

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

Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
 Отделение материаловедения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Формирование профилированных импульсов напряжения для время пролетного спектрометра

УДК 621.374.015.33:539.1.074.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ91	Шарипов Орзу Махмадсаидович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Жгун Д.В	К.т.н		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель группы	Петров А.В			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Высоковольтная электротехника и силовоточная электроника	Пушкарев Александр Иванович	д.ф.-м.н., профессор		

## Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий
ПК(У)-2	Способен работать в научном коллективе в качестве члена команды, а также руководить командой в соответствующей области знаний
ПК(У)-3	Способен самостоятельно проводить исследования
ПК(У)-4	Способен решать научные и инженерные задачи наукоемкого производства
ПК(У)-5	Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности
ПК(У)-6	Способен обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу научно-исследовательского и технологического оборудования

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

---

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ А.И.Пушкарев

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

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4ТМ91	Шарипов Орзу Махмадсаидович

Тема работы

Формирование профилированных импульсов напряжения для время пролетного спектрометра	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	№42-31/с от 11.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2021
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Литературные данные, результаты прохождения практик
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Обзор литературы</li><li>2. Устройство времяпролетного спектрометра (ВПР)</li><li>3. Расчет параметров схемы формирователя</li><li>4. Разработка схем формирователя</li><li>5. Заключение</li><li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li><li>7. Социальная ответственность</li></ol>
<b>Перечень графического материала</b>	Презентация в Microsoft Power Point

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Магеррам Али оглы Гасанов, д.э.н., профессор ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Андрей Александрович Сечин, к.т.н., доцент ОТД ШБИП
Разделы, выполненные на иностранном языке	Устюжанина Анна Константиновна, к.ф.н, доцент ОИЯ ШБИП
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
1. Обзор литературы	
2. Разработка схем формирователя	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01 февраля 2021 года
---	----------------------

**Задание выдал**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент отделения материаловедения	Жгун Дмитрий Владимирович	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4ТМ91	Шарипов Орзу Махмадсаидович		

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

Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Уровень образования: магистр  
 Отделение материаловедения  
 Период выполнения: весенний семестр 2020-2021 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация
--------------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01/04/21	Литературный обзор	20
28/04/21	Расчет параметров схемы формирователя	30
12/05/21	Разработка схем формирователя	30
13/04/21	Финансовый менеджмент	5
17/04/21	Социальная ответственность	5
27/04/21	Разделы, выполненные на иностранном языке	10
Итого		100 баллов

Составил преподаватель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Жгун Дмитрий Владимирович	к.т.н		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Пушкарев Александр Иванович	д.ф.-м.н., профессор		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 111 страниц и содержит 38 рисунков, 21 таблиц, 1 прил; использованных источников – 29.

Ключевые слова: ОДИНОЧНАЯ ФОРМИРУЮЩАЯ ЛИНИЯ, ДВОЙНАЯ ФОРМИРУЮЩАЯ ЛИНИЯ, ПОЛУПРОДНИКОВЫЕ КОММУТАТОРЫ, ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ, РЕКУПЕРАЦИЯ ЕМКОСТИ.

Цель работы: разработать формирователь позволяющей формировать профилированные импульсы.

Данная работа выполнялась в Научно-производственной лаборатории "Импульсно-пучковых, электроразрядных и плазменных технологий" ИШНПТ ТПУ. В процессе разработки проводился расчет параметров схемы для получения профилированных импульсов.

Разработан формирователь на основе частичного разряда емкости на полупроводниковых коммутаторах. Разработанный формирователь позволяет в широких пределах изменять параметры импульса, длительность импульса, емкости,  $U_1$   $U_2$ , в пределах рассчитанных значений

Область применения: модификации при воздействии импульса на вещество, формирование сверхкоротких импульсов, формирование импульсов ионного тока с высокой плотностью мощности.

## Лист сокращений и нормативных документов

Сокращения, использованные в данной работе:

ВПП – Времяпролетный спектрометр;

ИП – Источник питания;

СВЧ – Сверхвысокие частоты;

MOSFET – Металло-оксид проводник транзистор;

ИРН – Импульсный регулятор напряжения;

СТК – Статический тиристорный компенсатор;

ОФЛ – Одиночная формирующая линия;

ДФЛ – Двойная формирующая линия;

ПЛ – Передающая линия;

ДН – Делитель напряжения;

ЧС – Чрезвычайная ситуация

ППБ – Правила пожарной безопасности;

ПДК – Предельно-допустимые концентрации;

ПДУ – Предельный допустимый уровень;

СКЗ – Средства коллективной защиты;

СИЗ – Средства индивидуальной защиты;

ОКР – Опытно-конструкторская разработка;

НТИ – Научно-техническое исследование;

В настоящей работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

1. Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. №181-ФЗ (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.).
2. СанПин 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
3. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.
4. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

5. Пожаро и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность.
6. ГОСТ 12.4.009-83, Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
7. Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78)
8. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ Опасные и вредные факторы. Классификация. – М.: ИПК: Изд-во стандартов, 1997 г.



## Оглавление

Введение.....	11
1. Литературный обзор.....	13
1.1 Устройство времяпролетного масс-спектрометра .....	13
1.2 Формирователи на основе полного или частичного разряда накопительной емкости.....	16
1.2.1 Полный разряд емкости в LCR-контуре. Основные соотношения... ..	16
1.2.2 Аперидический разряд конденсатора на катушку и резистор.....	17
1.3 Формирователи с частичным разрядом емкости.....	19
1.4 Формирователи импульсов с полупроводниковыми коммутаторами. ...	23
1.5 Основы схемотехники.....	28
1.6 Формирование импульсов в наносекундном диапазоне. Суммирование профилирование импульсов на L-сумматоре.....	31
1.7 Кабельные линии.....	33
1.7.1 Одинарная формирующая линия.....	33
1.7.2 Двойная формирующая линия.....	34
1.8 Вывод по литературному обзору .....	35
1.9 Постановка задач для исследования.....	36
2. Разработка формирователя импульсов с линейно растущей формой импульсов напряжения для времяпролетного спектрометра.....	37
2.1 Разработка формирователя с линейно растущей формой импульсов напряжения.....	37
2.2 Расчет импеданса анализирующего диода.....	41
2.3 Вывод по разработке схем формирователя.....	42
3. Расчет параметров схемы формирователя профилированных импульсов напряжения. ....	43
3.1 Описание схемы формирователя.....	43
3.2 Заданные пааметры схемы формирователя.....	44
3.3 Расчет параметра $K$ , % .....	45
3.4 Расчет длительности времени нарастания импульса.....	46
3.5 Расчет формы вершины импульса.....	47
3.6 Выводы по разделу расчет параметров схемы формирователя.....	51
4. Социальная ответственность .....	54

4.1	Введение .....	54
4.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	55
4.3	Требования к рабочему месту .....	56
4.4	Производственная безопасность .....	58
4.4.1	Анализ опасных и вредных факторов .....	58
4.4.2	Метеоусловия .....	59
4.4.3	Вредные вещества .....	61
4.4.4	Производственный шум .....	62
4.4.5	Освещенность .....	63
4.5	Электробезопасность.....	67
4.6	Противопожарная безопасность .....	68
4.7	Охрана окружающей среды.....	69
5.	«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение»	74
5.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	75
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	75
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	75
5.1.3	SWOT-анализ .....	78
5.2	Планирование научно- исследовательской работ .....	82
5.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	82
5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	84
5.2.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	84
5.2.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	88
5.2.5	Расчет материальных затрат НТИ .....	89
5.2.6	Основная заработная плата исполнителей темы.....	90
5.2.7	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	93
5.2.8	Формирование бюджета затрат НИП.....	93
5.2.9	Оценка научно-технического эффекта.....	94
	Заключение .....	97
	Список использованных источников .....	98
	Приложение I .....	101

## Введение

Целью данной диссертационной работы является создание формирователя профилированных импульсов с линейно нарастающей формой импульса. Линейная форма импульса нужна для группировки ионов и получения за счет этой малой длительности импульса ионов при их транспортировки.

Для времяпролетного спектрометра работа основана на разделении масс зарядного состояния ионов, при подаче импульсов напряжения на анализирующий диод и дает возможность определять эти состояния. Имеется ионный источник в спектрометре, внутри которого помещают исследуемый материал. После того как помещают материал для исследования, ионы в своем случае движутся в анализирующий диод (область ускорения). На диод подается импульс напряжения, форма которого должна быть линейно нарастающей. Внутри диода имеется постоянная во времени энергия, она передается ионам, которые имеют различные отношение массы к заряду [1].

Далее после того как подается напряжения наблюдается, что ионы под разностью потенциала вылетают в бесполеное пространство (отсутствие электромагнитных полей). Этот момент еще называют пространством дрейфа, ионы в своем случае будут разделяться на группы по их величине. Сначала самые легкие ионы попадают в коллектор, потом тяжелые. Попадая в коллектор, ионы создают импульсные токи равные по амплитуде, длительность которых составляют от 100нс до 1мкс.

Суть подхода в этой работе заключается в том, что нам необходимо уменьшить длительность импульса при разделении ионов, чтобы увидеть соответствие определенных масс ионов. Практическое использование ВПР основано на применении прямоугольных импульсов длительностью несколько сотен наносекунд и более. Имеется ряд других причин ограничивающих использование прямоугольных импульсов малой длительности. Одна из них связана с необходимостью рассасывания плазмы в диоде.

Чтобы реализовать данный подход нам надо использовать не прямоугольные импульсы, а профилированные импульсы, в частности линейно растущие и близкие к параболическому, его еще называют закон идеального банчирования. Линейно растущие импульсы позволяют разделить ионы за несколько наносекунд, за счет группировки ионов. Это на два и три порядка повышает эффективность регистрации, что является существенным. Задача для нас состоит в том, чтобы создать такой формирователь для подачи напряжения на анализирующий диод.

## 1. Литературный обзор

### 1.1 Устройство времяпролетного масс-спектрометра

Схематическое изображение устройства масс-спектрометра представлено на рисунке 1.

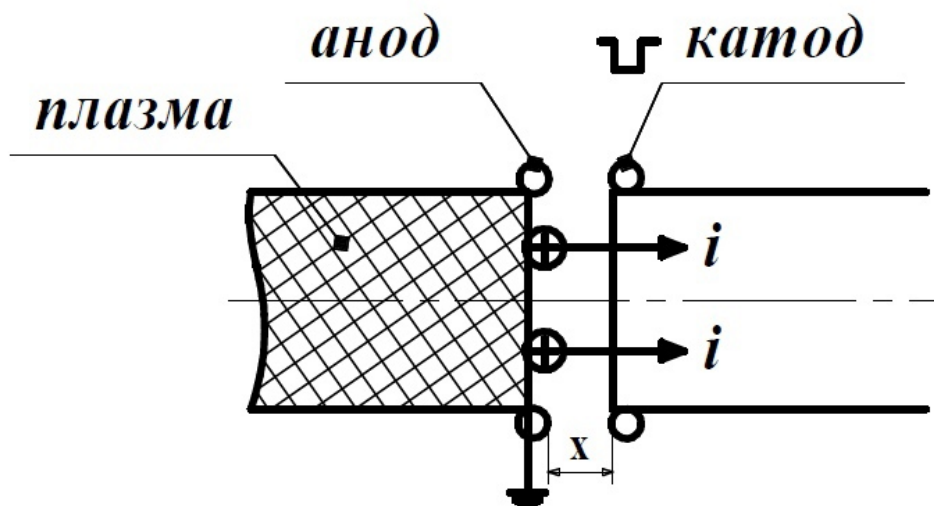


Рисунок 1 – Схематичное изображение масс-спектрометра

*Разрешение* – это способность спектрометра различать ионов с различными массовыми числами, разрешение еще называют разрешающей способностью.

Данное разрешение в своем случае охарактеризуется отдельной регистрацией ионов, которые близки по массам. Если взять идеальный масс-спектрометр то он в своем случае должен иметь разрешение, линии пики близкому по форме прямоугольной. Разрешение в своем случае зависит от вида поля электрического, энергии ионов, а также от давления в камере анализатора[1].

*Чувствительность* – может характеризоваться количеством анализирующего вещества, показания масс-спектрометра которые превышают уровень шумов не менее, в два раза.

*Точность* – это показатель анализатора давать точную информацию.

Времяпролетный анализатор работает по следующему принципу:

Имеется ионный источник в спектрометре, внутри которого помещают материал, который будет исследоваться. Существуют два метода для ионизации: мягкие и жесткие.

Физический принцип работы времяпролетного масс-спектрометра состоит в том, что разность потенциалов  $U$  ускоряет ионы в источнике ионов до скорости  $v$  согласно уравнению:

$$\frac{mv^2}{2} = zU. \quad (1)$$

В случае фиксированной длины промежутка бесполевого от ионного источника до ионного детектора время полета ионов

$$t = \frac{d}{v}; \quad (2)$$

Тогда:

$$\frac{m}{z} = t^2 \frac{2U}{d^2}. \quad (3)$$

ВПП в своем роде является анализатором, в анализаторе ионы из источника поступают во времяпролетную часть порциями, а не непрерывно, через определённые интервалы времени. Основными достоинствами таких ВПП, это высокий верхний порог детектируемой массы иона, она ограничена только фактором уменьшения чувствительности, обычно эти две расположены очень близко к микро-канальными пластинами, на такой схеме, также используется сокращение «шеvron»



Рисунок 2 – Времяпролетный масс-спектрометр

*Преимущества:*

- не требуется калибровка;
- с точки зрения теории не имеет предел регистраций масс;
- малые габариты;
- высокая скорость развертки спектра;
- удобен для отбора ионов из плазмы .

*Недостатки:*

- подходит для импульсных методов ионизации, работа с непрерывными методами ионизации требует использование сложных схем;
- внутри анализатора постоянно надо держать высокий вакуум.

## 1.2 Формирователи на основе полного или частичного разряда накопительной емкости.

### 1.2.1 Полный разряд емкости в LCR-контуре. Основные соотношения.

Будем рассматривать свободные колебания в контуре, который обладает исходным запасом энергии, скопленной в заряженном конденсаторе до напряжения  $U_0$ . На рисунке 3 приведена схема возбуждения колебаний в последовательном контуре.

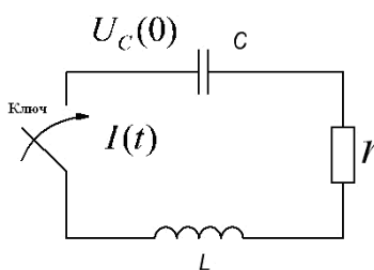


Рисунок 3 – Схема возбуждения свободных колебаний в последовательном колебательном контуре.

В результате замыкания цепи в контуре появляются данные колебания, и описывающее их уравнение можно следующим образом: [2]

$$\tilde{U}_L + \tilde{U}_r + \tilde{U}_C = 0 \quad (4)$$

или  $L \frac{d\tilde{I}}{dt} + r\tilde{I} + \frac{\tilde{q}}{C} = 0$ , где  $\tilde{I} = \frac{d\tilde{q}}{dt}$ , а  $\tilde{q} = C\tilde{U}_C$ .

Вводя обозначения  $\delta = \frac{r}{L}$  и  $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$  и однократно дифференцируя данное уравнение можно привести к каноническому виду, как:

$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 2\delta \frac{dq}{dt} + \omega_0^2 q = 0 \quad (5)$$

Его решение ищем в виде  $q = Ae^{j\omega t}$  и, подставляя его в уравнение, получаем характеристическое уравнение

$$-\omega^2 Ae^{j\omega t} + 2\delta j\omega Ae^{j\omega t} + \omega_0^2 Ae^{j\omega t} = 0$$

или  $\omega^2 - 2\delta j\omega - \omega_0^2 = 0 \quad (6)$



Далее находим корни полученного характеристического уравнения:

$\omega_{1,2} = j\delta \pm \Omega$ , где  $\Omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ , и будем иметь определенный вид решения.

После нахождения, дифференциальное уравнение будет следующим образом:

$$q(t) = A_1 e^{-\delta t + j\Omega t} + A_2 e^{-\delta t - j\Omega t} \quad (7)$$

Пользуясь начальными условиями будем находить неизвестные коэффициенты  $A_1$   $A_2$

$$q(0) = CU_c(0) \Rightarrow A_1 + A_2 = CU_c(0) \quad (8)$$

$$\dot{q}(0) = 0 \Rightarrow A_1 - A_2 = \frac{\delta}{j\Omega} CU_c(0) \quad (9)$$

В результате получаем

$$q(t) = CU_c(0) \cdot e^{-\delta t} \left( \cos \Omega t + \frac{\delta}{\omega_0} \sin \Omega t \right), \text{ если } \omega_0 > \delta, \text{ и}$$

$$q(t) = CU_c(0) \cdot e^{-\delta t} \left( ch \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} \cdot t + \frac{\delta}{\sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}} sh \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} \cdot t \right), \text{ если } \omega_0 < \delta$$

### 1.2.2 Аперриодический разряд конденсатора на катушку и резистор

В этом пункте рассматривается аперриодический разряд конденсатора на такие элементы как катушка и резистор. Мы будем рассмотреть процесс разряда конденсатора на элементы катушки, резистор. Ниже приведены системы уравнений, из которых мы будем рассматривать [3]:

$$\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{LC} \quad \text{или} \quad R > 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$

То в этом случае характеристические корни данного вида уравнения контура можно назвать вещественными, то есть иными словами разные  $p_1 \neq p_2$ , и они в своем случае отрицательные. Напряжение, в данном случае можем описать по следующему уравнению

$$u_C = u_{Cсв} = A_1 \cdot e^{p_1 t} + A_2 \cdot e^{p_2 t}, \quad (10)$$

где  $A_1$  и  $A_2$  – постоянные.

В данном случае ток, который будет течь по контуру можем описать по следующему уравнением

$$i_{CB} = C \frac{du_{CB}}{dt} = C(A_1 p_1 e^{p_1 t} + A_2 p_2 e^{p_2 t}) \quad (11)$$

После решения ряд уравнений можно получить график зависимости I-тока и U-напряжения.

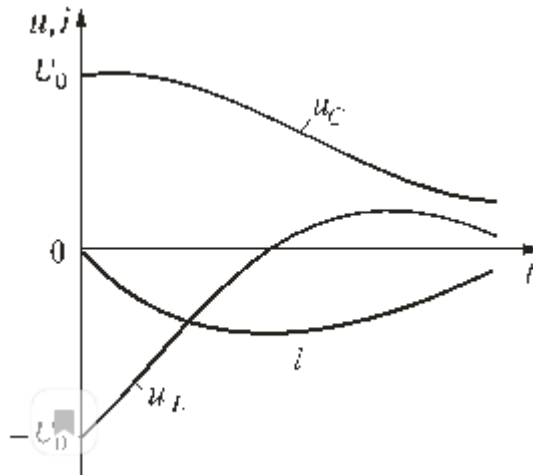


Рисунок 4 – Зависимости U- напряжения и I- тока от t-времени

Из рисунка 4 следует, разряд в данном случае является аperiodическим. Аperiodическим разрядом будет называться такой вид разряда, при котором накопитель постоянно разряжается. Ток, как видно из графика, не меняет свое направления. Сделаем выводы: [3]

- при вещественных и отрицательных корнях возникает аperiodический разряд;
- по модулю уменьшается значение напряжения в емкости, по аperiodическому закону;
- как выше указали, величина напряжения U тоже идет на спад.

### 1.2.3 Предельный аperiodический разряд конденсатора на катушку и резистор

В том разделе будем рассматривать разряд в катушке и в резисторе. Мы будем исходить из соотношения которое приведено ниже.

$$R = R_{кр} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \quad (12)$$

где  $R_{кр}$  – критическое сопротивление, корни характеристические они отрицательные

$$p_1 = p_2 = p = -R / (2L). \quad (13)$$

Переходной процесс будет аperiодическим , а также они будут похожи с колебательными процессами. Величины напряжения и тока [2]

$$u_C = (A_1 + A_2 t) e^{pt};$$

$$i = C \frac{du_C}{dt} = C(A_2 + pA_1 + pA_2 t)e^{pt} \quad (14)$$

В первом случае, когда значение  $u_C(0) = U_0$ ;  $i(0) = 0$  находим:  $A_1 = U_0$ ;  $A_2 = -p U_0$ . После решения будем интегрировать и получим:

$$u_C = U_0 (1 - pt) e^{pt};$$

$$i = -Cp^2 U_0 t e^{pt} = -\frac{U_0}{L} t e^{pt}; \quad u_L = L \frac{di}{dt} = -U_0 (1 + pt) e^{pt} \quad (15)$$

### 1.3 Формирователи с частичным разрядом емкости

#### 1.3.1 Модуляторы с электронными лампами

В этом разделе будем рассматривать импульсные модуляторы. Модуляторы в своем случае можно разделить на несколько группы, с разными характеристиками. Основными признаками для классификации являются: тип накопителя, тип коммутатора, характеры заряда накопителя и т д. По типу накопителя, в данном случае, можно считать следующие виды:

- с частичным разрядом накопительного конденсатора;
- с полным разрядом искусственной линии.

Модуляторы первого типа весьма широко применяются в радиотехнических устройствах. Модуляторы с частичным разрядом накопительного конденсатора формируют импульсы близким прямоугольному импульсу. В этом случае в качестве коммутирующего прибора используют электронные лампы, которые в свою очередь являются безынерционными

приборами. Это нам даст возможность формировать импульс с любой частотой следования, а также достоинством является то, что его можно легко изменять длительность и частоту следования импульсов [4].

Мы будем рассматривать одну из типов схем модуляторов с частичным разрядом емкости, которые в свою очередь предназначены для модуляции магнетронного генератора.

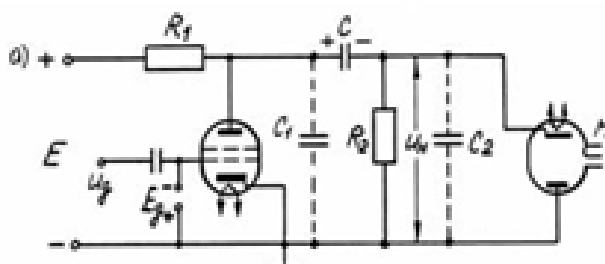


Рисунок 5 – Схема модулятора с шунтирующим нагрузку активным сопротивлением

Паразитные емкости  $C_1$  и  $C_2$  в данной схеме (рисунке 5) показаны пунктирными линиями. Где  $C_1$  – паразитная емкость, которая образует выходную емкость монтажа,  $C_2$  – паразитная емкость определяется суммой емкостей монтажа, входной ёмкости генератора (магнетрона), и др.

Ограничительное сопротивление  $R_1$ , которое подключено последовательно к клеммам источника постоянного напряжения  $E$ , необходимо для предотвращения подключения источника напряжения к малому сопротивлению при открытом состоянии коммутатора. В связи с этим сопротивление данного резистора должно быть в достаточной степени большим. Но и необходимо учитывать, что чрезмерное увеличение значения  $R_1$  будет снижать коэффициент полезного действия зарядной цепи, так как через это сопротивление заряжается накопительный конденсатор и будет необходимо увеличить напряжение ИП при больших значениях резистора. Значение  $R_1$  обычно принимается в пределе  $(10-20) R_M$ , где  $R_M$  – это статическое сопротивление магнетрона в рабочей зоне. Значение  $R_M$  может иметь значение порядка тысяч ом.

Резистор  $R_2$  создает цепь для зарядки накопителя, так как генератор сверхвысоких частот (СВЧ) проводит только в одну сторону. Сопротивление  $R_2$  должно быть настолько большим, чтобы ток который течет через него, был в десятки раз меньше рабочего тока генератора СВЧ:  $R_2=10R_M$ .

Схема работает по следующему принципу:

В течении времени возникновения паузы между импульсами, лампа модуляторная закрыта за счет большого отрицательного значения напряжения  $E_g$ . В этом случае от источника постоянного напряжения через резисторы  $R_1$   $R_2$  будет заряжаться накопительный конденсатор. На рисунке 6 а показана осциллограмма напряжения на данном конденсаторе  $U_c$ , значение которого во время паузы возрастает до значения  $U_{cmax}$  [4].

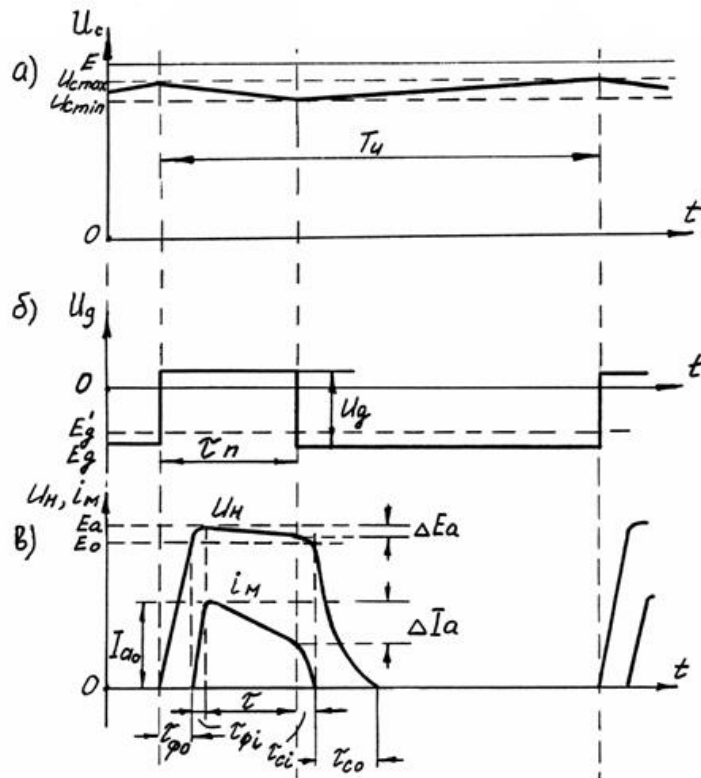


Рисунок 6 – Осциллограммы напряжения на конденсаторе

Функцию коммутатора в импульсных модуляторах с полным разрядом емкостного накопителя, выполняет ионные приборы, такие как водородные тиратроны. Будем рассмотреть модуляторную схему с одинарной искусственной линией, которая является наиболее используемой, в качестве накопителя. Схема данного модулятора приведена на рисунке 7.

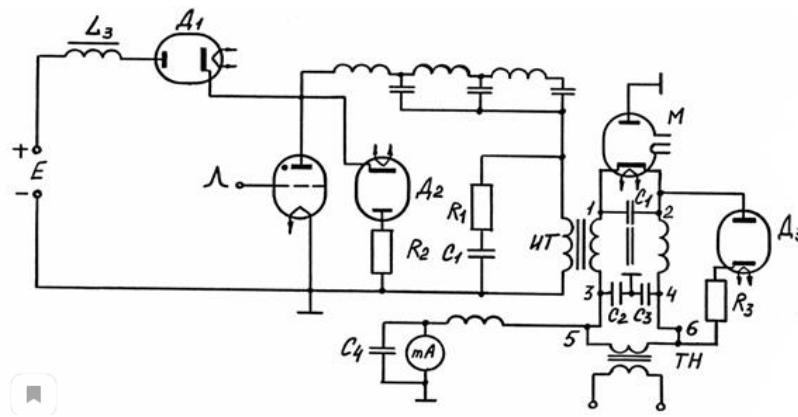


Рисунок 7 – Схема модулятора с полным разрядом искусственной линии

В качестве коммутаторов для работы в схемах импульсных СВЧ-генераторов используются генераторные, модуляторные и импульсные лампы, выходная мощность которых составляет (12-3500) кВт, а также тиратроны с током коммутации до 5000А. Они также предназначены для работы в схемах модуляторов радиорелейных линии связи, радиолокационных станций и др. устройствах, а тиратроны предназначены для коммутации в схемах инверторов тока, управляемых выпрямителей и в других схемах коммутации. На рисунке 8 приведен внешний вид генераторных и модуляторных ламп.



Рисунок 8 – Внешний вид модуляторных и генераторных ламп

В качестве коммутирующего прибора электронные лампы имеют следующие достоинства:

1) электронные лампы могут работать на замыкание и размыкание цепи заряда накопителей;

2) по существу, коммутирующее устройство, построенное на таких приборах, являются безынерционным. Свойство безынерционности дает

возможность с высокой точностью управлять началом и окончанием импульса. За счет этого свойства, электронные лампы смогут коммутировать импульсы почти любой длительности и частоты повторения. Главным образом, форма коммутируемых импульсов определяется формой самих управляющих импульсов в цепи сетки электронной лампы и можно создать импульсы очень близкой к прямоугольной;

3) такие лампы способны выдерживать напряжения до десятков киловольт;

4) очень малая зависимость параметров электронных ламп от времени эксплуатации и температуры окружающей среды.

Также, электронные лампы имеют наряду с этим ряд недостатков. К главным из них относятся:

1) внутреннее сопротивление электронных ламп больше по сравнению с другими видами коммутаторов. Это приводит к снижению КПД модулятора в процессе разряда.

2) сравнительно большое внутреннее сопротивление электронной лампы, что снижает КПД модулятора в процессе разряда.

3) ограниченная пропускная способность из-за относительно небольшого тока эмиссии катода. Для того, чтобы увеличить коммутируемый ток необходимо параллельно включить до 6-8 штук электронных ламп. Это приводит к усложнению схем модуляторов при формировании импульсов мощностью более 1 МВт;

## **1.4 Формирователи импульсов с полупроводниковыми коммутаторами.**

### **1.4.1 Основы работы МОП-транзисторов и MOSFET приборов.**

МОП-транзистор. Одним из наиболее распространенных типов полевых транзисторов с изолированным затвором является транзисторы MOSFET (Metal Oxid Semiconductor), или по-другому их называют МОП-транзисторы (металло-оксид полупроводник) [8].

Они представляют собой полевые транзисторы с «металл-оксид» электрод затвором. Затвор изолирован электрически с помощью ультратонкого материала от основного полупроводника р или n-канала. В качестве изолирующего материала обычно используют диоксид кремния. За счет изоляции входное сопротивление транзистора становится очень высоким, можно сказать почти бесконечным и это предотвращает протеканию тока в затвор. На рисунке 9 приведена структура МОП-транзисторов [8].

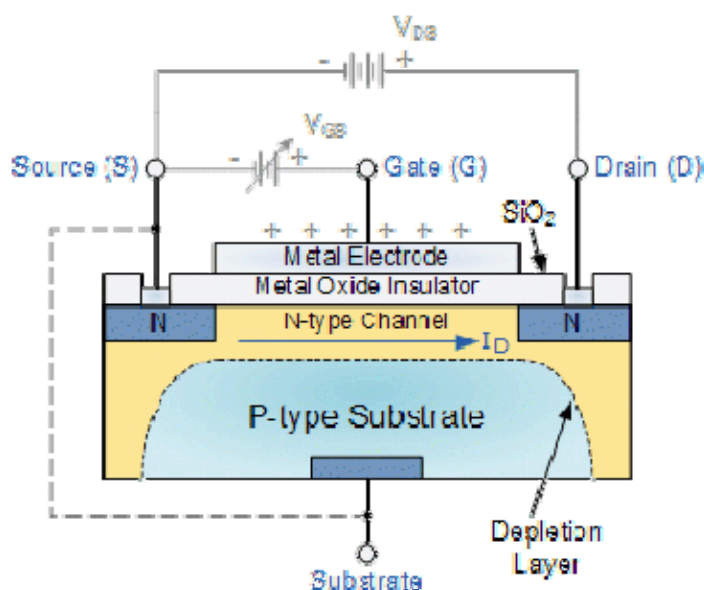


Рисунок 9 – Структура МОП-транзисторов

Такие транзисторы работают как резистор, управляя протекающего через основной канал тока, пропорционально значению входного напряжения.

Одним из недостатков MOSFET предстоит в том, что за счет большого входного сопротивления, в нем может в большом количестве накапливаться статический заряд. Если при постройке хорошо не защитить элементы, накопление заряда приводит к тому, что транзисторы с легкостью повреждаются [8].

К основным преимуществам МОП-транзисторов можно отнести следующие:

- полевые транзисторы управляются напряжением и не потребляют ток управления и поэтому являются экономичными;



- за счет отсутствия неосновных носителей не тратится время на их рассасывание, следовательно транзисторы обладают высокой скоростью коммутации;
- для управления напряжением требуется более простая схема, а схемы управление током более сложные;
- обладают тепловой саморегуляцией. Сопротивление основного канала повышается при росте температуры, а ток основного канала снижается и в последствие температура тоже.

Транзисторы MOSFET работают в двух основных режимах:

- режим истощения;
- режим насыщения.

В режиме насыщения такие транзисторы эквивалентны нормально разомкнутому переключателю. В этом режиме ему требуется напряжение затвор-исток ( $V_{GS}$ ) для «замыкания». Во втором случае МОП-транзисторы равносильны нормально замкнутому переключателю. Транзистору требуется напряжение затвор-исток ( $V_{GS}$ ) для «размыкания».

Основные конструкции и обозначения для двух режимов показаны на рисунке 10.

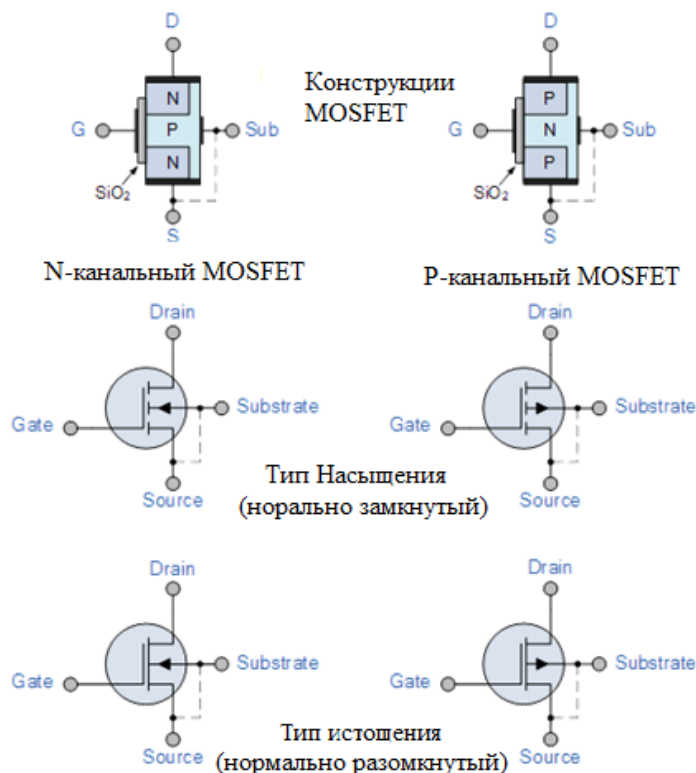


Рисунок 10 – Основные конструкции и обозначения MOSFET

В четырех рисунках MOSFET выше видна клемма Substrate (подложка), которая используется для заземления подложки, и не может быть использована в качестве входного или выходного соединения. Данная клемма подключается к основному полупроводниковому каналу через диодный переход с корпусом или металлическим выводом полевого МОП-транзистора.

Усилитель MOSFET. Полевые МОП-транзисторы могут использоваться для строения одноступенчатых схем усилителей. Особо известной схемой на основе MOSFET в режиме насыщения является n-канальный усилитель с общим источником. В режиме истощения усилители MOSFET весьма похожи на JFET усилители (Junction-gate field-effect transistor), не считая входного сопротивления MOSFET, которое гораздо больше, чем JFET. Входное сопротивление контролируется цепью смещения затвора. Данная цепь контроля представляет собой делитель, который состоит из резисторов R1 и R2.

Помимо этого, выходной сигнал усилителя в режиме насыщения инвертируется. Это связано с тем, что при низком уровне  $V_G$  транзистор закрыт, а уровень напряжения  $V_D$  высокий. В случае если уровень напряжения

$V_G$  высокий, то транзистор открывается и уровень напряжения  $V_D$  ( $V_{out}$ ) снижается. Схема n-канального усилителя MOSFET приведена на рисунке 11

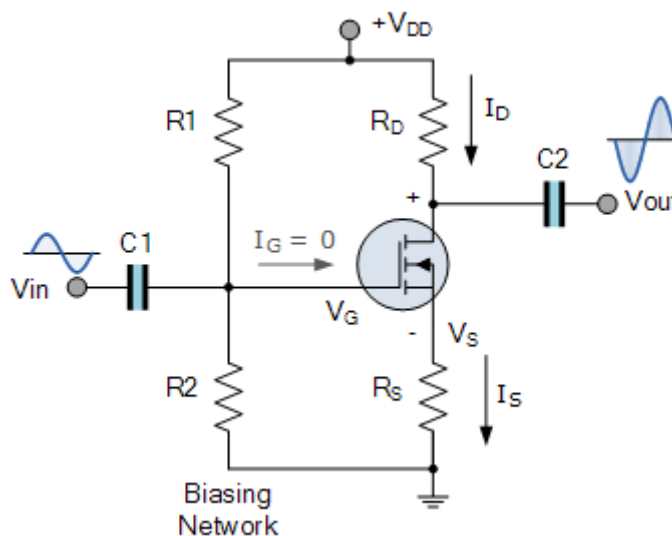


Рисунок 11 – Принципиальная схема усилителя MOSFET в режиме  
 Формулы для определения основных параметров схемы:

$$V_G = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot V_{DD}, \quad (16)$$

$$I_D = \frac{V_S}{R_S}. \quad (17)$$

Входное сопротивление схемы переменному току находится следующим образом:  $R_{вх} = R_G$  и оно равняется 1 МОм.

За счет свойства переключения между двумя положениями, транзисторы могут осуществить две базовые функции, такие как усиление и переключение. Учитывая данные свойства можно сказать, что транзисторы MOSFET могут работать на следующих режимах:

1. линейный режим;
2. режим отсечки;
3. режим насыщения.

В линейном режиме транзистор находится в области постоянного сопротивления и ведет себя как управляемое напряжением сопротивление, значение которого определяется напряжением затвора, уровнем напряжения затвор-исток  $V_{GS}$ . Данный режим возникнет в случае выполнения следующих неравенств:

$$V_{GS} > V_{\text{порог}} \text{ и } V_{DS} < V_{GS}, \quad (18)$$

где  $V_{GS}$  – напряжения затвор-исток;  $V_{\text{порог}}$  – пороговое напряжение транзистора;

В режиме отсечки возникнет при выполнении условия  $V_{GS} < V_{\text{порог}}$ , и переходит в полностью закрытое состояние, и ток стока равен нулю ( $I_D=0$ ), при этом транзистор работает как нормально разомкнутый выключатель независимо от значения  $V_{DS}$ . В режиме насыщения же выполняются условия:  $V_{GS} > V_{\text{порог}}$  и  $V_{DS} > V_{GS}$ , и транзистор полностью открыт. Значение  $I_D$  принимает максимальное значение, когда транзистор работает как замкнутый переключатель [7].

Транзисторы MOSFET являются идеальными для применения их в схемах как усилители с общим источником либо как электронные переключатели, учитывая тот факт, что они имеют очень малое потребление мощности. Типичные области применения металлооксидных полупроводниковых полевых транзисторов – это микропроцессоры, устройства памяти, калькуляторы, логические КМОП-вентили и т. д.

### **1.5 Основы схемотехники**

В электрических схемах силовой электроники наиболее важными элементами являются полупроводниковые ключи. Они используются в преобразовательных схемах, что значительно упрощает их схемотехнику и улучшает технические и экономические характеристики [4].

Помимо абстрактных решений интересно узнать какие характеристики можно получать при использовании этих приборов. В качестве примера берем схему стабилизирующего понижающего импульсного регулятора напряжения. Данная схема используется для питания различных нагрузок мощностью от нескольких кВт трехфазной сети (380В). Как нам известно, предпочтительный диапазон частоты коммутации IGBT транзисторов, при жесткой коммутации ограничивается пределом (10-20) кГц. Во многих преобразовательных схемах требуемая частота намного выше. Статические тиристорные компенсаторы при повышенных частотах работают проще с напряжением  $U_{\text{блок.ном}} = (500 - 600) \text{ В}$ ,

чем 1200 В. Но их использование ограничивается напряжением питания до (400-450) В, и при этом условие  $U_{\text{блок.ном}} \geq U_{\text{пит.макс}}$  должно выполняться при всяких перенапряжениях. В связи с этим, при питании преобразователя от 3х-фазной сети переменного тока, номинальным напряжением 400 В представляется интерес к двухступенчатому преобразованию энергии. На рисунке 12 приведена упрощенная схема импульсного регулятора напряжения для питания различных нагрузок мощностью до нескольких киловатт от 3х-фазной сети 380 В.

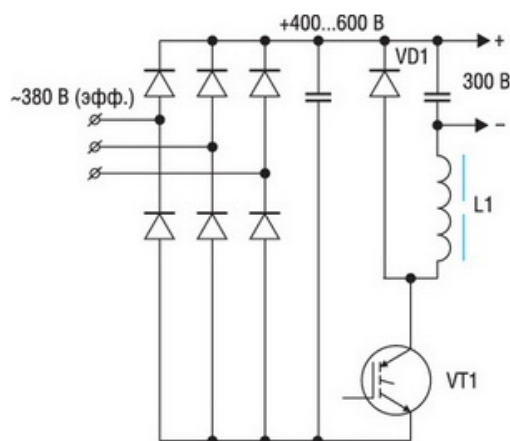


Рисунок 12 – Упрощенная схема стабилизирующего понижающего импульсного регулятора напряжения (ИРН).

Принцип данной схемы построен следующим образом: к 3х-фазному источнику напряжения подключается мостовой выпрямитель. В первой ступени преобразования, после выпрямителя, пульсирующее напряжение преобразуется понижающим импульсным регулятором до стабилизированного значения выходного напряжения  $U_{\text{вых}} = 300\text{В}$ . Пусть рабочий диапазон на входе регулятора напряжения (ИРН) находится в пределе (400-600) В. При напряжениях, не входящих в этот диапазон, преобразователь не будет длительно работать, или система управления (СУ) ограничивает мощность настолько, что потери СТК безусловно станет ниже, чем при работе в рабочем диапазоне. Будем полагать что при перенапряжениях в питающей сети на шинах имеется подсистема ограничения напряжения, которая обеспечивает выполнения условия  $U_{\text{пит.макс}} \leq U_{\text{блок.ном}}$ ,  $U_{\text{блок.ном}} = 1200\text{ В}$ , а также умеренную

скорость нарастания напряжения питания при перенапряжениях. Запас напряжения  $U_{\text{блок.ном}}$  конденсатора по отношению к максимальному рабочему напряжению питания в два раза, обеспечивает снижения требования к ограничителям перенапряжения. Применение СТК более низких классов, даже лавиннстойких, приведет к серьезному усложнению «ограничителя», и соответственно повышается его цена. Также будем полагать, что при опасных повышениях напряжения питания  $U_{\text{пит}}$ , система управления СТК гарантированно отключает его задолго до достижения  $U_{\text{кэ.имп}} = U_{\text{блок.ном}}$ . Величина рабочего диапазона по напряжению питания и выходного напряжения импульсного регулятора напряжения преднамеренно выбраны «круглыми», для того чтобы расчеты были ясными и отметить, что все это было не полноценным проектом, а просто примером, но все-таки они достаточно близки к реальным требованиям [4].

Во второй ступени преобразования идет питание от выходного стабилизированного напряжения 300В, что может без трудностей реализоваться на СТК (5-6) классов. Это позволит преобразователю работать на высоких частотах до 100кГц, даже при жестких коммутациях. На шинах питания конденсатору необходимо обеспечивать импульсный ток, который потребляет ИРН, но конденсатору не обязательно сглаживать пульсаций с частотой 300Гц.

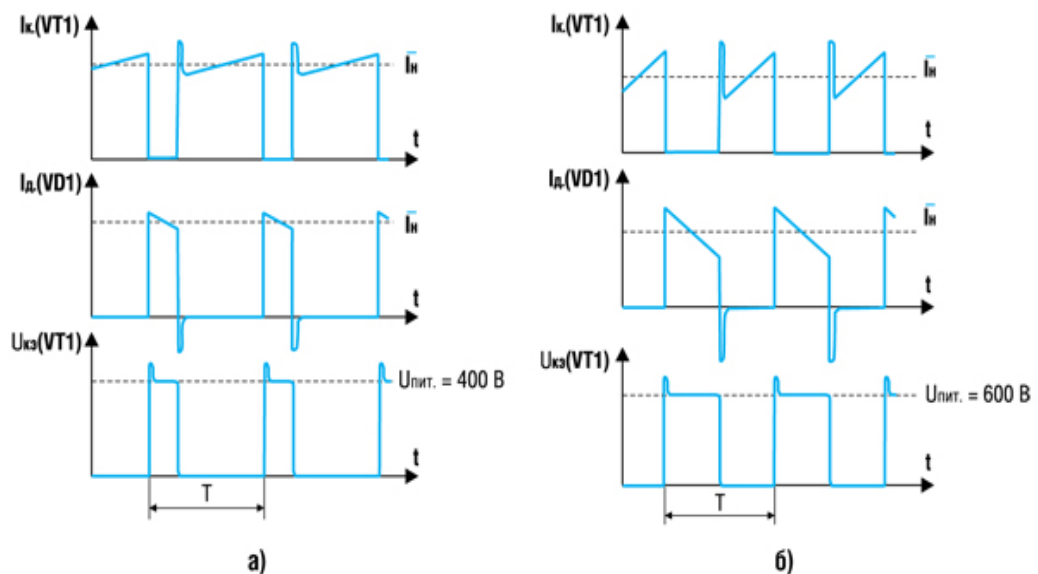


Рисунок 13 – Процессы в ИРН: а) при  $U_{\text{пит}} = 400 \text{ В}$ ; б) при  $U_{\text{пит}} = 600 \text{ В}$

## 1.6 Формирование импульсов в наносекундном диапазоне.

### Суммирование профилирование импульсов на L-сумматоре

Традиционная пульсация, технология производства электроэнергии изучается еще много лет. Все эти понятия базировались на понятии сжатия импульса (рисунок 14). За счет сокращения временного интервала, в течение которого выделяется количество энергии, можно получить относительно высокую выходную мощность за относительно короткий период времени. Если глянуть с точки зрения истории, то оно сложилось так, что из-за очень большой пульсации генераторов для настольных импульсных систем, основной принцип компрессии импульса не изменилась [6].

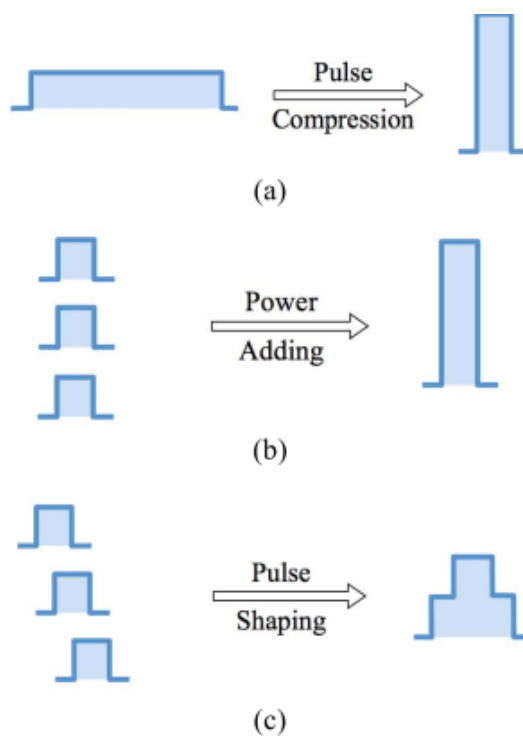


Рисунок 14 – а) Сжатие импульса; б) добавление мощности; в) формирование импульсов.

Кроме того, процесс сжатия импульсов предлагает очень ограниченную гибкость в изменении формы выходного сигнала. Метод импульсной мощности в линейном драйвере трансформатора (ЛТД) Метод генерации отличается от метода сжатия импульсов. За счет добавления большого количества маломощных импульсов, можно получить относительно мощный импульс, как показано на рисунке 14 (б). В этом случае, поскольку переключение не

требуется обрабатывать общую выходную мощность, нет фундаментального ограничения от выходной мощности системы. Импульсная система питания обычно более компактна по сравнению с системой сжатия импульсов того же уровня выходной мощности, потому что она не требует компоненты промежуточного накопителя энергии. Тем не менее, для достижения наилучшего прибавления мощности синхронизация всех малых импульсов должны быть идеально синхронизированы. Концепция увеличения мощности LTD может быть доработана, распространяется на формирование импульса. Добавляя небольшие импульсы друг к другу, с адекватным относительным временем, можно получить желаемую форму выходного сигнала, как показано на рисунке 14 (с). Другими словами, намеренно десинхронизируя небольшие импульсы LTD с адекватным контролем времени, мы можем формировать импульс, используя. Принцип работы модуля аналогичен предыдущему один в один и резюмируется следующим образом: Управляющий сигнал доставляется к модулю по оптоволокну. Полученная оптическим приемником и усиленная встроенным драйвером цепь (IC) перед отправкой параллельно всем 24 микросхемам драйвера МОП-транзисторы. 24 MOSFET переключаются, одновременно генерируя импульсного выходного напряжения между верхом и низом электроды на внутренней стороне круглого модуля. В магнитном сердечнике предотвращается значительная утечка тока через корпус модуля. Поэтому, когда много модулей вместе, выходные напряжения, генерируемые всеми модулями, суммируются как выход системы между верхним электродом самого высокого модуля и нижнего электрода самого низкого модуля. Защитные диоды подключены между выходными электродами, как показано на рисунке 15. Эти диоды играют важную роль в защите модуля от внешнего обратного напряжения. Важно отметить, что эти диоды могут эффективно обходить ток цепи, управляемый другими модулями [11].



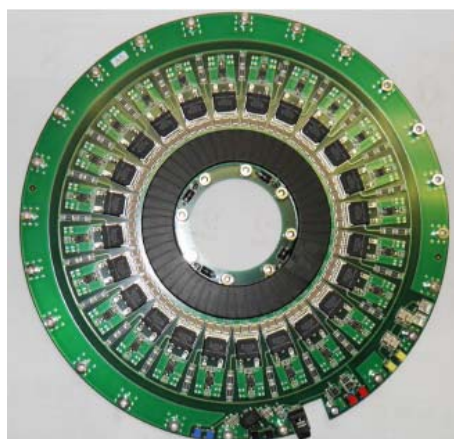


Рисунок 15 – Вид спереди твердотельного модуля

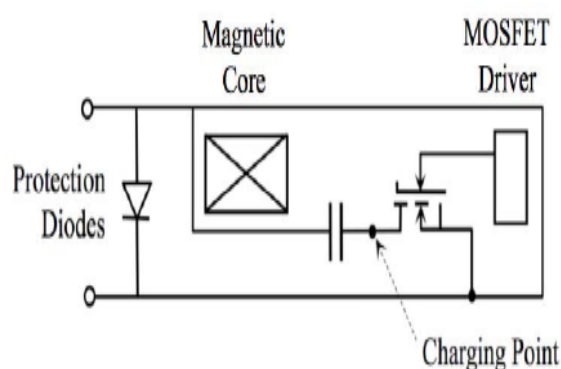


Рисунок 16 – Эквивалентная схема модуля LTD

## 1.7 Кабельные линии

### 1.7.1 Одинарная формирующая линия

Схема простейшего линейного модулятора, получившего название одинарной формирующей линии (ОФЛ), приведена на рисунке 17. Данное устройство содержит отрезок линии передачи длиной  $l$  с волновым сопротивлением  $\rho$ . Распределенная емкость линии заряжается от источника  $E$  через зарядную цепь, сопротивление которой намного превышает волновое сопротивление линии:  $R_3 \gg \rho$  [13].

На правом конце линия подключается к согласованной нагрузке  $R_n = \rho$  с помощью мягкого коммутатора (тиратрона или тиристора), который здесь мы представляем идеальным ключом. Указанное подключение может производиться непосредственно или через согласующий импульсный трансформатор. На продолжительном этапе заряда ( $t < 0$ ) ключ разомкнут.

Накануне коммутации в линии на всей ее длине устанавливается постоянное напряжение  $E$ , а ток отсутствует (см. диаграмму рисунок 18,  $t \leq 0$ ).

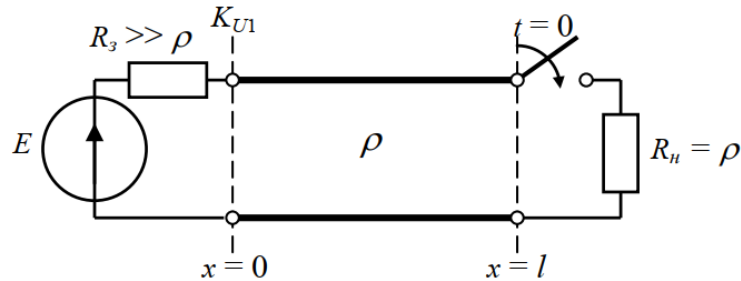


Рисунок 17 – Одинарная формирующая линия

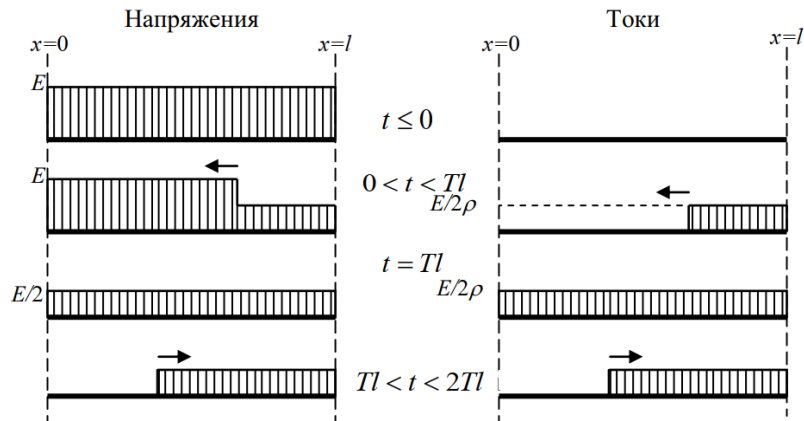


Рисунок 18 – Переходный процесс в ОФЛ

### 1.7.2 Двойная формирующая линия

Напряжение на нагрузке идеальной ОФЛ имеет форму прямоугольного импульса в случае согласованной нагрузки  $R_n = \rho$ . При этом амплитуда импульса составляет, к сожалению, лишь половину от зарядного напряжения  $E$ .

От этого недостатка свободна так называемая двойная формирующая линия (ДФЛ), или «линия Блюмляйна», схематическое изображение которой дано на рисунке 20. Она состоит из двух одинаковых отрезков линии передачи с волновым сопротивлением  $\rho$  и длиной  $l$ , между которыми последовательно включена нагрузка  $R_n = 2\rho$  [13].

Как и в случае ОФЛ, оба отрезка заряжаются через высокоомную цепь  $R_3 \gg \rho$  до напряжения  $E$ . Переход ДФЛ от режима заряда к режиму вывода

энергии осуществляется замыканием накоротко любого из отрезков линии передачи на свободном конце, (см. ключ на левом конце рисунка 19).

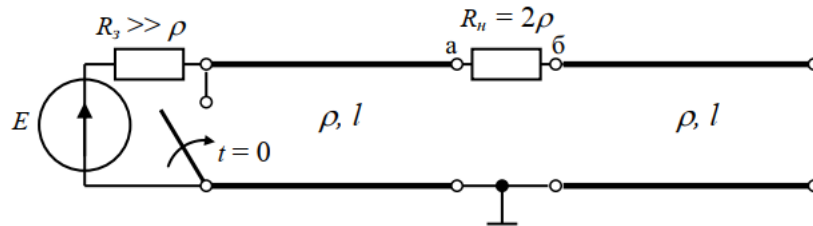


Рисунок 19 – Двойная формирующая линия

В результате замыкания этого ключа напряжение на левом конце линии становится равным 0, поэтому распределенная емкость линии становится равным 0, следовательно распределенная емкость линии начинает разряжаться током  $I = -\frac{E}{\rho}$ . Переходные процессы в ДФЛ приведены на рисунке 20.

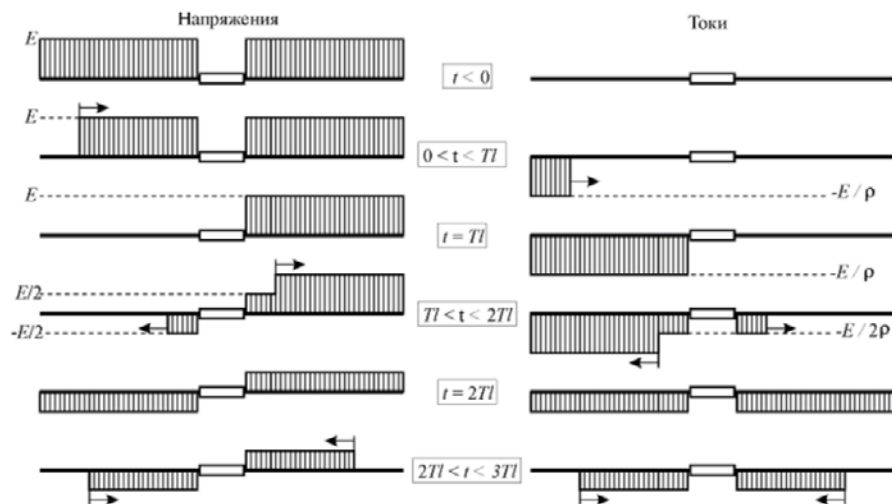


Рисунок 20 – Переходные процессы в ДФЛ

### 1.8 Вывод по литературному обзору

Так как темой диссертационной работы является формирование профилированных импульсов напряжения для времяпролетного спектрометра. В первую очередь надо изучить нагрузку, а нагрузкой у нас является ВПР. ВПР у нас является анализатором, в котором имеется ионный источник, и размещают различные виды материалов для исследования. Также у ВПР есть ряд достоинств и недостатков.

Были изучены формирователи на основе полного или частичного разряда емкости, формирователи на основе одинарной или двойной формирующих линиях, формирователь на основе МОП транзисторов и формирователь на индуктивном сумматоре. Последний вид формирователя, подходит для нас и для наших задач и будет рассматриваться в работе.

### **1.9 Постановка задач для исследования**

1. Определить особенности анализирующего диода с плазмой и посчитать импеданс диода.
2. Разработка и оптимизация формирователя для высокоимпеданского режима.
3. Разработать и создать формирователь на основе одинарной формирующей линией.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ТМ91	Шарипов Орзу Махмадсаидович

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Материаловедение</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

**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 расходных материалов; - норматив заработной платы
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	коэффициенты для расчета заработной платы.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	– отчисления во внебюджетные фонды.

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Составление перечня этапов и работ, распределение исполнителей, определение трудоемкости выполнения работ, разработка графика проведения научного исследования
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

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

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. «Портрет» потребителя результатов НТИ</li> <li>2. Сегментирование рынка</li> <li>3. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>4. Матрица SWOT</li> <li>5. График проведения и бюджет НТИ</li> <li>6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</li> <li>7. Потенциальные риски</li> </ol>
--

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	Д.экон.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ91	Шарипов Орзу Махмадсаидович		

## **5. «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение»**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) 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. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса. Целью данной главы является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [26].

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования • определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

## **5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

### **5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В данной работе проводилась разработка формирователя прямоугольного импульса  $U(t)$  на основе одиночной формирующей линии (ОФЛ). Были предложены несколько вариантов реализации схемы: с отсечкой импульса, с частичным или полным разрядом ёмкости накопителя, с распределёнными параметрами. Данная разработка может быть полезна для формирования ионных пучков сверхкороткой длительности и как физический инструмент для различных исследований, так и для создания сверхмощных импульсов нейтронного излучения, для генерации нейтральных пучков. Их использование даёт возможность для различных физических исследований, новых физических инструментов. В качестве заинтересованных могут выступать организации, сфера деятельности которых затрагивает следующие области [26]:

- Биомедицинская масс-спектрометрия (инструмент, позволяющий идентифицировать белки);
- Аналитическая масс-спектрометрия;
- Ядерная энергетика (определяет степень обогащения расщепляющихся материалов и их чистота);
- Приборостроение.

Развитие новых методик ставит новые задачи по проектированию и созданию новых методов формирования импульсов. Изготовления новых генераторов, как для научных, так и для прикладных целей, так же требует решение задач, связанных с созданием диодной системы, соответствующих необходимым параметрам плазмы.

### **5.1.2 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. В качестве конкурирующих разработок были приняты: времяпролетная методика с постоянной энергией ионов – К1, времяпролетная методика с растущей энергией ионов (временная компрессия ионных пучков) – К2. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу. Выбранные критерии оценки были обоснованы в экспериментальной части работы. Наиболее весомую роль вносит качество отсечки импульса. Этот критерий для нашей НИР остаётся вне конкуренции. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [27]:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (28)$$

где:

К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

На рисунке 8 приведена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критериоценки	Вескритерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критериоценкиресурсоэффективности</b>							
1. Дешевизна и доступность компонентов	0.15	5	3	3	0.75	0.45	0.45
2. Удобство в эксплуатации	0.1	4	5	4	0.4	0.5	0.4
3. Работа формирователя в линейно-растущем режиме	0.1	5	3	4	0.5	0.3	0.4
4. Точность задания амплитуды импульса	0.05	5	4	4	0.25	0.2	0.2
5. Надежность	0.1	3	5	5	0.3	0.5	0.5
6. Возможность модификации	0.1	5	4	5	0.5	0.4	0.5
7. Отсутствие паразитных емкостей	0.1	5	5	4	0.5	0.5	0.4
8. Отсечка после импульса	0.2	5	3	5	1	0.6	1
9. Время срабатывания	0.05	4	5	3	0.2	0.25	0.15
10. Простотаэксплуатации	0.05	5	4	5	0.25	0.2	0.25
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>4.65</b>	<b>3.9</b>	<b>4.45</b>

Под критериями Бк1 и Бк2 подразумеваются организации с методом получения прямоугольного импульса, линейно растущей и банчирование ионов схожей с нашей. Бк1 предлагает высокое время срабатывания и удобство в использовании, в то время как Бк2 акцентирует внимание на повышенной надёжности устройства, по отношению к нашей разработке

### 5.1.3 SWOT-анализ

В качестве анализа нашего проекта выбран SWOT-анализ, так как он обеспечивает наглядную картину преимуществ и недостатков НИР, а также на основе этого анализа проще выполнить корректировку схемы, сопоставив сильные стороны проекта со слабыми сторонами и угрозами [26].

Сильными сторонами разработки формирователя прямоугольного импульса  $U(t)$  на основе ОФЛ можно назвать следующие свойства и особенности:

- возможность получения прямоугольного импульса, линейно растущей, банчирование ионов
- возможность работы схемы в нс диапазоне;
- возможность получения линейно-нарастающего импульса;
- необходимость использования формирователя с различными измерительными и экспериментально-исследовательскими устройствами, которым требуется генератор прямоугольных и линейно-нарастающих импульсов [30].

Слабыми сторонами разработки можно назвать следующие свойства и особенности:

- использование длинных формирующих линий;
- трудности при подборе необходимых компонентов;
- сложные теоретические расчёты;
- наличие паразитных ёмкостей и индуктивностей. 50 К возможностям данного проекта можно отнести:
- дальнейшая модернизация схемы, уменьшение размеров и увеличение быстродействия и точности среза вершины импульса;
- использование большого спектра различных импульсов;
- необходимость использования формирователя в серьёзных научных исследованиях, с целью получения прямоугольного импульса для какой-либо исследовательской установки, что в дальнейшем упростит расчёты.

К угрозам можно отнести:

- отсутствие коммерческого интереса к проекту;
- выход из строя одиночной формирующей линии;
- поломка генератора. В таблице 2 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

В таблице 9 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» – сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» – слабое соотношение.

Подобные матрицы были построены для анализа сильных сторон и угроз проекта, для анализа слабых сторон и возможностей проекта, а также для анализа слабых сторон и угроз проекта.

В таблице 10 представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сторон, возможностей и угроз.

Таблица 10 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p>	<p><b>Слабые стороны Научно- исследовательского проекта:</b></p>
	<p>C1. возможность получения прямоугольного импульса;</p> <p>C2. возможность работы схемы в не диапазоне;</p> <p>C3. возможность получения линейно-нарастающего импульса;</p> <p>C4. необходимость использования формирователя с различными измерительными и экспериментально-исследовательскими устройствами, которым требуется генератор прямоугольных и линейно-нарастающих импульсов.</p>	<p>Сл1. использование длинных формирующих линий;</p> <p>Сл2. трудности при подборе необходимых компонентов;</p> <p>Сл3. наличие паразитных ёмкостей и индуктивностей.</p> <p>Сл4. Сложные теоретические расчёты.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>V1. дальнейшая модернизация схемы, уменьшение размеров и увеличение быстродействия и точности среза вершины импульса;</p> <p>V2. необходимость использования формирователя в серьёзных научных исследованиях, с целью получения прямоугольного импульса для какой-</p>	<p>1. Развитие новых подходов для формирования сверхкоротких импульсов ионных токов единицы и доли наносекунд;</p> <p>2. Использование как нового физического инструмента для создания сверхмощных импульсов нейтронов, нейтральных потоков.</p>	<p>1. Возможность получения ровной вершины импульса;</p> <p>2. Разработка компьютерных программ для упрощения расчётов;</p> <p>3. Использование большого спектра различных импульсов.</p>

<p>либо исследовательской установки, что в дальнейшем упростит расчёты.</p>		
<p>Угрозы: У1. отсутствие коммерческого интереса к проекту; У2. выход из строя одиночной формирующей линии; У3. Отсутствие коммерческого интереса к проекту; У4. поломка генератора</p>	<p>1. Возможность повышения безопасности и внимательности при эксплуатации оборудования, а затем и при работе с большим количеством данных. 2. Анализа рынка потребителей.</p>	<p>1. Возникновение трудностей при расчёте большого количества данных. 2. Устранение слабых сторон этого проекта, а также повышение технологического пакета данной разработки, помогут решить проблему с отсутствие коммерческого интереса к проекту.</p>

Проанализировав характер НТР можно сделать вывод, что наиболее оптимальной стратегией выхода разработки на рынок является стратегия совместной предпринимательской деятельности. Совместная предпринимательская деятельность – это стратегия, которая основана на соединении общих усилий фирмы с коммерческими предприятиями партнера для создания производственных и маркетинговых мощностей. Эта стратегия выбрана, так как необходимо найти стабильный рынок заказов и сбыта товара. Данный прибор и метод формирования находятся на стадии разработки. Ведутся подготовки к получению экспериментальных значений импульса на данном приборе. Анализ показал, что данное устройство, наряду с

преимуществами имеет ряд недостатков, которые будут устранены на стадии доработки проекта.

## **5.2 Планирование научно- исследовательской работ**

### **5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

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 [26].

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

<b>Основные этапы</b>	<b>№ раб</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>Должность исполнителя</b>
Разработка	1	Составление и утверждение	Руководитель

технического задания		технического задания	темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные расчёты параметров генератора импульса	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	6	Выбор оптимальных параметров для расчёта	Руководитель, студент
	7	Разработка схем формирователя	Руководитель, студент
	8	Оценка правильности полученных результатов	Руководитель, студент
	9	Построение графиков	Студент
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент
	11	Определение целесообразности проведения ВКР	
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ВКР)	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	студент
	13	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель, студент
	14	Поиск путей оптимизации	Руководитель,



### 5.2.2 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 формула (29).

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{mini}}{5}, \quad (29)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоёмкость выполнения  $i$ -ой работы чел.- дн.;  $t_{mini}$  – 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. [26].

Пример:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{mini}}{5}, \quad (30)$$

Далее расчёты проводятся аналогично. Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_r$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими 56 исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.  $T_{pi} = t_{ожі} * Ч_i$ , где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 5.2.3 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

$$T_{ki} = T_{ri} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (31)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  $T_{ri}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (32)$$

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118 - 14} = 1,56$$

Все рассчитанные значения необходимо внести в таблицу 12.

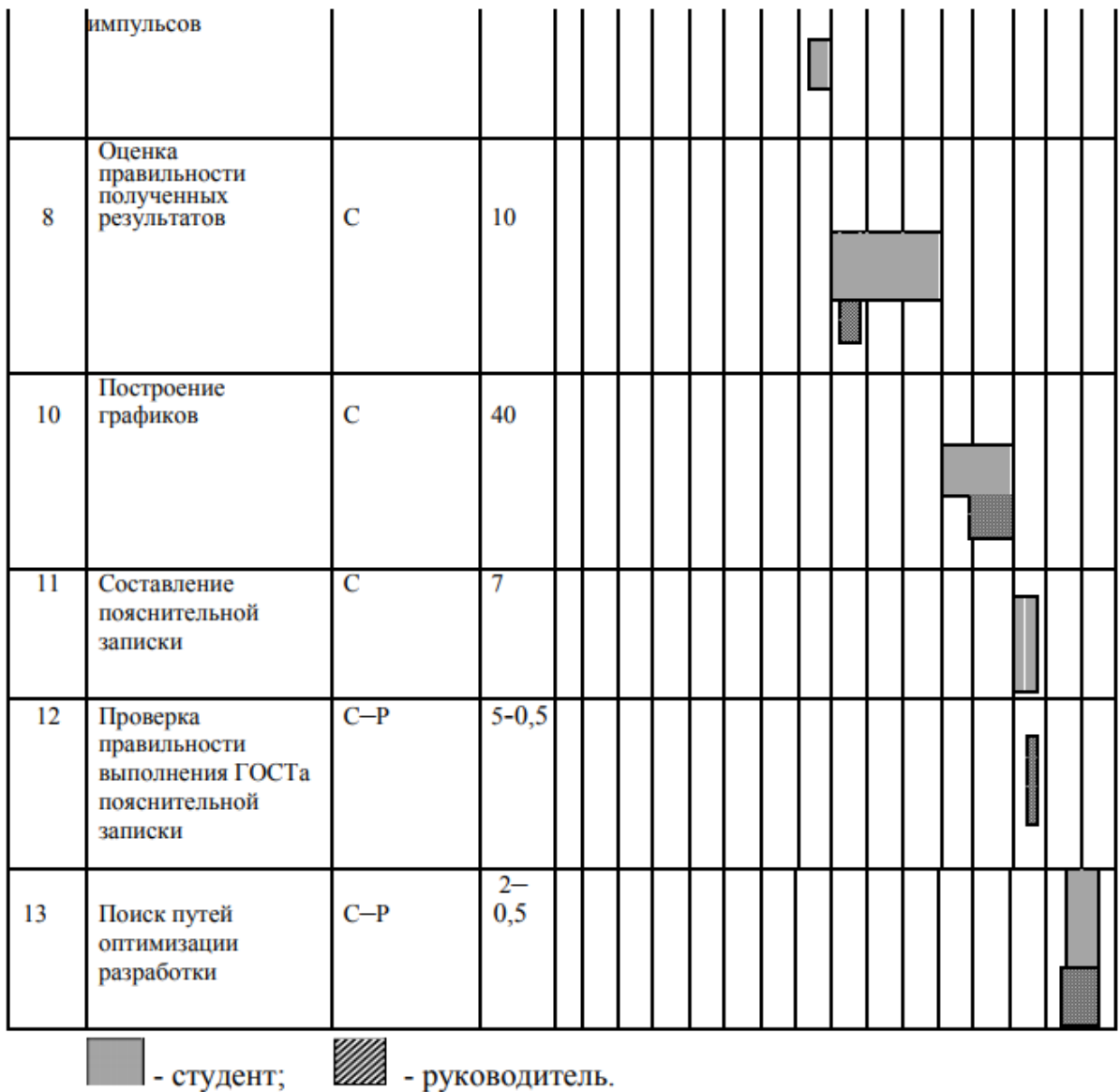
Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования  
(Р – научный руководитель; С – студент)

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность в раб. днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни	$t_{max}$ , чел-дни	$t_{ож}$ , чел-дни			
1. Составление и утверждение технического задания	0,5	1	1	Р	0,9	1
2. Выбор направления исследования проводимых в рамках ВКР	1	1	1	Р	0,7	1
3. Подбор и изучение материалов по теме	7	10	8,2	С	8,2	12
4. Календарное планирование работ по теме	1	2	1	С	1,5	2
5. Проведение теоретических расчетов и обоснований	2	5	3,2	С	1,6	2
6. Выбор оптимальных параметров для расчёта	1	3	1,8	С	0,9	1
7. Разработка методик формирования прямоугольных импульсов	5	10	7	С	7	10
8. Оценка правильности полученных результатов	2	7	4	С	4	6
9. Построение графиков	4	5	4,4	С	4,4	7
10. Составление пояснительной записки	1	2	2	С,Р	2,2	3
11. Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	1	1	Р	5,2	8
12. Поиск путей оптимизации разработки	4	5	4,4	С	4,4	7

На основе таблицы 12 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работы в 58 рамках научно-исследовательского проекта и представлен в таблице 13 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени дипломирования.

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования  
(P- научный руководитель: С- студент)

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																							
				март.				апрель				май				июнь											
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Составление и утверждение технического задания	P	0,5	■																							
2	Выбор направления исследований проводимых в рамках ВКР	С-P	3-0,5		■																						
3	Подбор и изучение материалов по теме	С	10			■																					
4	Календарное планирование работ по теме	P	1			■																					
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С	10				■	■	■																		
6	Выбор оптимальных параметров для расчёта	С-P	5-1																								
7	Разработка методик формирования	С-P	2-1																								



Проделанная работа была равномерно распределена в течение времени, выделенного для выполнения ВКР. Из календарного плана-графика видно, что наибольшее время было выделено для проведения теоретических расчетов и обоснований и на оценку правильности полученных результатов.

### 5.2.4 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;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

### 5.2.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (33)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;  $N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);  $C_i$  – 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) [27].

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 14.

Таблица 14 – Накладные расходы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Заграты
1. Бумага	шт	200	0,88	176
2. Печать на листе А4	шт	200	4	800
3. Электроэнергия	кВт*ч	900	4,21	3410,1

Итого				4386,1
-------	--	--	--	--------

Отсутствие в таблице разделения на источники финансирования говорит о том, что источник один. Источник финансов в данной работе – студент.

Основные работы для ВКР проводились за персональным компьютером (ноутбуком) в пределах научного комплекса. Время, проведенное работой у компьютера, примем равным 900 часам. Мощность ноутбука: 0,9 кВт

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = \text{Цэл} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 4,21 \cdot 0,9 \cdot 900 = 3410,1 \text{ р}$$

где эл Ц – тариф на промышленную электроэнергию (4,21 руб. за 1 кВт·ч) [28];  
P – мощность оборудования, кВт; об F – время использования оборудования, ч.

Затраты на электроэнергию составили 3410,1 рублей.

Материальные затраты, необходимые для выполнения представленных в проекте расчетов разработки, представлены в таблице 15

Таблица 15 – Материальные расходы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за Ед, руб	Затраты Материалы (Зм), руб
1. IGBT-транзистор IRG H42UPBF	шт	24	440	10560
2. Диод UF5408	шт	100	17	1700
3. Кабель ОФЛ РК-75-4	м	20	45	900
Итого				13160

### 5.2.6 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и 62 опытных производств, 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.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (34).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (34)$$

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (35)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.:

Для руководителя:  $Z_{осн} = 1255 \cdot 5 = 6276$  рублей

Для студента:  $Z_{осн} = 118,89 \cdot 76 = 9036$  рублей

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (36)$$

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 (таблица 16).

Для руководителя:  $Z_{дн} = (22300 \cdot 11,2 \cdot 1,3) / 209 = 1553,53$  рублей



Для студента:  $Z_{дн} = (1750 \cdot 10,4 \cdot 1,3) / 185 = 127,89$  рублей

где: 1,3 – это районный коэффициент для Томска, кр;

Зарботная плата  $Z_m$  по тарифной ставке (оклад) доцента, кандидата наук – 22300 руб.

Государственная академическая стипендия студента – 1750 руб.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

<b>Показатели рабочего времени</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Студент</b>
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	118	118
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	-	-
<b>Действительный годовой фонд рабочего времени</b>	<b>209</b>	<b>185</b>

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_b$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	-	1,3	22300	1553,53	5	7768
Студент	1750	1,3	1750	127,89	76	9719,64

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.

### 5.2.7 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:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 7768 \cdot 0,12 = 932,$$

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

Дополнительная заработная плата представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Дополнительная заработная плата

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	$З_{\text{осн}}$	$З_{\text{доп}}$
Руководитель	0,12	6276	932
<b>Итого</b>			<b>932</b>

### 5.2.8 Формирование бюджета затрат НИП

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат НИП

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	13160
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	17487,64
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	932
Отчисления во внебюджетные фонды	2357,7
Контрагентные расходы	-
Накладные расходы	4386,1
<b>Бюджет затрат НТИ</b>	<b>38323,44</b>

### 5.2.9 Оценка научно-технического эффекта

Социально-научный эффект проявляется в росте открытий, изобретений, увеличении суммарного объёма научно-технической информации, полученной в результате выполнения НИОКР, создании научного «задела», являющегося необходимой предпосылкой для проведения в будущем прикладных НИОКР и выполнения работ по модернизации конструкции выпускаемых изделий. За последние года появились предложения не только по качественной характеристике социального эффекта, но и по системе количественных показателей его оценки. Элементом количественной оценки социально-научного эффекта следует считать определение научно-технического эффекта НИОКР по методике. Сущность этой методики состоит в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент научно-технического эффекта НИОКР:

$$H_T = \sum_{i=1}^3 r_i \cdot k_i, \quad (37)$$

где  $r_i$  – весовой коэффициент  $i$ -того признака (определяется по таблице 20);  $k_i$  – количественная оценка  $i$ -того признака.

Таблица 20 – Весовой коэффициент

Признак научно-технического эффекта НИОКР ( $i$ )	Примерные значения весового коэффициента ( $r$ )
Уровень новизны	0,6
Теоретический уровень	0,4
Возможности реализации	0,2

Количественная оценка уровня новизны НИОКР определяется на основе значения баллов по таблице 21.

Таблица 21 – Количественная оценка уровня новизны

Уровень новизны разработки	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Результаты исследований открывают новое направление в данной области науки и техники	8-10
Новая	По-новому или впервые объяснены известные факты, закономерности	5-7
Относительно новая	Результаты исследований систематизируют и обобщают имеющиеся сведения, определяют пути дальнейших исследований	2-4
Традиционная	Работа, выполненная по традиционной методике, результаты исследований носят информационный характер	1
Не обладающая новизной	Получен результат, который был ранее известен	0

### **Вывод к разделу**

В данном разделе рассмотрена экономическая эффективность настоящей выпускной работы. Проведенный SWOT-анализ позволил выявить сильные и слабые стороны проекта, проанализировать их и предпринять меры по устранению слабых сторон, а также возможности, которые нужно учитывать при дальнейшем развитии методик разработки. Построенный график работ позволил рассчитать реальную заработную плату для всех участников проекта. Для того, чтобы показать, что данный проект имеет место быть в научной и экономической сфере, был проведен анализ эффективностью данной работы и сравнен с эффективностью других работ.