

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка и исследование характеристик генератора холодной плазмы для биомедицинских применений</b>

УДК 621.387.143:533.915:615.47

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Б	Букал Владислав Романович		

#### Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Алейник А.Н.	к. ф.-м. н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Латышева Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

Код результата	Результат обучения (компетенции)
<b>Общекультурные компетенции</b>	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
<b>Профессиональные компетенции</b>	

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (компетенции)</b>
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
Р9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
Р10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (компетенции)</b>
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Б	Букал Владислав Романович

Тема работы:

Разработка и исследование характеристик генератора холодной плазмы для биомедицинского применения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.03.2019. №1862/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.2019
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Разработка и исследование характеристик генератора холодной плазмы для биомедицинских применений
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1) Обзор и сравнение устройств и систем, предназначенных для генерации холодной плазмы. 2) Разработать лабораторный макет генератора холодной плазмы.

	3) Исследовать характеристики разработанного прибора, провести испытания. 4) Экономическая часть бакалаврской работы (расчет себестоимости НИОКР). 5) Социальная ответственность.
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Латышева Елена Владимировна
Социальная ответственность	Гоголева Татьяна Сергеевна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	13.03.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Алейник А.Н.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Б	Букал Владислав Романович		

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла  
 Период выполнения (весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения бакалаврской работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.19	Составление и утверждение технического задания	7
05.03.19	Подбор и изучение материалов по теме	10
16.03.19	Выбор направления исследования	5
8.04.19	Проведение эксперимента	45
07.05.19	Анализ и описание результатов	30
20.05.19	Подготовка к защите ВКР	7

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Алейник А.Н.	к.ф.-м.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А5Б	Букал Владислав Романович

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент – 30% Накладные расходы – 20% Тариф на электричество – 4 руб./кВт·ч
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Общая система налогообложения (в т.ч. 27.1% - отчисления во внебюджетные фонды по хоздоговорам), ставка дисконтирования 6%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	SWOT-анализ

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	4.02.2019
---	-----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Латышева Е.В.	к. ф. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А5Б	Букал Владислав Романович		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Б	Букал Владислав Романович

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, излучение);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).</li> </ul>
<i>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– требования охраны труда при работе на ПЭВМ;</li> <li>– требования охраны труда при работе с паяльной станцией;</li> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность;</li> </ul>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul>
<i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	08.04.19
---	----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к. ф.-м. н.		08.04.19

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Б	Букал Владислав Романович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 64 с., 15 рис., 14 табл., 14 источников, 0 прил..

Ключевые слова: плазма, лечение, коагуляция, биомедицина, бактерии.

Цель работы – разработка источника холодной плазмы и проведение исследования, включающее в себя применение холодной плазмы на биологических тканях и микроорганизмах в агаровой среде.

В процессе исследования проводились: литературный обзор по теме исследования; исследование эффективности холодной плазмы при обработке биологических тканей и населённых бактериями поверхностей.

Область применения: биомедицина, для остановки кровотечений и обеззараживания ран.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в уменьшении расходов на изготовление устройства, не уступая при этом в эффективности зарубежным аналогам

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Office Word 2016.

## Оглавление

Реферат .....	10
Введение.....	14
Цель работы .....	14
Задачи .....	14
1. Теоретическая часть.....	15
1.1 Физика холодной плазмы.....	15
1.2 Получение холодной плазмы.....	16
1.3 Барьерный разряд.....	19
1.4 Коагуляция крови .....	21
1.5 Обзор литературы .....	22
2. Практическая часть .....	24
2.1 Блок-схема .....	24
2.2 Блок управления .....	24
2.3 Электроды.....	25
2.4 Силовая часть .....	26
2.5 Макет устройства.....	26
2.6 Исследование характеристик устройства.....	27
2.7 Характеристики полученного разряда.....	28
2.8 Сравнение кровеостанавливающих свойств генератора холодной плазмы и шва Оппеля.....	28
2.9 Гистологическое исследование обработанных тканей.....	29
2.10 Исследование антибактериальных свойств генератора холодной плазмы .....	29

3.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	32
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	32
3.2	Технология QuaD .....	33
3.3	SWOT-анализ .....	34
3.4	Планирование научно-исследовательской работы .....	36
3.5	Определение трудоемкости выполнения НИОКР .....	37
3.6	Разработка графика проведения научного исследования.....	38
3.7	Календарный план-график в виде диаграммы Ганта .....	41
3.8	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	42
3.9	Расчет материальных затрат НТИ.....	43
3.10	Основная заработная плата исполнителей темы .....	44
3.11	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	46
3.12	Накладные расходы .....	46
3.13	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	47
3.14	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	47
3.15	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	48
4.	Социальная ответственность .....	51
4.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	51
4.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК и с паяльной станцией .....	53
4.2.1	Организационные мероприятия .....	53
4.2.2	Организация рабочего места оператора ПК .....	53

4.2.3 Условия безопасной работы .....	56
4.2.4 Правила безопасности при работе с паяльной станцией.....	58
4.3 Электробезопасность.....	59
4.4 Пожарная и взрывная безопасность.....	61
Заключение .....	63
Список использованных источников .....	64

## **Введение**

При проведении различного рода операций одной из проблем, с которой приходится сталкиваться, является остановка кровотечений. Применение холодной плазмы для ускорения процесса коагуляции крови является эффективным способом решения данной задачи, которое также решает проблемы дезинфекции раны.

При выполнении данной работы будут проводиться изготовление подобного устройства, а также исследование его воздействия на биологические ткани с целью изучения уже имеющихся и нахождения новых методик применения холодной плазмы в медицинских целях.

## **Цель работы**

Изготовление макета устройства для генерации холодной плазмы и исследование результатов, полученных при его практическом применении.

## **Задачи**

1. Обзор литературы о применении холодной плазмы для биомедицинского применения.
2. Разработка электронной схемы.
3. Разработка печатной платы и изготовление макета устройства.
4. Изготовление деталей и сборка макета корпуса устройства.
5. Проверка работоспособности устройства.
6. Изучение кровеостанавливающих свойств.
7. Изучение противобактериальных свойств.

## **1. Теоретическая часть**

### **1.1 Физика холодной плазмы**

Плазмой называется квазинейтральная среда, которая состоит из различных заряженных частиц, таких как электроны, ионы, а при частичной ионизации ещё и молекулы, и атомы, то есть нейтральные частицы. Количество положительных и отрицательных частиц в объеме плазмы приблизительно одинаковы. Если в плазме нарушается нейтральность, то в ней возникают электрические поля, которые восстанавливают её обратно. Свойства, которые характерны для плазмы, определяются в основном далекодействующими силами кулоновского взаимодействия, ибо сила взаимодействия с близко расположенными частицами вследствие малой плотности много меньше, чем с большим количеством далеко расположенных частиц.

Если судить по областям применения, холодную плазму можно подразделить на низко- и высокотемпературную. К низкотемпературной относится плазма, средняя энергия электронов которой ниже потенциала ионизации атома (меньше 10 эВ). Температура её находится обычно в пределах 100000К. Если температуры плазмы больше этого значения, то плазма уже называется высокотемпературной. Обычно низкотемпературная плазма находится в слабоионизированном состоянии, то есть концентрация нейтральных частиц много больше концентрации заряженных, таких как ионы и электроны. По физическим свойствам низкотемпературная плазма подразделяется на идеальную, неидеальную, равновесную, неравновесную, а также стационарную и нестационарную.

Если средняя кинетическая энергия заряженных частиц много больше средней энергии взаимодействия плазмы с окружающими частицами, то есть в плазме, как в газе, состоящем из заряженных частиц, могут существовать электрические поля и пространственные заряды, но никакая частица не может провзаимодействовать одна с другой. В неидеальной же происходит полная

ионизация и частицы взаимодействуют между собой только кулоновским взаимодействием.

Основные параметры, характеризующие плазму, это плотность частиц ( $m^{-3}$ ), температура (К или эВ,  $1 \text{ эВ} = 11605 \text{ К}$ ) и величина постоянного магнитного поля (Тл). Большинство остальных параметров могут быть получены из этих трех параметров.

## **1.2 Получение холодной плазмы**

Чтобы получить плазму необходимо каким-либо способом доставить энергию в газ, чтобы могло произойти перестроение электронных структур молекул и атомов, а также создание возбуждённых состояний и ионов. Этой энергией может быть электрическая, тепловая, электромагнитная энергии. Для большинства случаев применяется электрическая энергия. Тогда основная часть энергии передаётся электронам, которые взаимодействуют с нейтральными частицами путём упругих и неупругих взаимодействий. Упругое изменяет кинетическую энергию нейтральной частицы в сторону увеличения, а неупругое приводит к ионизации, а также возникновению возбуждённых состояний (при условии передачи достаточного количества энергии). Также очень важна частота возбуждающего поля, ведь она определяет, как будут двигаться заряженные частицы. Если мы имеем дело с низкими частотами, то заряженные частицы успевают за изменениями поля, а с ростом частоты ионы из-за их большой массы начинают реагировать уже на среднее значение электрического поля.

Одним из основополагающих методов получения плазмы был искровой разряд. При атмосферном давлении газы почти не содержат заряженных частиц, для того чтобы инициировать пробой, необходимо сперва ионизировать газ. Этой цели может послужить всего один электрон, который, ускоряясь в электрическом поле, может выбивать электроны из нейтральных молекул и атомов, а так как после выбивания имеется уже 2 электрона, процесс начинает активно распространяться по всему объёму газа. При этом стоит помнить, что наравне с процессом ионизации имеет место быть и процесс рекомбинации.



Поле заставляет заряженные частицы двигаться к катоду и аноду, при этом, если увеличить его мощность, доля рекомбинирующих частиц будет уменьшаться и доля заряженных частиц, достигающих катода и анода, будет стремиться к 100%. Если повышать напряжение и дальше, будет происходить ионизация молекул электронным ударом, из-за которого возникает электронная лавина. Также и ионы, попадая на катод, вызывают вторичную эмиссию электронов и ток растёт ещё больше.

При достижении анода лавиной электроны останутся в металле, а ионы, из-за их малой подвижности, образуют в промежутке пространственный положительный заряд, размеры которого максимальны на расстоянии от анода, близком к длине ионизации. Когда пространственный заряд обретет необходимую величину, лавина преобразуется в стример, то есть проводящий канал. Он появляется у анода и растёт в сторону катода. При более длинных зазорах между электродами лавина может превратиться в стример, не достигнув анода. Если стример образовался вблизи катода, то он чаще всего движется к аноду и называется анодонаправленным. Основной вклад в возникновение стримера вносят энергичные фотоны, возникающие в результате возбуждения атомов в лавине. Такие фотоны осуществляют фотоионизацию, то есть появление электронов вблизи лавины. Эти электроны вызывают появление новых лавин, которые втягиваются в область положительного заряда первичной лавины, возбуждая при этом атомы, что приводит к возникновению новых фотонов. Положительный заряд на конце канала при этом увеличивается и притягивает к себе новые лавины, осуществляя при этом рост стримера. Электроны в канале сдвигаются к аноду, оставляя сзади положительный заряд. Возникший при этом диполь своим полем ослабляет внешнее поле. Так как стример представляет собой проводящий канал, то потенциал его вершины близок к потенциалу анода. По мере продвижения стримера к катоду, расстояние, к которому приложено внешнее напряжение уменьшается, вызывая рост электрического поля в зазоре. В момент непосредственного сближения с

катодом поле возрастает настолько, что эмитированные из катода электроны размножаются с огромной скоростью и движутся в направлении анода, оставляя за собой сильно ионизованную плазму. Когда такой сильно ионизованный канал достигает анода, промежуток между анодом и катодом оказывается закороченным, что приводит к протеканию большого тока, то есть возникновению искрового канала:

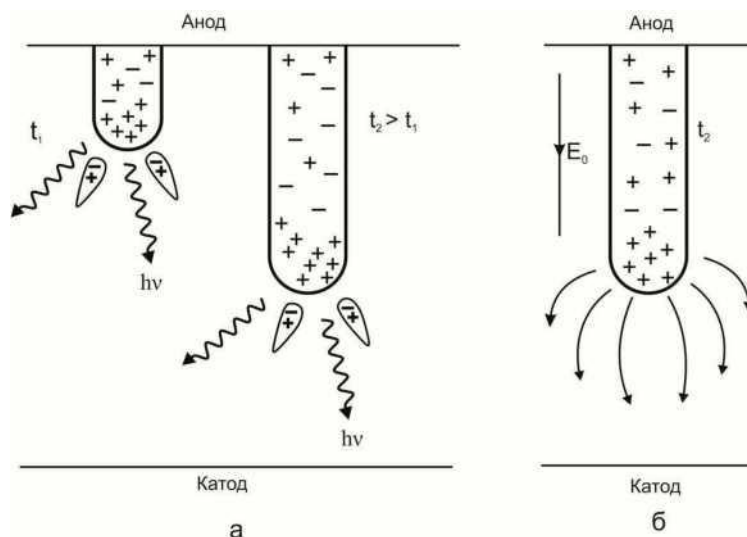


Рис. 1 Возникновение разряда между катодом и анодом.

Если увеличивать воздушный промежуток, то происходит остановка роста стримера, который не может достигнуть противоположного электрона из-за неподходящих условий. Тогда в действие приходит механизм, именуемый образованием лидера. Чтобы возникнул лидер, необходимо повысить температуру канала, чтобы произошло уменьшение прилипания электронов к молекулам и атомам, ибо они понижают проводимость канала. Одного стримера недостаточно для того, чтобы термически ионизировать воздух, а лидер объединяет токи от многих стримеров и позволяет достигнуть нужного нагрева газа. Разница между стримером и лидером таится в том, что в лидере, в отличие от стримера, прилипания электронов к молекулам и атомам подавлено, поэтому проводимость не страдает. Объединяя вышесказанное, механизм пробоя, следующий: лавины преобразуются в стримеры, которые затем захватываются лидером.

Чтобы исключить искровой разряд, вводится механизм барьерного разряда.

### 1.3 Барьерный разряд

В барьерном разряде в промежутке между электродами применяются 1 или 2 диэлектрических материала.

Развитие барьерного разряда происходит в следующих фазах:

1. Таундсена - количество заряженных частиц растёт экспоненциально по причине развивающихся лавин, которые не искажают воздействующее поле.
2. Стримерная – появление в промежутках в газе проводящих каналов.
3. Образование катодной поверхности – максимальная величина тока.
4. Гашения – электрический заряд накапливается на диэлектрических поверхностях, что приводит к уменьшению действия электрического поля в промежутке ниже критического, что предотвращает создание других ион-электронных пар в газе.

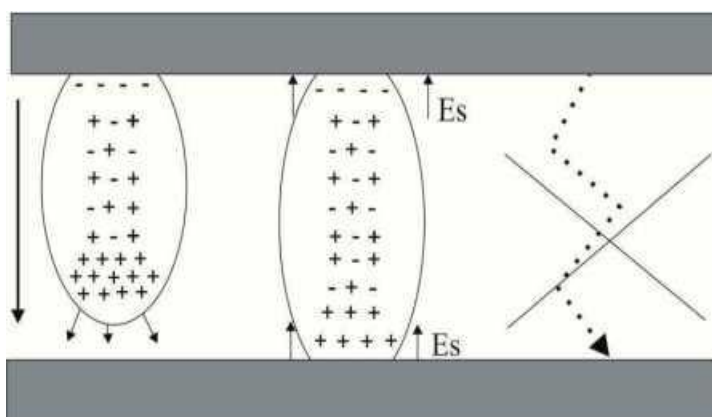


Рис. 2 Прохождение фазы гашения.

От других видов разряда барьерный наиболее сильно отличается тем, что он не может развиваться под воздействием постоянного электрического поля по причине того, что для возникновения тока смещения ёмкостная связь через диэлектрики должна находиться под воздействием переменного поля.

Барьерный разряд делится на два типа: нитевидный и тлеющий (однородный). По причине того, что в промежутке между электродами возникает множество микрозарядов, барьерный разряд чаще всего неоднородный. Самый

большой вклад в образование барьерного разряда вносят появление и распространение стримеров.

Электрон является причиной прямой ионизации, что в дальнейшем приводит к созданию электронной лавины. После того, как её размер достигнет определённого размера, появляется стример, движущийся в направлении лавины, а за стримером создаётся токопроводящий канал, который содержит плазму. Происходит ослабление электрического поля из-за заряда на диэлектрике, спадает ток.

Процессы, которые возникают из-за электронной лавины, длящиеся до прекращения тока электронов, называются микроразрядами.

В зазоре электродами сохраняется остаток микроразряда, который состоит из возбуждённых колебательных электронных состояний, а также электронного заряда (на диэлектрической поверхности анода) и ионного. Оставшиеся ионы медленно движутся к катоду и создают тем самым постепенно спадающий ионный ток. Когда сменяется полярность приложенного напряжения, остаток способствует созданию нового микроразряда. Группа подобных разрядов и образует нитевидный разряд. То, что до появления нового разряда его остатки не рассеиваются полностью, называют эффектом памяти. Он влияет на образование соседних стримеров и лавин, что в свою очередь влияет на появление соседних микроразрядов. Влияние происходит следующим образом:

Положительный заряд ионов усиливает электрическое поле в области катода и ослабляет в области анода. Так как стримеры возникают возле анода, то ослабление электрического поля предотвращает образование соседних микроразрядов. Подавление микроразрядов зависит от нескольких факторов. Прежде всего, это явление зависит от плотности микроразрядов. Если их количество небольшое, то расстояние между ними значительное, что ослабляет взаимодействие между микроразрядами. Если период изменения приложенного переменного напряжения больше, чем время жизни остатка микроразряда, то

взаимное влияние микрозарядов так же не наблюдается

Тлеющий разряд в отличие от нитевидного, обладает высокой однородностью. Его легко получить при низких давлениях, когда пробег электрона достаточно большой. Однако при атмосферном давлении его получение связано с определенными трудностями. Условия возникновения и существования тлеющего разряда при атмосферном давлении до сих пор полностью не изучены. Однако, интуитивно понятно, что приложенное электрическое поле должно быть ниже критерия Мика, чтобы не возникали стримеры. В некотором роде устойчивый разряд при атмосферном давлении получается в благородных газах - гелий, аргон. Однако для практических применений желательно получить тлеющий разряд в воздухе, так как использование гелия существенно повышает цену.

#### **1.4 Коагуляция крови**

В неравновесной плазме ионы и нейтральные частицы имеют очень малую энергию, поэтому температура её менее 45° С. Описываемый вид плазмы имеет несомненные преимущества, а именно она может действовать на определенный участок ткани, не влияя на соседние. Плазма образуется на расстоянии 1 – 2 мм от обрабатываемой поверхности. В этом случае в области взаимодействия присутствуют активные заряженные и незаряженные частицы, ультрафиолетовое излучение и короткоживущие элементы. Такой комплекс составляющих делает данный вид воздействия на ткани более гибким, позволяя снижать степень отрицательного воздействия на организм. Исследование влияния плазмы на коагуляцию крови проводится следующим образом. Стекло с каплей крови располагалось на заземленном электроде. Расстояние между образцом крови и барьером равно 2 мм. Первая капля была обработана плазмой в течение 15 секунд, вторая – служила контрольным образцом. Время коагуляции для первого образца равнялось 15 с, в то время как, для контрольного 300 с. Далее, кровь была разбавлена двумя видами

антикоагулянтов – цитрат и гепарин в стандартном контейнере в процентном отношении согласно требованиям гематологии. Механизм ускорения коагуляции крови к настоящему времени остается невыясненным.

Экспериментально было установлено, что:

1) процессы коагуляции никак не связаны с температурой, выделяемой в результате барьерного разряда (около 45 °С);

2) неравновесная плазма значительно изменяет концентрацию факторов свертывания крови;

3) плазма способствует активации тромбоцитов и образованию фибриновых нитей даже в крови с антикоагулянтами. Наиболее вероятно, что эти процессы связаны с наличием в плазме активных химических реагентов, таких как O<sub>3</sub>, NO, HO, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, атомарного кислорода и других.

### **1.5 Обзор литературы**

В качестве обзора литературы были рассмотрены две статьи по изучаемой теме.

Первая статья фокусирует своё внимание исключительно на практическом применении холодной плазмы в различных областях медицины. Она затрагивает такие вопросы, как способы генерации плазмы, а также их влияние на организм человека. Также затрагиваются перспективы дальнейшего развития уже имеющихся технологий. Затрагиваются работа устройств, которые проходили клинические испытания и полученные результаты. Обозревалось применение плазмы на различного рода тканях, в том числе онкологических. Рассматривалось применение на различного рода кожных заболеваниях, а также применение в промышленности. Как итог говорится о том, что плазма только начала своё развитие и, несмотря на наличие перспектив, дальнейшие перспективы ещё не определены.

Во второй статье происходит обзор становления научной базы исследования и применения холодной плазмы в медицине, а именно – развитие института им. Лейбница. В ней говорилось о налаживании связей с другими

исследовательскими центрами, проведении новых испытаний, а также о развитии института посредством создания новых подразделений. Было написано о развитии дермато-онкологии и говорилось о том, насколько холодная плазма эффективна в данной области, а также о некоторых других областях применения. Статья подводит итог словами о том, что данная область медицины в будущем получит крупное развитие и имеет огромные перспективы.

Обе статьи затрагивают тему применения холодной плазмы в медицине, однако, в первой статье, кроме этого, затрагивается её применение в промышленности. Также в первой статье более обширно затрагивается техническая часть, а также методы использования САР устройств. Во второй же статье более обширно обзревается исследовательская часть и налаживание коммуникаций с целью создания базы для изучения и развития данной области науки. Обе статьи приходят к практически одному выводу и говорят о том, что данная область является перспективной для изучения.

## 2. Практическая часть

### 2.1 Блок-схема

Перед началом изготовления генератора холодной плазмы была составлена блок-схема, на основе которой производится дальнейшая разработка устройства:

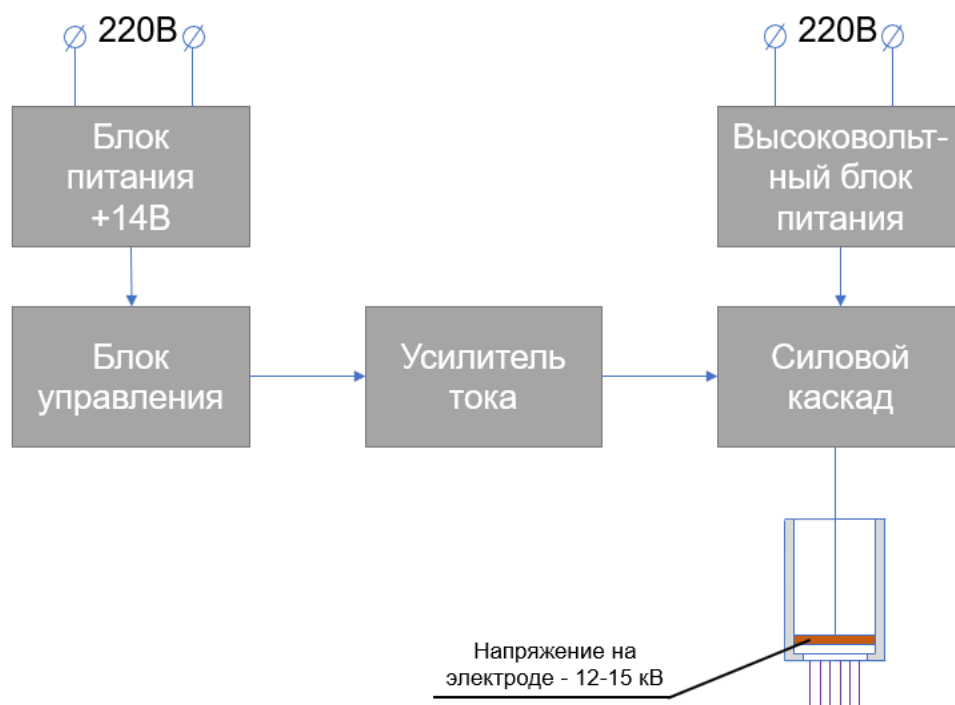


Рис. 3 Блок-схема изготавливаемого устройства.

### 2.2 Блок управления

Для регулирования работы устройства был изготовлен блок управления на основе макетной платы:



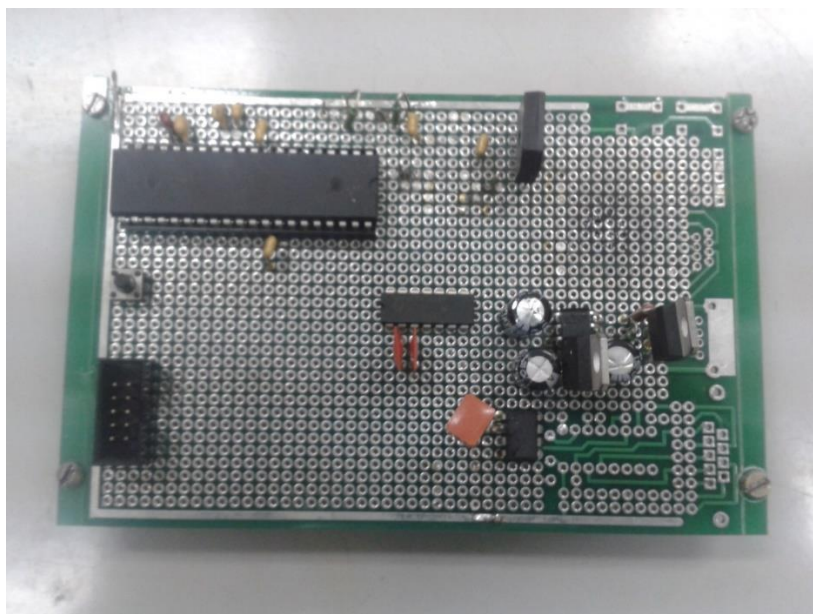


Рис. 4 Плата управления.

### 2.3 Электроды

Для обработки биологических поверхностей были изготовлены электроды двух типов: 5 и 50 мм. Такая конфигурация позволяет обрабатывать как довольно большие поверхности (при помощи 50 мм электрода), так и труднодоступные места (электрод 5 мм).



Рис. 5 Внешний вид электрода шириной 5 мм.



Рис. 6 Внешний вид электрода шириной 50 мм.

Данные электроды являются съёмными, а потому могут сменять друг друга при возникновении такой надобности.

#### **2.4 Силовая часть**

Силовая часть представляет из себя конденсаторы, которые заряжаются до 1 кВ, а затем разряжаются через транзисторы. Компоненты силового блока были также установлены на отдельной плате.

#### **2.5 Макет устройства**

Собранные платы, блок питания на 14 В и повышающий трансформатор (для создания высокого напряжения на электроде) были помещены в корпус.



Рис. 7 Генератор холодной плазмы в собранном виде.

## 2.6 Исследование характеристик устройства

После установки компонентов в корпус мы провели электрические измерения параметров для данного устройства с помощью осциллографа и получили следующий результат:

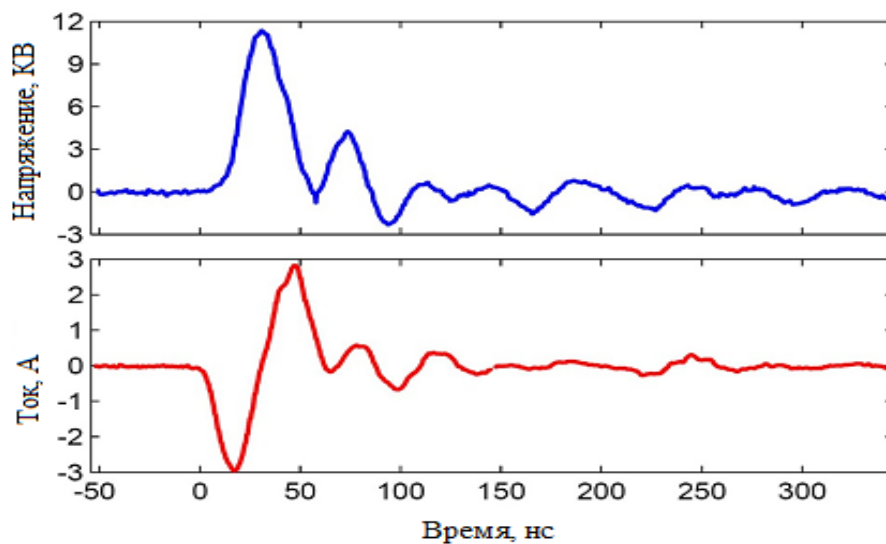


Рис. 8 Осциллограммы тока и напряжения в разряде.

Длительность импульса равна 25 нс, амплитуда напряжения – 12 кВ, амплитуда тока – 3 А.

## 2.7 Характеристики полученного разряда

После сборки устройства в едином корпусе и проверки его характеристик устройство может быть использовано для обработки различного рода поверхностей. Как упоминалось ранее, были изготовлены электроды нескольких размеров: 5 и 50 мм в диаметре. В обоих случаях в качестве диэлектрика используется стекло 1 мм толщиной. Расстояние между электродом и образцом должно сохраняться в пределах 2-3 мм. Проведённые измерения для самого разрядка показали следующие характеристики: мощность разряда 2 Вт/см<sup>2</sup>, температура плазмы - в районе 40 градусов Цельсия (измерено термопарой).



Рис. 9 Внешний вид разряда.

## 2.8 Сравнение кровеостанавливающих свойств генератора холодной плазмы и шва Оппеля

Внешний вид печени крысы после остановки кровотечения двумя методами показан на рисунке ниже. В среднем для остановки кровотечения при помощи плазмы требовалось 30-45 секунд, в то время как при применении шва Оппеля для этого требовалось около 5 минут. Также следует заметить, что при использовании плазмы летальных исходов не было, в то время как при применении шва Оппеля одна мышь скончалась от кровотечения.

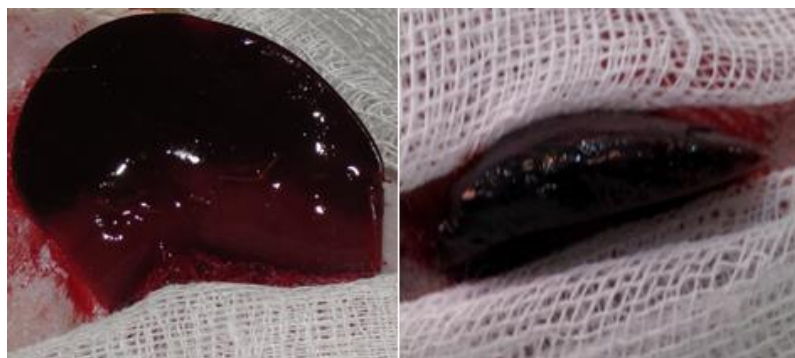


Рис. 10 Внешний вид печени крысы после остановки кровотечения при помощи шва Оппеля и холодной плазмы.

## 2.9 Гистологическое исследование обработанных тканей

Также при проведении исследований были взяты гистологические образцы печени крысы. Как видно из рисунка ниже, при обработке холодной плазмой печени через 6 месяцев она практически идентична контрольному образцу, что говорит о щадящем действии холодной ткани на биологические ткани.

В то же время при применении шва Оппеля в печени при восстановлении произошло нарушение её первоначальной структуры, что в итоге привело к появлению образований.

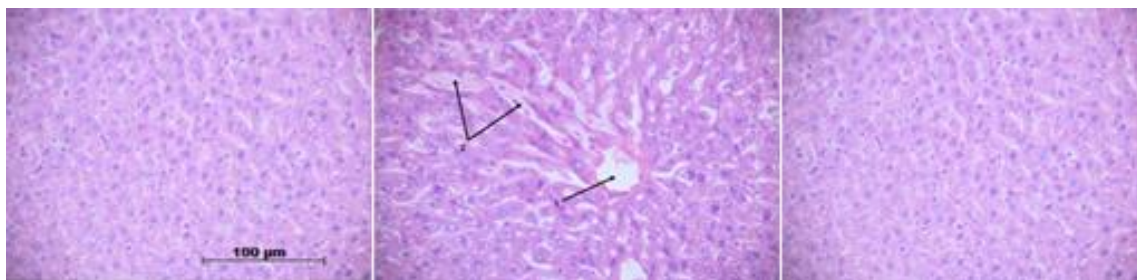


Рис. 11 Гистологический разрез печени крысы: контрольный образец (А), кровеостанавливающий шов Оппеля (Б, 1 – расширение центральной вены, 2 – капилляры), В – после обработки холодной плазмой через 6 месяцев.

## 2.10 Исследование антибактериальных свойств генератора холодной плазмы

При исследовании антибактериальных свойств холодной плазмы были использованы микроорганизмы *klebsiella pneumoniae*, *proteus vulgaris*, *escherichia*



coli, staphylococcus aureus и pseudomonas aeruginosa. Поверхность агара с данными микроорганизмами обрабатывалась на трёх участках для каждого образца в течение трёх разных промежутков времени.

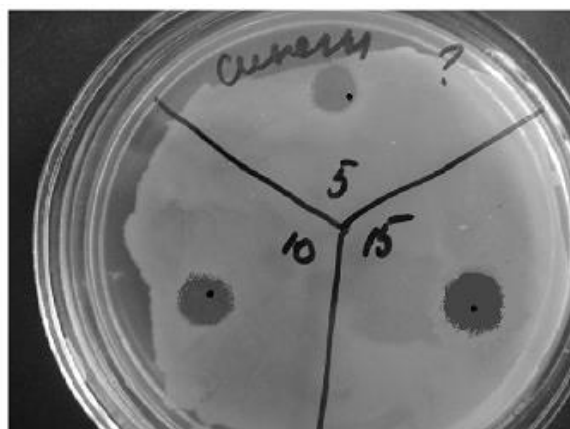


Рис. 12 Поверхность агара с колониями микроорганизмов pseudomonas aeruginosa (синегнойная палочка) через 24 часа после обработки поверхности в течение 5, 10 и 15 секунд соответственно.

При обработке поверхностей агара с данными видами бактерий диаметр инактивированной поверхности изменялся следующим образом:

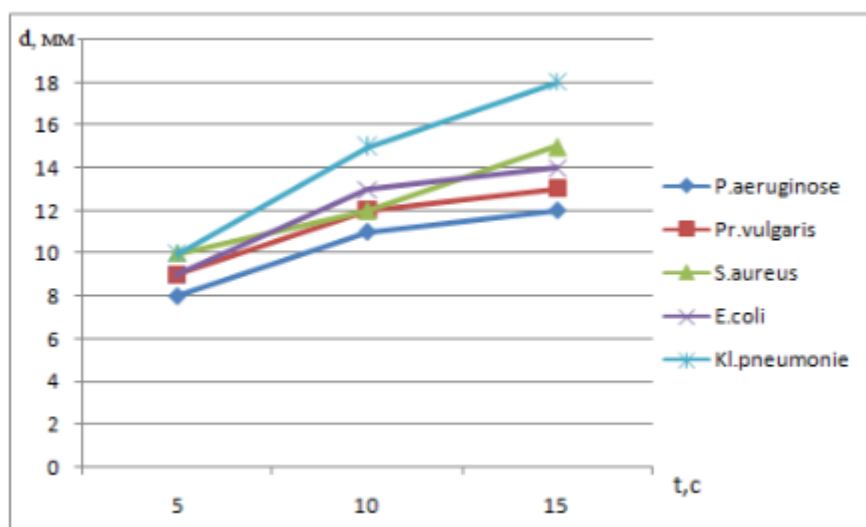


Рис. 13 Изменение диаметра инактивированной поверхности с увеличением времени обработки.

Экспериментально было получено, что по прошествии 5 секунд оболочки бактерий получали достаточные повреждения и начинали интенсивно погибать, что показано графиком вымирания ниже.

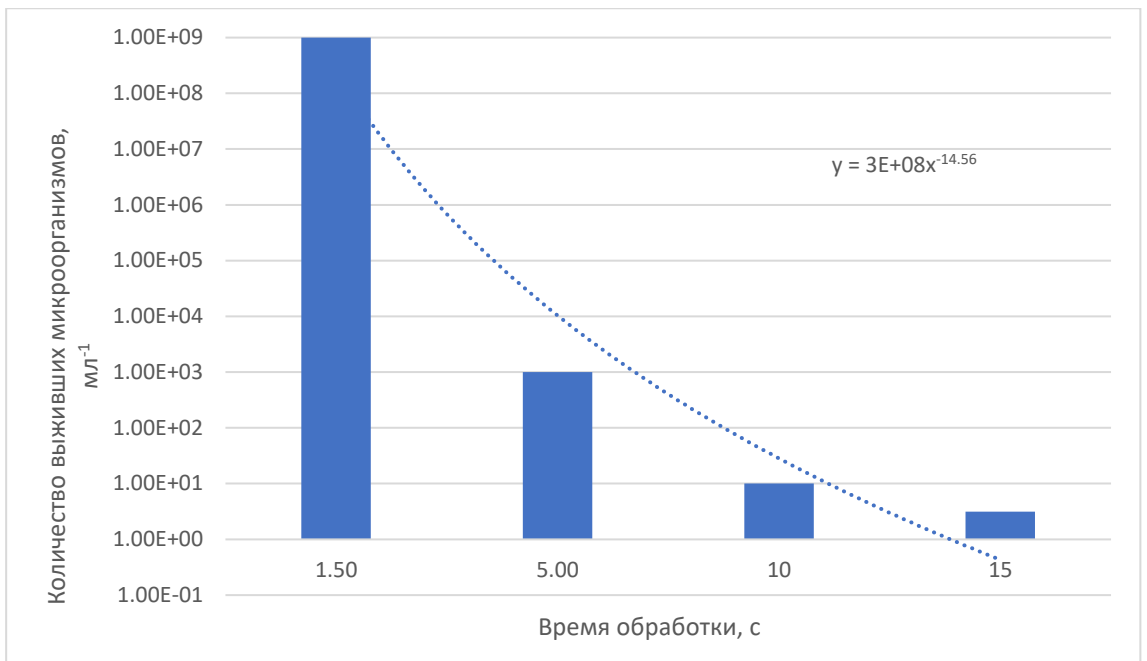


Рис. 14 Число выживших микроорганизмов в зависимости от времени обработки.

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

На сегодняшний день перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется как превышением технических параметров над предыдущими разработками, так и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на вопросы— будет ли продукт востребован рынком; какова будет его цена; каков бюджет научного проекта; какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

#### **3.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Целевым рынком являются медицинские учреждения, а также различные исследовательские центры.



### 3.2 Технология QuaD

Для описания качества новой разработки и ее перспективности на рынке, принятия решения целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект используется технология QuaD.

Для упрощения процедуры проведения QuaD используется оценочная карта, составляемая в табличной форме (табл. 1).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, в сумме должны составлять единицу или 100 баллов.

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Бф	Бк1	Максимальный балл	Конкурентоспособность	
					6	7
1	2	3	4	5	6	7
<b>Показатели оценки качества разработки</b>						
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	5	4	5	1	0.8
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5	0.6	0.6
3. Стоимость	0,15	5	3	5	0.75	0.45
4. Надежность	0,25	4	4	5	1	1
5. Безопасность	0,25	5	3	5	1.25	0.75
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>500</b>	<b>4.6</b>	<b>3.6</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

### **3.3 SWOT-анализ**

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

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

В таблице 2 представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сторон, возможностей и угроз.

Таблица 2 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1: не повреждает ткани</p> <p>С2: образец дешевле своих аналогов</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1: Непроверенность данного метода</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1: Расширение областей использования прибора, внедрения в медицинские учреждения</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей "Сильные стороны и возможности":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Возможность создавать недорогие приборы, которые не повреждают биологические ткани.</li> <li>- Позволит усовершенствовать метод коагуляции биологической ткани.</li> </ul>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей "Слабые стороны и возможности":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Вероятность отсутствия спроса на данный вид продукции.</li> </ul>
<p>Угрозы:</p> <p>У1: Отсутствие финансирования со стороны государства и частных компаний</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей "Сильные стороны и возможности":</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей "Слабые стороны и угрозы":</p>

У2: Провал клинических испытаний	- Публикация полученных данных в научном сообществе.	- Получение грантов на исследования.
-------------------------------------	--	---

### 3.4 Планирование научно-исследовательской работы

Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98, (для НИР) ГОСТ Р 15.201-2000 (для ОКР). В зависимости от характера и сложности НИОКР ГОСТ допускает разделение этапов на отдельные виды 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 от 3 до 15 человек. В рамках данной работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли:

- руководитель;
- студент.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель

Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Изучение прибора	Студент
	7	Улучшение прибора	Студент
	8	Проведение экспериментов и получение данных по ним	Студент
	9	Анализ и обработка полученных данных	Студент
	10	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки	Студент
	12	Подготовка к защите темы	Студент

### 3.5 Определение трудоемкости выполнения НИОКР

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

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

где  $t_{ож\ i}$  – 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.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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.

### 3.6 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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

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

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

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (6)$$

$$t_{\text{min1}} = 1,$$

$$t_{\text{max1}} = 2,$$

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \cdot 0,5 + 2 \cdot 1,5}{5} = 0,9, \quad (7)$$

$$T_{pi} = \frac{0,9}{1}.$$

$$T_{ki} = 0,9 \cdot \frac{365}{365 - (52 + 14)} = 1,09 \approx 1 \quad (8)$$

Таблица 4 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнитель	t min	t max	t ож	Чи	T раб.дн.	T кал.дн.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	0,5	1,5	0,9	1	0,9	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	1	2	1,4	1	1,4	2

№ работ	Вид работ	Исполнитель	t min	t max	t ож	Чi	T раб,дн.	T кал,дн.
3	Выбор направления исследования	Руководитель	3,5	4,5	3.9	1	33.9	5
4	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель	0,5	1,5	0.9	1	0.9	1
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3	3.5	3.2	1	11.6	2
6	Изучение прибора	Студент	3	3.5	3.2	1	11.6	2
7	Улучшение прибора	Студент	2.5	3	2.7	1	11.35	2
8	Проведение экспериментов и получение данных по ним	Студент	1.5	2	1.7	1	0.85	1
9	Анализ и обработка полученных данных	Студент	2	2.5	2.2	1	11.1	1














№ работ	Вид работ	Исполнитель	t min	t max	t ож	Чi	T раб,дн.	T кал,дн.
10	Оценка эффективности и полученных результатов	Студент	4	5.5	4.6	1	44.6	6
11	Составление пояснительной записки	Студент	2.5	3.5	22.9	1	11.45	2
12	Подготовка к защите темы	Студент	44.5	66.5	55.3	1	55.3	7
Итого:			28,5	39,5	32,9	12	29,95	32

### 3.7 Календарный план-график в виде диаграммы Ганта



На основании полученных данных был построен план-график в виде диаграммы Ганта. График построен с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график выполнения данной дипломной работы в виде диаграммы Ганта представлен ниже в таблице 5.

Таблица 5 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнитель	T кал,дн.	Апрель		Май			Июнь
				2	3	1	2	3	1
1	Составление и утверждение технического задания	Р	1						

2	Подбор и изучение материалов по теме	С	2						
3	Выбор направления исследования	Р	5						
4	Разработка общей методики проведения исследований	Р	1						
5	Календарное планирование работ по теме	Р	2						
6	Изучение прибора	С	2						
7	Улучшение прибора	С	2						
8	Проведение экспериментов и получение данных по ним	С	1						
9	Анализ и обработка полученных данных	С	1						
10	Оценка эффективности полученных результатов	С	6						
11	Составление пояснительной записки	С	2						
12	Подготовка к защите темы	С	7						

Условные обозначения

Руководитель   
Студент 

### 3.8 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);

### 3.9 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i} , \quad (9)$$

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

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Данный пункт рассчитывает затраты на приобретения оборудования, используемого в проведении работы. Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования.

Расчет амортизационных отчислений ведется по формуле:

$$A = \frac{20 \cdot 35000 \cdot 20}{365 \cdot 100\%} = 383.56 \text{ руб}, \quad (10)$$

где  $A$  — амортизационные отчисления, руб.;

$C$  — стоимость оборудования, руб.;

$N_A$  — годовая норма амортизации, % (с 2012 года компьютеры — вторая группа амортизации. Норма амортизации 20%);

$T_0$  — время использования оборудования.

Расчет отчислений по единицам оборудования приведен в таблице 6

Таблица 6 — Амортизация оборудования за время использования

Наименование оборудования	Количество	С, руб	$N_A$ , %	$T_0$ , дни	А, руб
Персональный компьютер	1	35000	20	20	383,56
<b>Итого, руб.</b>	<b>383,56</b>				

Таблица 7 — Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_m$ ), руб.
1. Бумага	шт.	200	0,5	100
2. Учебная литература	шт.	1	350	350
<b>Итого</b>				<b>450</b>

### 3.10 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (11)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p, \quad (12)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – 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:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_d}, \quad (13)$$

где  $Z_m$  – 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;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	52	52
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	48
-невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{ТС}} \cdot k_p, \quad (14)$$

где  $Z_{\text{ТС}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб. (для доцента  $Z_{\text{ТС}}$

составляет 23000 руб.);

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 9.

Таблица 9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Зтс, руб.	$k_p$	З <sub>м</sub> , руб	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Руководитель	-	23000	1,3	30000	1243	9	11187
Инженер	-	9893	1,3	12860,90	532,88	23	12256
Итого З <sub>осн</sub>							23443

### 3.11 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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, водится пониженная ставка – 27,1.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (15)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таким образом, выплаты в страховые фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot 11187 = 3032 \text{ руб.}, \quad (16)$$

### 3.12 Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб. Затраты на электроэнергию на компьютер рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 5,8 \cdot 0,1 \cdot 24 = 13,92 \text{ руб.}, \quad (17)$$

где  $C_{эл}$  — тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб. за 1 кВт·ч);  
 $P$  — мощность оборудования, кВт (мощность ноутбука 0,1 кВт);  $F_{об}$  — время использования оборудования, ч.

### 3.13 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Стоимость оборудования:

Плазматор – 3000 рублей.

### 3.14 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.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	833,56
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	23443
3. Отчисления во внебюджетные фонды	3032
4. Затраты на научные и производственные командировки	-
5. Контрагентные расходы	-
6. Накладные расходы	13,92
7. Затраты на специальное оборудование для научных работ	3000

### 3.15 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 финансовый показатель* разработки определяется как:

$$I_{\text{финри}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

где  $I_{\text{финри}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – 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:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i * b_i, \quad (19)$$

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.



Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 11).

Таблица 11 – Оценка характеристик исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исполнитель 1 (НИ ТПУ)	Исполнитель 2 (АртроКэр)
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4
3. Стоимость	0,15	5	3
4. Надежность	0,25	4	4
5. Безопасность	0,25	5	3
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>20</b>

$$I_{p-исп.1} = 5 \times 0,2 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,15 + 4 \times 0,25 + 5 \times 0,25 = 4,6; \quad (20)$$

$$I_{p-исп.2} = 4 \times 0,2 + 4 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,25 + 3 \times 0,25 = 3,6; \quad (21)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле, где  $I_{финр}^{исп2} = 0,80$  взят у разработчика проекта-аналога:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,6}{1} = 4,6, \quad (22)$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{3,6}{1} = 3,6. \quad (23)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта

(см.табл.12) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\Theta_{cp}$ ):

Таблица 12 — Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исполнитель 1 (НИ ТПУ)	Исполнитель 2 (АртроКэр)
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4	4,6
3	Интегральный показатель эффективности	4	3,6

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Но т.к. задача имеет довольно строгие условия, решение имеет лишь один вариант.

На основе проведённого исследования мы можем сказать, что главная цель создания генератора холодной была достигнута. Устройство обладает качеством, стоящими наравне с зарубежными аналогами, и при этом, в сравнении с ними, имеет меньшую себестоимость, что в будущем может позволить увеличить объёмы создания подобных устройств для применения в медицине на территории Российской Федерации.

#### **4. Социальная ответственность**

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда (Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ) [1].

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководителями, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно [1], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

##### **4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

Опасные и вредные факторы, сформированные производственным процессом, приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка результатов измерений на ПК и работа на паяльной станции	Электромагнитное излучение, шум, вибрация	–	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	–	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	–	Пожароопасность	ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации

При проведении исследования и обработке результатов измерений на ПК на студента воздействуют следующие факторы:

- физические:
  - температура и влажность воздуха;

- шум;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой частоты;
- освещённость;
- наличие излучения;
- психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

## **4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК и с паяльной станцией**

### **4.2.1 Организационные мероприятия**

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

### **4.2.2 Организация рабочего места оператора ПК**

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации.

То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как на рисунке 15.

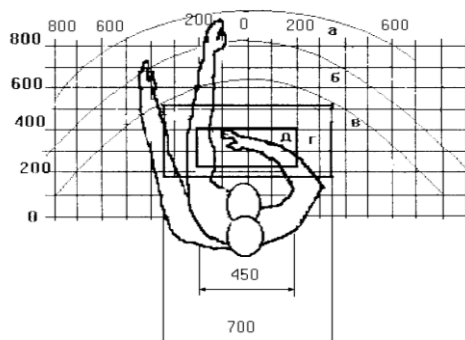


Рис. 15 Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: *дисплей* размещается в зоне а (в центре); *клавиатура* – в зоне г/д; *системный блок* размещается в зоне б (слева); *принтер* находится в зоне а (справа); *документация*: в зоне легкой досягаемости ладони - в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

1) Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

2) Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

3) Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

4) Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

5) При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

### 4.2.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [1] и приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная	Скорость движения
Холодный/переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м<sup>3</sup> на человека – не менее 30 м<sup>3</sup> в час на человека; при объёме помещения более 40 м<sup>3</sup> на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух



поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основным недостатком такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран (ЖК-монитора) и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [43] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- 1) увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- 2) применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

#### **4.2.4 Правила безопасности при работе с паяльной станцией**

При производстве паяльных работ с использованием припоя, содержащего свинец, необходимо руководствоваться следующими правилами:

1) Пайку малогабаритных изделий в виде штепсельных разъемов, наконечников, клемм и других аналогичных изделий необходимо производить, закрепляя их в специальных приспособлениях, указанных в технологической документации (зажимы, струбцины и другие приспособления).

2) Производить пайку в помещениях повышенной опасности следует паяльником с напряжением не выше 50 В. Подключать паяльник к питающей электрической сети следует через безопасный разделительный трансформатор. Пайку паяльником в замкнутых объемах, особо опасных помещениях и наружных установках следует производить паяльником с напряжением не выше 12 В.

3) Паяльник, находящийся в рабочем состоянии, необходимо устанавливать в зоне действия местной вытяжной вентиляции на огнезащитные подставки, исключающие его падение.

4) Для обеспечения безопасности и удобства при проведении паяльных работ и перемещении изделий следует применять специальные инструменты (пинцеты, клещи или другие инструменты). Сборку, фиксацию, поджатие соединяемых элементов, нанесение припоя, флюса и других материалов на сборочные детали следует проводить с использованием специальных приспособлений или инструментов, указанных в технологической документации.

5) Рабочие поверхности столов, где выполняются работы с паяльником, должны покрываться гладким, легко очищаемым материалом.

6) Использованные при пайке паяльником салфетки и ветошь должны собираться в специальную емкость с плотно закрывающейся крышкой, удаляться из помещения по мере их накопления в специально отведенное место.

### 4.3 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т. д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся произвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Причинами смерти от воздействия электрического тока могут быть остановка сердца или его фибрилляция. Фибрилляция (от лат. fibra - волокно) – хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы, не способное поддерживать его эффективную работу и самостоятельно (без энергичных лечебных мер) не проходящее, прекращение дыхания и электрический шок – своеобразная нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся расстройством кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.д. Шоковое состояние может продолжаться от нескольких десятков минут до суток. При длительном шоковом состоянии может наступить смерть.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы.
- вывешивание плакатов, указывающих место работы
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод.
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заклучение в корпуса электро-поражающих элементов, заклчение в корпус токоведущих частей).

#### **4.4 Пожарная и взрывная безопасность**

Согласно [2] в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т. п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения

возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий несгораемых или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС (112).
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

## **Заключение**

Проделана работа:

- 1) Изготовлена печатная плата устройства.
- 2) Изготовлен медный электрод и подобраны другие компоненты устройства.
- 3) Все части устройства собраны в едином корпусе.
- 4) Работоспособность устройства проверена на осциллографе.
- 5) Проведена проверка кровеостанавливающих свойств.
- 6) Проведена проверка антибактериальных свойств.

## **Выводы**

Разработанное устройство обеспечивает стабильное значение напряжения на электроде. Рабочая температура плазмы соответствует требуемым 40°C.

Генерация плазмы происходит без выхода устройства из строя

Генератор холодной плазмы позволяет проводить обработку кровоточащих ран с высокой эффективностью (остановка кровотечения происходит за 35-40 секунд).

Также устройство показало себя чрезвычайно эффективным средством борьбы с бактериями при проведении операций, так как за промежуток времени в 15 секунд происходит практически полное уничтожение бактерий на обрабатываемой поверхности.

## **Список использованных источников**

1. Плазменная медицина / Оксана Дедеко, Александр Алейник, Евгений Семичев - Omniscriptum GmbH & Company Kg, - 2013. - 5-14с.
2. Liver Hemostasis by Using Cold Plasma / Alexander Aleinik, Alexander Baikov, Georgiy Dambaev, Evgeniy Semichev, Pavel Bushlanov – Surgical Innovation, - 2017. – 254-257 с.
3. High Speed PWM Controller, Texas Instruments Incorporated, - 2011. – 2 с.
4. Плазменная медицина / Н.А. Жумантаева, Н.Д. Тургунова, О.И. Денко, Е.В. Семичев // Перспективные направления развития атомной отрасли: сборник тезисов Конференции школы молодых атомщиков Сибири, 4–6 октября 2011 г. – Томск, 2011. – с. 189–191.
5. URL: <http://e-kazan.ru/news/show/9177>
6. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212816612000030>
7. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212816616300051>
8. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212816617300082>
9. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212816617301002>
10. URL: <http://studentarbeten.chalmers.se/publication/239057-cold-plasma-in-medicine-combating-bacterial-biofilms>
11. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4598991/>
12. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/iel5/27/5062427/04815460.pdf>
13. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27046340>
14. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6463884/>