

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки – Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование рассеивающих свойств капельных образцов крови

УДК 616.15-071

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Ким Сергей Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Аристов А.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Губарев Ф. А.	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте биомедицинской и экологической техники	Требования ФГОС (ОПК1, ОПК2) ¹ , Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей	Требования ФГОС (ОПК3, ОК4, ОК5), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений	Требования ФГОС (ОПК7, ОПК9, ПК6). Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ОПК4, ОПК6, ПК7), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов	Требования ФГОС (ОПК5, ПК1, ПК2, ПК3). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность,	Требования ФГОС (ОПК8, ОПК10), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

¹ Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 12.03.04 – Биотехнические системы и технологии), утвержденному Приказом Министерства образования и науки РФ от 15.03.2015г.

	соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	
Универсальные компетенции		
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК3, ОК4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач	Требования ФГОС (ОК6), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК1, ОК2), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности	Требования ФГОС (ОК9, ПК8), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК7, ОК8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки - Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

Ф.А. Губарев
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Д31	Ким Сергею Сергеевичу

Тема работы:

«Исследование рассеивающих свойств капельных образцов крови»	
Утверждена приказом директора ИНК (дата, номер)	№799/с от 09.02.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Оптимизировать методику анализа крови с учетом рассеивающих свойств микрообъемных проб; требования - объем образца не более 50 мкл, время исследования не более 2 мин., оценка динамики процесса, согласованность с другими методами анализа; безопасность проведения исследований; экономическая выгода метода и лабораторной установки;

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Обзор литературы; • Структурные схемы; • Исследование влияния изменяющихся оптических свойств крови на анализ; • Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; • Социальная ответственность; • Заключение.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в MS Power Point</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Ю.И.
Социальная ответственность	Мезенцева И.Л.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Введение
Обзор литературы
Структурные схемы.
Контроль параметров имплантируемых ЭКС.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Социальная ответственность
Заключение
Список литературы

<p align="center">Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПМЭ	Аристов А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д31	Ким Сергей Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78с., 11рис., 16 табл., 24 источника, 1 приложение

Ключевые слова: кровь, эритроциты, агрегация, оптические исследования.

Объектом исследования являются оптические свойства микрообразцов крови и методика их исследования.

Цель работы – рассмотреть возможности лабораторной установки, учесть изменяющиеся параметры образца и учесть их при измерении.

В процессе исследования проводились патентный и литературный обзор литературы по оптическим свойствам крови и методикам их исследования. Проводились экспериментальные исследования.

В результате исследования учтены оптические свойства микрообразцов крови, влияние гематокрита.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

Условия эксплуатации – лабораторные;

Степень внедрения: лабораторный макет;

Область применения: медицинские учреждения.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в экономии времени проведения исследований, уменьшении объема исследуемой пробы, а также уменьшение затрат на обслуживание оборудования.

В будущем планируется автоматизация учета гематокрита при исследовании.

Нормативные ссылки:

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

2. СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения»

3. ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования»

4. ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

5.ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

6.ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление»

Оглавление

Введение 9

ГЛАВА 1. Обзор объекта исследования.....	10
1.1. Объект исследования.....	10
1.2. Механика агрегации эритроцитов.....	11
1.3. Обзор приборов и методов исследования оседания.....	13
ГЛАВА 2. Экспериментальная установка.....	19
2.1. Структурная схема установки.....	19
2.2. Процессы, протекающие на кювете установки.....	21
ГЛАВА 3. Экспериментальные исследования.....	23
3.1. Подготовка.....	23
3.2. Контроль параметров.....	25
3.3. Структурная схема программатора и алгоритм контроля параметров.....	28
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	30
4.1.3. SWOT-анализ.....	33
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	35
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	35
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	36
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	37
4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	40
4.3.5. Накладные расходы.....	47
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	50
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	58
5.1 Производственная безопасность.....	58
5.2 Экологическая безопасность.....	67
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	70
Заключение.....	75
Список использованных источников.....	76

Введение

Лабораторный анализ является основным и наиболее доступным методом диагностики патологий и, при необходимости, оценки эффективности проводимого лечения. Наиболее часто предметом анализа являются биологические жидкости организма человека, в частности, кровь.

Человеческий организм – тонкая система с множеством взаимосвязанных биологических процессов. Поэтому изучение крови, являющейся частью этой системы позволяет судить о состоянии всей системы. Кровь является отражением внутренних процессов метаболизма и изменяет свой состав в зависимости от состояния здоровья человека. В связи с этим актуальна как разработка новых методов анализа крови, так и доработка уже существующих.

Поэтому оптимизация рассмотренной в работе методики оптического анализа микрообразца крови может увеличить точность и скорость исследования и, как следствие, способствовать внедрению методики в лабораторную диагностику.

На сегодняшний день существуют различные методики анализа крови, в том числе оптические. Однако преимуществом разрабатываемой нами методики является работа с микропробой, требующей значительно меньшего количества крови, а также меньшего количества затрачиваемых реагентов поскольку проводится анализ неразведенной крови.

Цель работы: исследование и автоматизация учета влияния гематокрита на оптические свойства крови.

Задачи исследования:

1. Изучение существующих методов исследования свойств крови;
2. Обзор технических приёмов и решений по изучаемому вопросу;
3. Экспериментальные исследования влияния гематокрита на свойства крови.

ГЛАВА 1. Обзор объекта исследования

1.1. Объект исследования

Кровь является одной из важных биологических жидкостей организма человека. Важность крови как соединительной ткани заключается в переносе различных кровяных клеток и веществ по всему организму для поддержания динамического равновесия необходимого для функционирования органов и тканей организма. У взрослого человека 4-5л крови [1].

Кровь состоит из жидкости – плазмы(до 55% от объема) и взвешенных в ней клеток(45%). [1-2]

В зависимости от состояния организма и наличия/отсутствия воспалений и патологий, количество клеток крови и химический состав плазмы могут изменяться. [3] Например, при воспалительных процессах повышается количество лейкоцитов.

Важно понимать, что количество, форма и габариты кровяных клеток по-разному влияют на оптические свойства крови. Приведём таблицу 1.1. с этими характеристиками.

Морфологическая характеристика клеток крови обобщена в табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Морфологическая характеристика клеток крови [1, 4-7]

	Объемная концентрация (%)	Численная концентрация (клеток/мм ³)	Форма	Типичные размеры (мкм)	Объем (мкм ³)
Эритроциты	46	(3,8 ÷ 4,8) · 10 ⁶	двоояковогнута я	7,1 ÷ 9,2 · 1,7 ÷ 2,4	70 ÷ 100
Лейкоциты	1,2	(4 ÷ 8) · 10 ³	Сферическая, гибкая	8 ÷ 22	
Тромбоциты	0,3	(2,5 ÷ 5) · 10 ⁵	дискоидальная	2 ÷ 4	6

Как видно, наибольший объем занимают эритроциты, которые также имеют специфическую форму и непрозрачный красный цвет (объясняется наличием молекул железа в гемоглобине). [1-3] Поэтому важно учитывать влияние гематокрита на оптическое исследование.

1.2. Механика агрегации эритроцитов

Как упоминалось выше, эритроциты играют наибольшую роль при дисперсном анализе крови. Поэтому важно изучение процессов, происходящих с эритроцитами во время анализа. В частности, наиболее заметен процесс агрегации крови.

СОЭ зависит от множества факторов. Представим, что лабораторные условия идеальны, тогда СОЭ зависит только от метаболизма и кондиции организма пациента у которого взяли образец. В свою очередь метаболизм зависит от состояния организма, а оно зависит от здоровья тех или иных органов. Таким образом по СОЭ может помочь при постановке диагноза и по нему можно судить о здоровье пациента.

В норме эритроциты не склонны быстро образовывать большие пачки-столбики так как здоровые клетки несут на себе поверхностный заряд по причине

избирательности мембран по отношению к ионам и потому отталкиваются друг от друга (являясь как бы мини-конденсаторами клетки накапливают отрицательный заряд на поверхности мембран). Быстрое слипание и как следствие быстрое оседание свидетельствовало бы о патологии. Например, о нарушении баланса ионов в крови.

СОЭ также может помочь выявить отклонения от формы и величины эритроцитов. Например серповидная или сферическая форма эритроцитов уменьшает СОЭ из-за того что сферические эритроциты плохо слипаются между собой.

Повышенная концентрация эритроцитов замедляет оседания, а пониженная – снижает. Так что гематокрит имеет большое влияние на СОЭ.

В 1859 Д. Листер наблюдал, пачки эритроцитов в образце, помещенном между стеклянными пластинами [8]. «Приклеившись» друг к другу эритроциты начинают оседание с увеличенной скоростью. Эритроциты начинают склеиваться в стопки очень быстро и уже через несколько десятков секунд образуют стопки как на рис.1. [9-10]

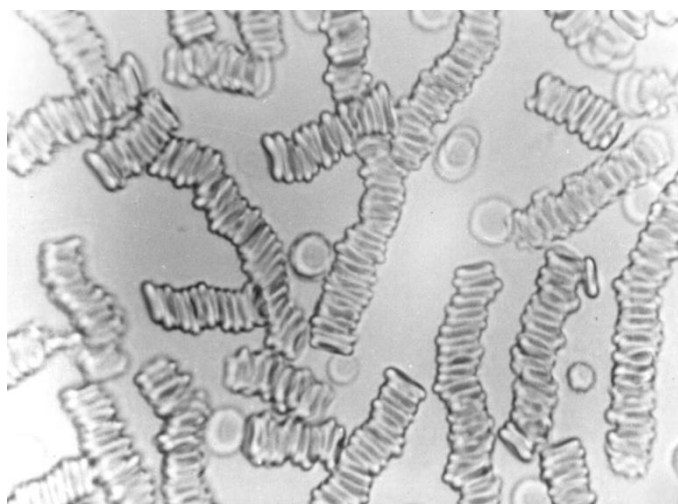


Рис. 1 Столбики эритроцитов

Такая высокая скорость и склонность к собиранию в пачки объясняется потребностями организма – в определенной кондиции организма может понадобиться прокачать по некоторым сосудам увеличенный объем эритроцитов для нормального кислородно-углеродного обмена.

Проходя пачками по главным сосудам и быстро расходясь на отдельные одиночные клетки эритроциты удовлетворяют потребности организма[11].

Однако подобный механизм может быть опасен при нарушении. Например, эритроциты могут сложиться в пачки неправильной формы и вместо

прохождения столбика по кровяному руслу могут застрять в нём, вплоть до закупорки сосуда. Или же может нарушиться количественное соотношение эритроцитов в пачках (из-за малой площади плохо обменивающихся кислородом, но быстро перемещающихся) к количеству одиночных эритроцитов (медленно движутся, но имеют большую площадь при прочих равных). У здоровых людей в нормальном состоянии это соотношение составляет в среднем 1:1 (40-60% агрегированных) [12-13].

Столбики не формируются только в сильно разбавленных образцах из-за большой разреженности клеток и ином химическом составе. В данной ВКР предполагается работа с гематокритом, близким к неразбавленной крови, поэтому важно также оценить закономерности и влияние описанного процесса на оптические характеристики крови.

1.3. Обзор приборов и методов исследования оседания

Для измерения агрегации эритроцитов применяют различные методы, такие как аглометрия (основывается на прокачивании и фильтрации клеток под давлением), прямое наблюдение, сейчас широко изучается измерение оптической плотности крови в зависимости от агрегации эритроцитов [14].

Методы исследования агрегации:

- измерение скорости седиментации эритроцитов (СОЭ);
- измерение светопропускания или светоотражения суспензии эритроцитов до и после ее интенсивного перемешивания (силлектометрия);
- микроскопическая оценка агрегатов эритроцитов,
- метод вычисления коэффициента отношений вязкости крови при разных скоростях сдвига;
- ультразвуковая оценка агрегации эритроцитов.

Все эти методики имеют ту или иную степень распространения и эффективности. В настоящее время большинство исследователей оценивает

метод силлектометрии как наиболее адекватный метод оценки агрегации эритроцитов (АЭ).

Наряду с подобным методом исследования АЭ, существует так же метод исследования АЭ, основанный на измерении минимального напряжения сдвига, необходимого для дезагрегации эритроцитов и достижения диспергированного состояния пробы крови, т. е. предельного напряжения сдвига. Важной особенностью данного показателя является его независимость от концентрации клеток в пробе крови.

Также существует целый ряд методик, подходящих для анализа жидких сред: колориметрия, спектрофотометрия, поляриметрия, нефелометрия, фотометрия и т.д. [15]. Однако более других для измерения жидких сред со взвесями подходит нефелометрический метод, потому он является самым распространенным. Проводится оценка обратного рассеяния и абсорбционный методы [16].

Общий анализ крови в больницах и клиниках включает в себя анализ СОЭ. Впервые использовать анализ СОЭ для медицинских целей предложил в 1921 году Фахреюс [17]. Суть анализа состояла в том, чтобы наполнить пробирку кровью и оставить отстаиваться предварительно добавив антикоагулянт. Из-за оседания клеток произойдет четкое разделение на слой плазмы наверху и слой с повышенной концентрацией клеток внизу. В зависимости от времени необходимого для завершения процесса говорят о СОЭ.

Однако широко использоваться в медицине анализ СОЭ стал только когда Вестергреном был предложен достаточно удобный метод со стеклянными трубками[18].

Суть метода заключается в том, что стеклянную трубу наполняют кровью и антикоагулянтом и оставляют отстаиваться на фиксированный промежуток времени, например, 60 минут.

При этом можно четко отследить 3 фазы оседания:

- 1) Агрегация со склеиванием эритроцитов в «столбики» или пачки,
- 2) Седиментация – этап в котором сформировавшиеся пачки начинают продолжать оседание,
- 3) Уплотнение – конечная фаза оседания, оно вновь замедляется из-за повышенной концентрации клеток в нижней части трубки.

Кроме метода метода Вестергрена также применяется метод Панченкова. Он отличается другими габаритами трубок и шкалами делений. Он выгодно отличается от метода Вестегрена тем, что нужна не венозная кровь, можно обойтись капиллярной (из пальца).

Нужно приготовить раствор цитрата Na и промыть им трубку, набрать в неё кровь смешанную с цитратом кровь и установить в штатив. Через 60 минут можно снимать результаты [19].

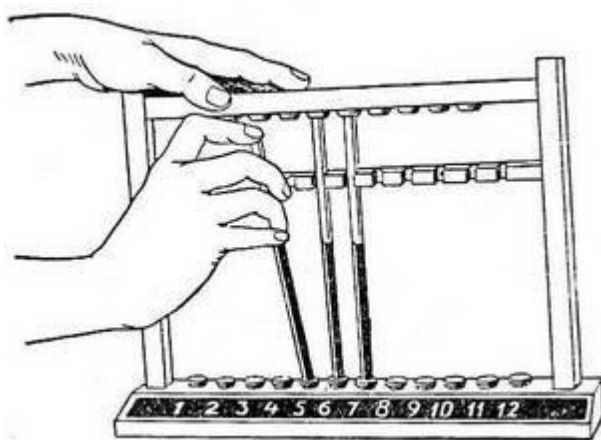


Рис. 2 Штатив Панченкова

Однако когда особенно важна точность измерения, современные приборы работают по стандарту более близкому к методу Вестергрена. Его приняли к рекомендации междунар. Совета по стандартизации гематологии в 1977г.

Метод Вестегрена в современных приборах автоматизирован, что повышает точность результатов и скорость исследований.

В основном все попытки его оптимизации сводятся к уменьшению длины и объема трубки-капилляра и уменьшению времени эксперимента.

На результаты исследования могут повлиять следующие факторы:

- 1) Температура в помещении - $+1^{\circ}\text{C}$ повышает СОЭ на 0.03,
Оптимальный вариант – поддержание 37°C как и внутри организма.
Реализовано в лабораторном макете.
- 2) Антикоагулянт,
В работе использован рекомендованный 5% р-р цитрата натрия $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$

- 3) И как следствие, время хранения для объективного исследования (4ч),
Правильный и качественный антикоагулянт препятствует свертыванию и
искажению, но даже при этом клетки склонны к отмиранию вне организма
- 4) Собственно гематокрит пробы.
Низкий гематокрит искажает исследование. Для получения правильного
результата необходим пересчет Фабри по формуле [20]:
$$(\text{СОЭ по Вестергрену} \cdot 15) / (55 - \text{гематокрит}).$$

Из неочевидных возможностей для ошибки лаборанта можно назвать
время между установкой первого и последнего капилляра. Так, если засечь время
с установки первой трубки, последняя будет отстаиваться меньше 1 часа и
наоборот. Это является большой проблемой которой посвящено исследование
нац. Академии клинической биохимии США [21] аналитическая вариация
составила ~19%.

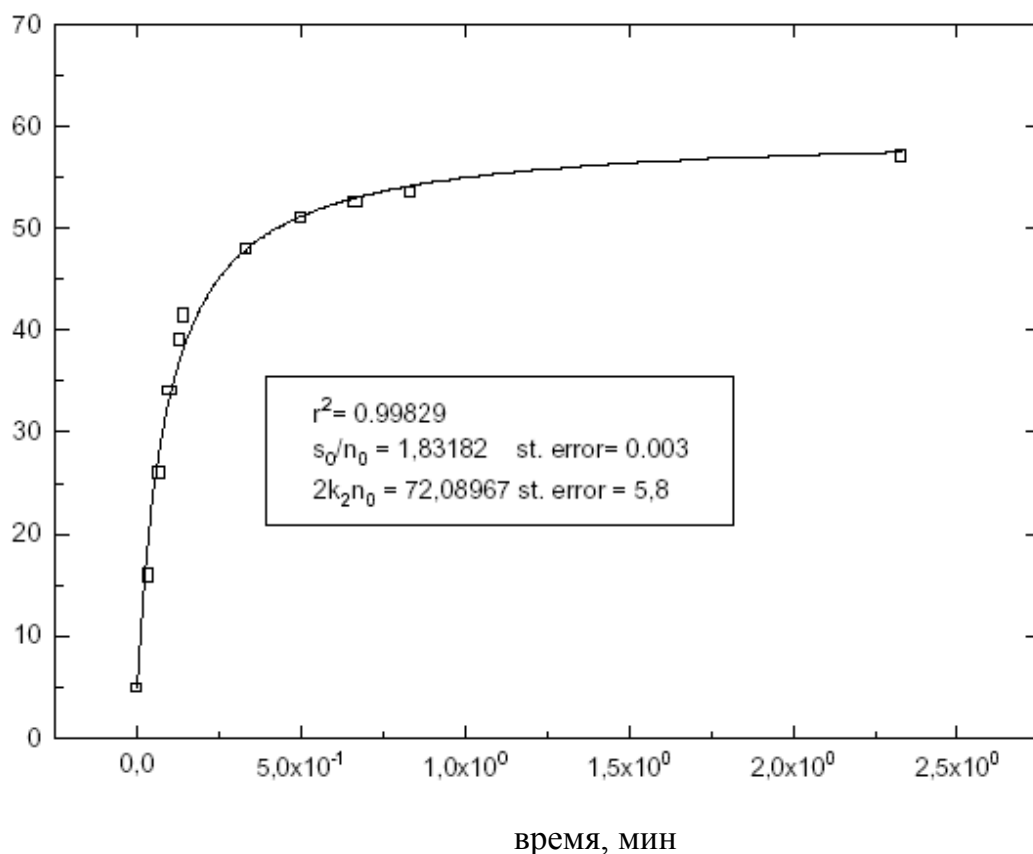


Рис. 2 Экспериментальные данные и теоретическая зависимость относительного прохождения света от времени.

Теоретически ускорение прохождения света через кровь можно объяснить тем, что эритроциты собираясь в пачки отражают меньше света так как вместо мутной взвеси собираются в более плотные столбики. В дальнейшем эритроциты объединяются в еще более крупные пачки и оседают.

Возможно также прямое наблюдение за эритроцитами через микроскоп, однако метод не актуален для широкой практики так как требует долгих затрат времени и присутствие наблюдателя(от которого требуется высокая концентрация внимания).

Рекомендованный ВОЗ прямой оптический метод измерения агрегации эритроцитов позволяет определить средний размер агрегата, а также % неагрегированных эритроцитов. [22]

Приведем несколько приборов:

LORCA (Laser Assisted Optical Rotational Cell Analyzer) [23]. Использует две стеклянные трубки с зазором в 400мкм. Внешний цилиндр вращается сообщая сдвиговые деформации, способствующие агрегации. В ходе процесса осуществляется регистрация отраженного (рассеянного) света лазера просвечивающего цилиндры.

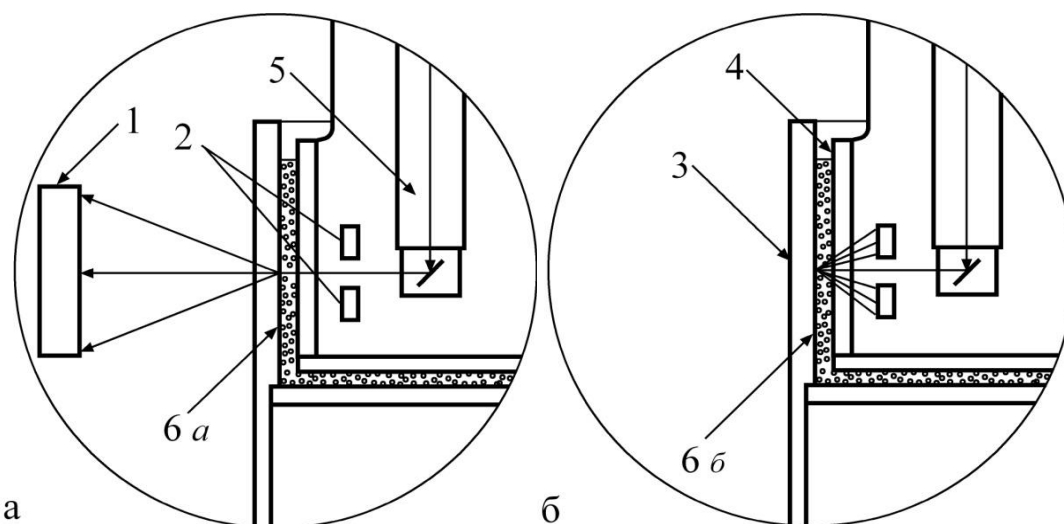


Рис. 3. Измерительная система агрегометра LORCA:

а) Оптическая система для оценки деформируемости эритроцитов (компьютерная обработка дифракционной картины рассеянного вперед суспензией крови лазерного излучения);

б) Оптическая система для оценки агрегации эритроцитов (оценка отраженного назад лазерного излучения).

1, 2 – фотодатчики; 3 – внешний (вращающийся) цилиндр; 4 – внутренний цилиндр; 5 – лазерное излучение; 6 а – разбавленная кровь; 6 б – цельная кровь.

Агрегометр RHEODYN-SSD представляет собой агрегометр с движущимся конусом. Прибор провоцирует ускоренную агрегацию путем резкой остановки движения конуса. Сначала прибор разбалтывает конус разбивая все существовавшие агрегаты, резко останавливается и снимает измерения через 10с после торможения.

Однако в обоих названных приборах нужно проводить анализ не только на разбавленной крови, но и на значительном её объеме. Стоит отметить и сложность очистки в том случае если образец успеет подсохнуть в цилиндрах/конусе.

ГЛАВА 2. Экспериментальная установка

Питание устройства осуществляется от сети 220 В через соответствующую схему преобразователя напряжения. Для работы устройства необходимо подключить устройство к USB входу персонального компьютера и запустить на нем управляющую программу. После выхода устройства на рабочий режим (достижении необходимой температуры и влажности, а также программной проверки работоспособности узлов устройства) устройство готово к работе, о чем сигнализирует индикатор на рабочем окне панели управляющей программы. За счет работы блока терморегуляции, управляемого сигналом термодатчика, в камере ПП поддерживается необходимая температура. В результате испарения дистиллированной воды с поверхности гигроскопичного материала, в рабочем объеме камеры создается атмосфера насыщенного пара, что устраняет высыхание исследуемых проб.

2.1. Структурная схема установки

На рис. 4 представлена структурная схема экспериментальной установки, используемой для проведения исследований [24]. Установка позволяет измерять оптические свойства пробы и одновременно регистрировать форму боковой проекции капли, что дает возможность изучать динамику изменения фототока и связать его с изменениями формы капли и характером происходящих в ней процессов.

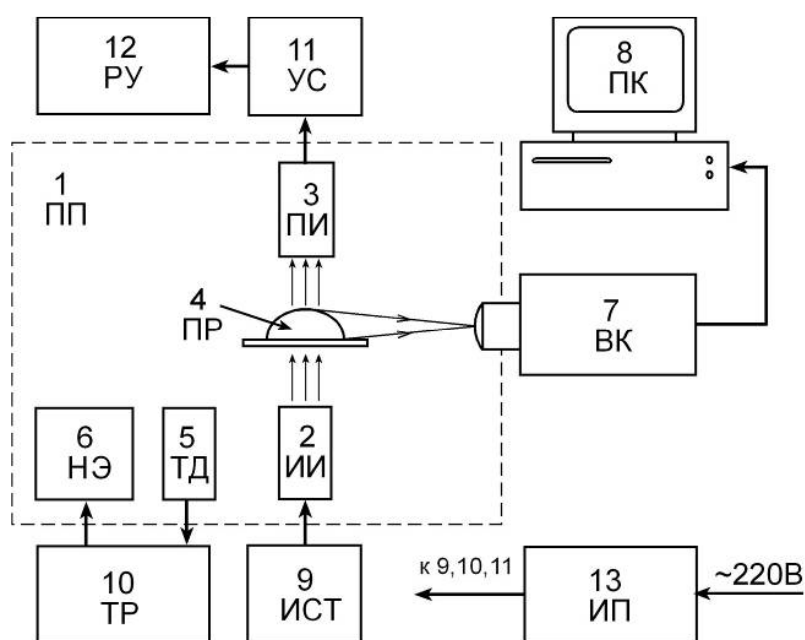


Рис. 4. Структурная схема экспериментальной установки:

1 – первичный преобразователь, 2 – источник излучения, 3 – приемник излучения, 4 – исследуемая проба, 5 – термодатчик, 6 – нагревательный элемент, 7 – видеокамера, 8 – персональный компьютер, 9 – источник стабильного тока излучателя, 10 – терморегулятор, 11 – усилительное устройство, 12 – регистрирующее устройство, 13 – источник питания

Первичная информация об изменении прозрачности и фокусного расстояния по капельным пробам крови в процессе протекания исследуемых процессов в капельных образцах получается при их просвечивании световым потоком. Для размещения проб, источников и приемников света в состав макета прибора входит первичный преобразователь. Конструкция первичного преобразователя должна обеспечивать не только технические условия для адекватных фотометрических измерений, но и оптимальные условия для протекания исследуемых реакций в капельных образцах, а также независимость результатов исследований от параметров окружающей среды. В частности от температурных изменений. Следовательно, в первичном преобразователе должна поддерживаться стабильная, заданная условиями эксперимента температура. В большинстве проводимых лабораторных клинических исследований рабочую температуру, при которой должны протекать реакции и происходить фотометрические или другие исследований устанавливают на уровне 37° С.

Следующим важным фактором при проведении исследования с образцами биологической жидкости малого объема является создание условий для поддержания неизменного объема данных образцов. Основным фактором, влияющим на объем образцов в процессе измерений является испарение воды с их поверхности. В случае проведения исследований на капельных образцах это приведет к уменьшению объема и изменению геометрии капель, что неоднозначно скажется на изменении их оптических свойств. Чтоб уменьшить влияние данного факта в камере первичного преобразователя поддерживается

повышенный уровень влажности, что уменьшает испарение образцов и позволяет проводить длительные фотометрические измерения проб.

Питание источника излучения осуществляется от источника стабильного тока, обеспечивающего необходимые выходные энергетические характеристики зондирующего излучения, наиболее важным из которых является стабильность во времени мощности излучаемого светового потока.

В связи с малой прозрачностью многих исследуемых объектов электрические сигналы с фотоприемников, установленных в камере первичного преобразователя над капельными образцами, как правило, имеют небольшую величину, то есть необходимо предварительное усиление, выполняемое соответствующими аналоговыми устройствами.

Кроме этого в число аналоговых электронных устройств входит электрический блок, обеспечивающее температурную стабилизацию в камере, т.е. блок терморегуляции, управляемый сигналом с термодатчика, установленного в камере. Система термостабилизации обеспечивает точность поддержания заданной температуры в камере первичного преобразователя при изменении температуры окружающей среды в диапазоне от +10 до +30 °С, на уровне +0,1 С°.

Задание определенной температуры является необходимым как для обеспечения одинаковых оптимальных условий протекания процессов в исследуемых пробах, так и для стабилизации параметров источника и приемника излучения, выходные характеристики которых весьма чувствительны к изменению внешней температуры. В связи с этим, их целесообразно располагать непосредственно в термостабилизированном корпусе камеры первичного преобразователя.

Питание блоков устройства осуществляется от стабилизированного источника питания.

Для получения конечного результата, характеризующего исследуемый процесс, необходимо считывать информацию с приемников излучения, сравнивать значения фототока в определенные моменты времени, а также между

опытным и опорным каналами и выполнять вычислительные операций. Наиболее просто это может осуществляться путем использования внешнего персонального компьютера. Использование компьютера определяет еще и тот факт, что макет установки еще не является законченным прибором и требуется уточнение алгоритмов обработки данных для различных исследований после проведения экспериментов. А, следовательно, требуется многократное перепрограммирование устройства. Наиболее просто это осуществить через программирование на языках высокого уровня с использованием объектно-ориентированных средств программирования. Персональный компьютер дает возможность также сохранения и обработки результатов различными математическими методами в различных прикладных пакетах.

Персональный компьютер используется и в качестве системы управления устройством, согласующим и отслеживающим наличие неисправностей в блоках устройства, таймером и выполняет другие сервисные функции. Определяет ход проведения измерения (согласно заданной программе).

Для осуществления связи измерительной части устройства с персональным компьютером в состав макета входит блок сопряжения. Данный блок осуществляет оцифровку передачу сигналов от измерительного устройства в компьютер через USB-порт, а также двунаправленную передачу цифровых сигналов.

Число оптических измерительных каналов в зависимости от задач исследования может быть от двух и более. Разработанное нами устройство содержит два измерительных канала. Это обусловлено тем, что для проведения многих принятых в медицинской лабораторной практике фотометрических исследований достаточно сравнивать характеристики двух образцов биологического материала. Тестового – с известной концентрацией вещества или известной динамикой протекания процесса и исследуемого – Что позволяет проводить сравнительные исследования. Включение в устройство большого числа оптических каналов возможно в случае полной автоматизации процесса исследования, когда процесс нанесения капель на поверхность кювет будет

производится аппаратно. Время при ручном формировании капельных образцов с помощью пипеточного дозатора и помещении кюветы с пробами в камеру первичного преобразователя занимает порядка 10-15 секунд и, следовательно, в случае формирования большого числа капель возможна потеря информации о начальных этапах, протекающих в образцах процессах, для ранее сформированных капельных образцов.

Таким образом, структурная схема Биотехнической системы экспресс-оценки гематологических и иммунных показателей организма с использованием микрообъемных проб включает:

- первичный фотоэлектрический преобразователь,
 - блок аналогового преобразования сигналов фотодатчиков,
 - источник стабильного тока для питания источников излучения
 - блок термостабилизации первичного преобразователя,
 - блок стабилизированного питания,
 - виртуальны и реальные (физические) органы управления работой прибора и его режимами.
- блок цифровой обработки и передачи сигналов в компьютер.
 - компьютер с соответствующим программным обеспечением.

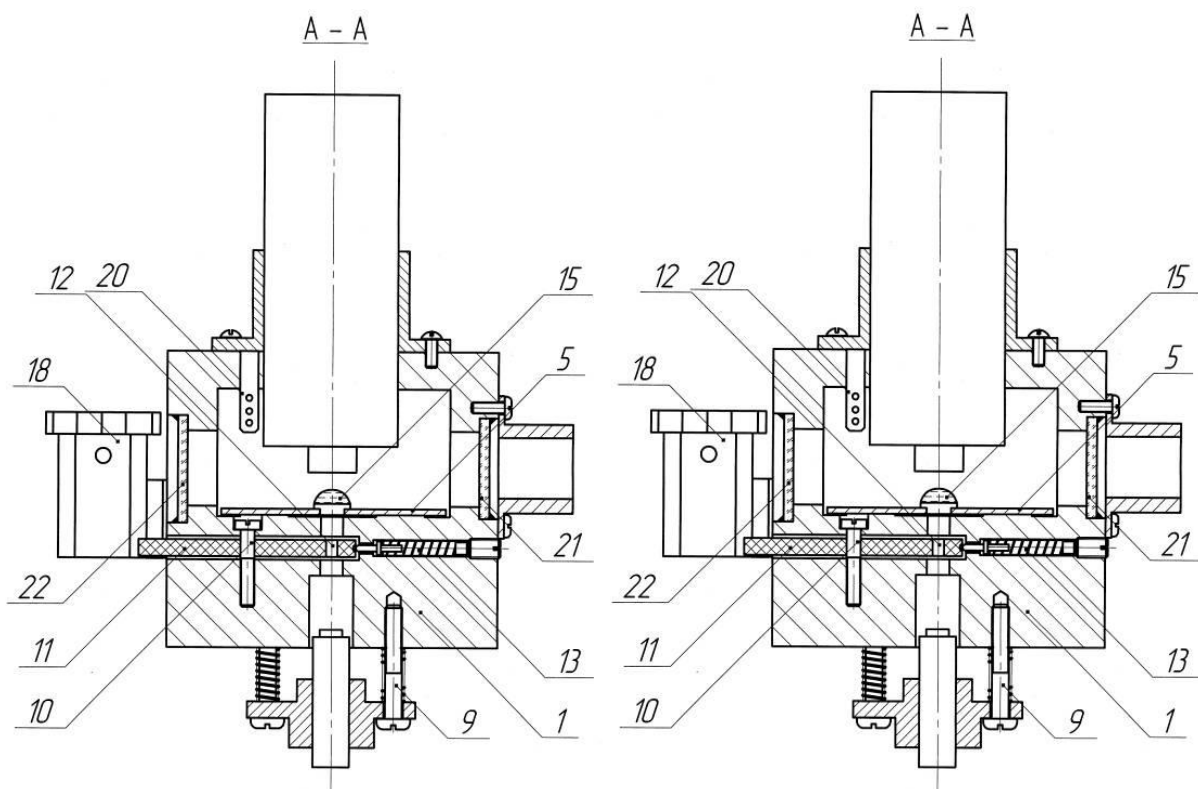


Рис. 5. Конструкция камеры ПП: 1 – корпус камеры, 2 – ИИ, 3 – ПИ, 4 – рабочий объем камеры, 5 – пластина кюветы, 6 – дверца камеры, 7 – подвижный плунжер, 8 – планшайба, 9 – юстировочные винты, 10 – ось диафрагмы, 11 – диск диафрагмы, 12 – диафрагмирующее отверстие, 13 – фиксатор диафрагмы, 14 – вкладыш кюветы, 15 – проба, 16 – поверхность испарителя, 17 – резервуар испарителя, 18 – колба резервуара испарителя, 19 – НЭ, 20 – ТД, 20, 21 – боковые окна камеры

Камера первичного преобразователя (ПП), выполнена в виде цельнометаллического (дюралюминий) корпуса с выфрезерованной внутри полостью (рабочий объем) 16 для помещения кюветы 13. Рабочий объем камеры первичного преобразователя изолирован от воздействия внешней среды откидной крышкой 1 с герметизирующей прокладкой 10. Закрытое положение откидной крышки фиксируется с помощью пружинного фиксатора 19, 20. Прижимное усилие фиксатора регулируется винтом 21.

В корпусе камеры первичного преобразователя выполнены два сквозных вертикальных канала, в верхней части которых, по отношению к рабочему объему камеры первичного преобразователя, помещены плунжеры 3 в которых располагаются приемники оптического излучения. Плунжеры с приемниками могут перемещаться в вертикальном направлении относительно капельных

образцов. Положение плунжеров фиксируется стопорными винтами 9. В каналах нижней части корпуса камеры первичного преобразователя размещены источники оптического излучения 14 на специальных крепежных платах 6.

На внутренней задней стенке камеры первичного преобразователя приклеен гигроскопичный материал, нижний край которого опущен через щель в горизонтальный канал 22 с водой, соединенный с внешним сосудом 2 для заправки. Данная система при подогреве позволяет поддерживать повышенную влажность в камере первичного преобразователя.

На внешней задней стенке камеры первичного преобразователя установлен нагревательный элемент 15. Там же рядом на стенке размещен выходной силовой транзистор системы управления нагревателем 17. Так как на нем рассеивается значительная мощность при работе системы термостабилизации то корпус камеры первичного преобразователя выполняет для него роль радиатора. Термодатчик 4 расположен в рабочем объеме камеры первичного преобразователя вблизи от капельных проб биологической жидкости и закреплен через специальное отверстие в верхней части корпуса камеры первичного преобразователя.

На внешней стороне боковой стенки камеры первичного преобразователя, в передней ее части, в выфрезерованной полости, размещен кнопочный выключатель 24, замыкаемый при надавливании на его кнопку откидной крышкой 1. Кнопочный выключатель имеет возможность регулировки положения для настройки момента его срабатывания при закрытии откидной крышки. Выключатель служит для автоматического запуска программы измерения при закрытии крышки камеры.

На задней наружной стенке камеры размещена колодка 7 для выполнения электрических паяных соединений с остальной электрической частью схемы устройства.

При разработке устройства произведен обоснованный выбор электрической схемы питания источника излучения, обеспечивающей стабильность светового потока преобразователя ток фотодиода – напряжение, обеспечивающего линейность передаточной характеристики при высокой

чувствительности, а также системы термостабилизации, обеспечивающей поддержание температуры в камере ПП на уровне 37°C .

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). [13]

Целевым рынком для разработанного прибора являются медицинские учреждения, такие как городские больницы, частные клиники, центры реабилитации и др.

Сегментами рынка в данном случае являются люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты:

Таблица 1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{к1}	Б _{к2}	Б _ф	К _{к1}	К _{к2}	К _ф
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	1	3	5	0,15	0,45	0,75
2. Надежность	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
3. Безопасность	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
4. Простота эксплуатации	0,05	2	3	3	0,1	0,15	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	3	1	4	0,3	0,1	0,4
3. Цена	0,05	3	2	3	0,15	0,1	0,15
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	1	1	3	0,05	0,05	0,15
5. Послепродажное обслуживание	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
6. Срок выхода на рынок	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Итого	1	34	26	40	2,9	2,5	3,9

Где: Б_{к1}- наружный ЭКС; Б_{к2} – частично имплантируемы ЭКС; Б_ф- имплантируемый ЭКС.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Проанализировав полученные данные можно сказать, что имплантируемый ЭКС является более конкурентоспособным из-за своего удобства использования и срока эксплуатации.

4.1.3. Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) - гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценку проводят в табличной форме. (табл. 3)

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. [12]

Таблица 2. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,3	90	100	0,9	0,27
2. Помехоустойчивость	0,1	80	100	0,8	0,08
3. Надежность	0,2	85	100	0,85	0,17
4. Унифицированность	0,05	40	100	0,4	0,02
5. Уровень материалоемкости разработки	0,1	30	100	0,3	0,03
6. Потребность в ресурсах памяти	0,025	30	100	0,3	0,075
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	40	100	0,4	0,02
8. Простота эксплуатации	0,05	40	100	0,4	0,02
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
9. Конкурентоспособность продукта	0,025	30	100	0,3	0,075
10. Цена	0,05	50	100	0,5	0,025
11. Финансовая эффективность научной разработки	0,05	40	100	0,4	0,02
Итого					0,825

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что разработка электрокардиостимулятора является перспективной, т.к. показатель оценки качества $P_{ср} = 82,5$. [13]

4.1.3. SWOT-анализ

SWOT - Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности), Threats (угрозы) - комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Проведение SWOT-анализа заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

1. Сильные стороны.

Сильные стороны характеризуют конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

2. *Слабые стороны.*

Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

3. *Возможности.*

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

4. *Угроза* - любая нежелательная ситуацию, тенденция или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать ограничение или то, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.
[13]

Результаты проведенного SWOT-анализа представим в таблице :

Таблица 3. *Матрица SWOT*

	<p><u>Сильные стороны:</u></p> <p>1)Малый объем исследуемого образца;</p> <p>2)Не требуется очистка частей прибора перед каждым применением;</p> <p>3)Низкая стоимость метода;</p>	<p><u>Слабые стороны:</u></p> <p>1)Малая информативность метода;</p> <p>2)Зависимость точности результата анализа от качества кюветы;</p>
<u>Возможности:</u>	<u>Сильные стороны и возможности:</u>	<u>Слабые стороны и возможности:</u>

1) Бесплатная доставка по Томску и Томской области; 2) Усовершенствование прибора; 3) При покупке 100 пипеток в подарок;	1) Подарочные одноразовые кюветы сокращают расходы;	1) Повышение информативности прибора; 2) Высокое качество предоставляемых кювет;
<u>Угрозы:</u> 1) Большая конкуренция; 2) Некачественная продукция;	<u>Сильные стороны и угрозы:</u> 1) Малый объем исследуемого образца сокращает конкуренцию;	<u>Слабые стороны и угрозы:</u> 1) Большое количество конкурентов, способных выполнять те же функции

4.2. Планирование научно-исследовательских работ.

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. [13]

Таблица 8. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
	2	Выдача задания на тему	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Научный руководитель
	5	Подбор литературы	Студент
	6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические исследования	7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент

	8	Анализ конкурентных технологий	Студент
	9	Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	Студент
	10	Согласование полученных данных с руководителем	Студент, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводом	Студент
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Студент

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество предпраздничных дней в году.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2016 год, количество календарных 366 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных 119 дней, а количество предпраздничных дней – 2, таким образом: $k_{\text{кал}}=1,49$.

















Все рассчитанные значения вносим в таблицу (табл. _).



После заполнения таблицы _ строим календарный план-график (табл. _). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 9. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож}$, чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Составление и утверждение технического задания	1	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель	3	3	3	5	5	5
Выдача задания на тему	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Студент	2	2	2	3	3	3
Постановка задачи	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студент	2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки	3	1	2	5	2	4	3,8	1,8	2,8	Рук. – студ.	2	1	1,5	3	1	2
Подбор литературы	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	8	7	8	12	10	12
Сбор материалов и анализ существующих разработок	15	15	15	17	17	17	15,8	15,8	15,8	Студент	15	15	15	23	23	23
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент	8	8	8	12	12	12
Анализ конкурентных технологий	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Студент	6	6	6	9	9	9
Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	3	2	3	5	4	3	3,4	2,4	3,4	Рук. – студ.	3	1	3	4	2	4
Согласование полученных данных с руководителем	2	1	2	5	3	4	3,2	1,8	2,8	Рук. – студ.	1,5	1	1,5	2	1	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент	2,5	2,5	2,5	4	4	4
Работа над выводом	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	7	7	7

Таблица 10. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				март			апрель			май									
				1	2	3	1	2	3	1	2	3							
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	6																
2	Выдача задания на тему	Руководитель	2																
3	Постановка задачи	Руководитель	2																
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, Студент	5		 														
5	Подбор литературы	Студент	15																
6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	25																
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	10																
8	Анализ конкурентных технологий	Студент	5																
9	Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	Руководитель, Студент	2								 								
10	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	8									 							
11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Студент	5																
12	Работа над выводом	Студент	2																
13	Составление пояснительной записки	Студент	12																

 – студент;  – руководитель.

4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы

4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (4.6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. В данном случае было взято 20%.

Таблица 11. Материальный затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, с учетом транс.расх. (З _м), руб.
Бумага	лист	100	3	360
Интернет	М/бит (пакет)	1	200	240
Ручка	шт.	2	100	120
Тетрадь	шт.	1	30	36
Итого:				760

4.3.2. Основная заработная плата.

В данную статью включается основная заработная плата научного руководителя и инженерно-технического работника, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. [13]

Руководитель – старший преподаватель. В соответствии со штатным расписанием ТПУ, оклад руководителя – 16 751, 29 рублей.

Оклад учебно-вспомогательного персонала 1 квалификационного уровня равен 6976,22 руб.

Таблица 12. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3,2	3,2	3,2	0,871	0,871	0,871	2,787	2,787	2,787
2	Выдача задания на тему	Руководитель	1,8	1,8	1,8	0,871	0,871	0,871	1,567	1,567	1,567
3	Постановка задачи	Руководитель	2,6	2,6	2,6	0,871	0,871	0,871	2,265	2,265	2,265
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки	Руководитель, Студент	3,8	1,8	2,8	1,197	1,197	1,197	4,548	2,154	3,352
5	Подбор литературы	Студент	9,8	9,8	9,8	0,362	0,362	0,362	3,548	3,548	3,548
6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент	15,8	15,8	15,8	0,362	0,362	0,362	5,719	5,719	5,719
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	6,2	7,2	7,2	0,362	0,362	0,362	2,244	2,606	2,606
8	Анализ конкурентных технологий	Студент	5,8	5,8	5,8	0,362	0,362	0,362	2,099	2,099	2,099
9	Выбор наиболее подходящей и перспективной технологии	Руководитель, Студент	3,4	2,4	3,4	1,197	1,197	1,197	4,069	2,873	4,069

10	Согласование полученных данных с руководителем	Руководитель, Студент	3,2	1,8	2,8	1,197	1,197	1,197	3,831	2,154	3,352
11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Студент	2,4	2,4	2,4	1,197	1,197	1,197	2,873	2,873	2,873
12	Работа над выводом	Студент	2,2	2,2	2,2	0,362	0,362	0,362	0,796	0,796	0,796
13	Составление пояснительной записки	Студент	4,8	4,8	4,8	0,362	0,362	0,362	1,737	1,737	1,737
Итого									38,077	33,172	36,764

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (4.7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн} , \quad (4.8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.9)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 13. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	32	32
Действительный годовой фонд рабочего времени	216	216

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (4.10)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в табл.

Таблица 14. *Расчет основной заработной платы*

Исполнители	$Z_{тс}$, тыс. руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , тыс. руб.	$Z_{дн}$, тыс. руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, тыс. руб.	$Z_{доп}$, тыс. руб.
Руководитель	16,751	0,3	0,5	1,3	39,197	1,887	30	56,610	8,491
Дипломник	6,976	0,3	0,5	1,3	16,323	0,786	60	47,160	7,074
Итого $Z_{осн}$								103,770	15,565

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

4.3.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} \quad (4.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

4.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 15. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб			Дополнительная заработная плата, тыс. руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	56,610	56,610	56,610	8,491	8,491	8,491
Дипломник	47,160	47,160	47,160	7,074	7,074	7,074
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	32220					
Исполнение 2	32220					
Исполнение 3	32220					

4.3.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.13)$$

где: $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = 151880 \cdot 0,16 = 24300$ руб.

4.3.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией

в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.[13]

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 10.

Таблица 16. *Расчет бюджета затрат НИИ*

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НИИ	760	760	760	Пункт 4.3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	103335			Пункт 4.3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15565			Пункт 4.3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	32220			Пункт 4.3.4
5. Накладные расходы	24300	24300	24300	16% от суммы 1-4
7. Бюджет затрат НИИ	176180	176180	176180	Сумма ст. 1-5

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу

расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (4.15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.[13]

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы.

Таблица 17. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Энергоэффективность	0,1	5	3	4
2. Надежность	0,2	4	4	5
3. Уровень шума	0,2	3	3	5
4. Простота эксплуатации	0,1	5	3	3
5. Перспективность рынка	0,3	3	1	5
6. Цена	0,1	4	4	3
Итого	1			

$$I_{p1} = 5 * 0,1 + 4 * 0,2 + 3 * 0,2 + 5 * 0,1 + 3 * 0,3 + 4 * 0,1 = 3,7$$

$$I_{p2} = 3 * 0,1 + 4 * 0,2 + 3 * 0,2 + 3 * 0,1 + 1 * 0,3 + 4 * 0,1 = 2,7$$

$$I_{p3} = 4 * 0,1 + 5 * 0,2 + 5 * 0,2 + 3 * 0,1 + 5 * 0,3 + 3 * 0,1 = 4,5$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{финр}^{исп1}}, I_{исп2} = \frac{I_{p2}}{I_{финр}^{исп2}} \text{ и т.д.} \quad (4.16)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (4.17)$$

Таблица 18. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,+	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,7	2,7	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	3,7	3	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,23 0,82	0,81 0,67	1,21 1,5

Проводя расчет энерго - и ресурсоэффективности и сравнив различные исполнения приходим к выводу, что исполнение №3 является эффективным вариантом решения технической задачи.

Заключение

В данной работе был оптимизирован прибор для анализа крови. Для этого был проведён литературный обзор по существующим методикам и приборам для анализа крови.

Частично была переработана установка (такие дополнения как источник питания и кюветы), оптимизирована программа в LabView. Она предназначена для работы с двухканальной системой фотометрического исследования капельных образцов биологических жидкостей, которая реализована в макете экспериментальной установки

Интерфейс прибора позволяет получать данные об эксперименте, такие как диаграммы и таблицы.

В результате экспериментов получили данные, иллюстрирующие работу схемы, выявили что в зависимости от угла приема можно судить о гематокрите.

В дальнейшем планируется дополнительная оптимизация работы прибора и реализация второго, статично расположенного фотоприемника для ускорения и, одновременно, повышения точности измерения.

Список использованных источников

1. Физиология системы крови. – Л.: Наука, Ленингр. отд., 1968. – 280 с. – (серия «Руководство по физиологии»).
2. Физиология человека / Под ред. Г.И. Косицкого. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Медицина, 1985. – 544 с.
3. Селезнев С.А., Клинические аспекты микрогемодиализации / С.А. Селезнев, Г.И. Назаренко, В.С. Зайцев. – Л.: Медицина, 1985. – 208 с.
4. Гольдберг Д.И. Справочник по гематологии с атласом микрофотограмм / Д.И. Малышев. – Томск: Изд-во ТГУ, 1989. – 468с.
5. Priezzhev A.V. Biomedical diagnostics and instrumentation / A.V. Priezzhev // InfoTech. Oulu Workshop. – Finland: Oulu, 2001.
6. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / Под ред. В.В. Меньшикова. – М.: Медицина, 1987. – 311 с.
7. Камышников В.С. О чем говорят медицинские анализы: Спр. пособие. / В.С. Камышников. – Минск, 1997. – 199 с.
8. J.Lister. *Phylos. Trans. Roy. Soc., London*, 148 (1859) 645—702
9. H.Schmid-Schonbein, K.A.Kline, L.Heinich et al. *Pflugers Arch.*, 354 (1975) 299—317
10. M.Donner, M.Saidat, J.F.Stoltz. *Biorheology*, 25 (1988) 367—375
11. А.Л.Чижевский. Биофизические механизмы реакции оседания эритроцитов, Новосибирск (1980) 18—21
12. В.Л.Воейков. *Успехи физиол. наук*, 29 (1998) 55—73
13. N.E.Thomas, W.T.Coakley. *Biophys. J.*, 69 (1995) 1387—1401
14. Particle electrophoresis as a tool to understand the aggregation behavior of red blood cells / K. Oguz Baskurt, Erkan Tugral, Bjoern Neu et al. // *Electrophoresis*, 2002. -Vol. 23. - P. 2103-2109.
15. Particle electrophoresis as a tool to understand the aggregation behavior of red blood cells / K. Oguz Baskurt, Erkan Tugral, Bjoern Neu et al. // *Electrophoresis*, 2002. -Vol. 23. - P. 2103-2109.

16. Reinhart W.H. Albumin effects erythrocyte aggregation and sedimentation / W.H. Reinhart, C. Nagy//Eur. J. Clin. Invest., 1995.-V. 7.-P. 523-528.
17. Fahraeus R. The suspension stability of blood // *Physiol. Rev.* – 1929. – Vol. 9. – P. 241–274.
18. Fincher R.M., Page M.I. Clinical significance of extreme elevation of erythrocyte sedimentation rate // *Arch. Intern Med.* – 1986. – Vol. 146. – P. 1581–1583.
19. Панченков Т.П. Определение оседания эритроцитов при помощи микрокапилляра // *Врач. дело.* – 1924. – № 16–17. – С. 695–697.
20. Fabry T.L. Mechanism of erythrocyte aggregation and sedimentation // *Blood.* – 1987. – Vol. 70. – № 5. – P. 1572–1576.
21. NCCLS «Reference and Selected Procedure or ESR Test; Approved standard – 4th Edition». – Vol. 20. – № 27. – P. 10.
22. Бурчинский Г.В. Реакция оседания эритроцитов / Г.В. Бурчинский. -Киев; Госмедиздат УССР, 1962. – 205 с.
23. Baskurt O.K. Cellular determinants of low shear viscosity / O.K. Baskurt, H.J. Meiselman // *Biorheology*, 1997. -Vol. 34. - P. 235-247.
24. Попова Е.В., Аристов А.А. Устройство для оценки параметров агрегации эритроцитов // XIV международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии» . – Томск, 2008. – т. 1. – с. 226–228