid())
48.        self.assertEqual(form.errors['email'], ['Пользователь с таким email уже существует.'])
    ])

```

Листинг 4 – Тесты представления Patient

```

1. class TestViewsPatient(TestCase):
2.
3.     def setUp(self):
4.         self.client = Client()
5.         self.factory = RequestFactory()
6.
7.         self.user = User.objects.create(
8.             username='test',
9.             password='qwerty123',
10.            email='test@gmail.com'
11.        )
12.        self.patient = Patient.objects.create(
13.            user=self.user,
14.            email=self.user.email,
15.            sex='male',
16.            date_of_birth=datetime.date(1990, 4, 25)

```

```

17.         )
18.         self.cbc_blood_smear = CompleteBloodCount.objects.create(
19.             user=self.user,
20.             sex=self.user.patient.sex,
21.             age=self.user.patient.get_age(),
22.             analysis_date=datetime.date(2020, 4, 29),
23.             leukocyte=2,
24.             erythrocyte=2,
25.             hemoglobin=2,
26.             hematocrit=2,
27.             sed_rate=2,
28.             type=2,
29.             sum=100,
30.             object_id=1,
31.             content_type_id=9
32.         )
33.         self.blood_smear = BloodSmear.objects.create(
34.             cbc=self.cbc_blood_smear,
35.             value_type='absolute',
36.             promyelocyte=3,
37.             myelocyte=3,
38.             metamyelocyte=3,
39.             banded_neutrophil=3,
40.             segmented_neutrophil=3,
41.             lymphocyte=3,
42.             monocyte=3,
43.             eosinophil=3,
44.             basophil=3,
45.             plasma_cell=3
46.         )
47.
48.         self.url_patient_edit_profile = reverse_lazy('patient:edit_profile', args=[self.patient.pk])
49.
50.         def tearDown(self):
51.             self.user.delete()
52.             self.patient.delete()
53.             self.cbc_blood_smear.delete()
54.             self.blood_smear.delete()
55.
56.         def test_view_patient_edit_profile(self):
57.             new_data = {
58.                 'firstname': 'john',
59.                 'lastname': 'doe'
60.             }
61.
62.             request = self.factory.post(self.url_patient_edit_profile, new_data)
63.             request.user = self.user
64.             response = EditProfileView.as_view()(request, pk=self.patient.pk)
65.
66.             self.assertEqual(response.status_code, 200)
67.             self.assertQuerysetEqual(
68.                 response.context_data.get('blood_diagram'),
69.                 map(repr, [self.blood_smear])
70.             )

```