

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

---

Энергетический институт  
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Кафедра «Электроэнергетические системы»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Исследование и настройка противоаварийной автоматической разгрузки турбогенератора УДК 621.313.322-81.004:621.311.21(571.122)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Харченко Илья Романович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ	Гусев А.С.	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента ТПУ	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Извеков В.Н.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

## Запланированные результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	<i>Совершенствовать</i> и развивать свой <i>интеллектуальный и общекультурный уровень</i> , добиваться <i>нравственного и физического совершенствования</i> своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками</i> как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	<i>Использовать</i> на практике <i>навыки и умения в организации</i> научно-исследовательских и производственных работ, в <i>управлении</i> коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	<i>Использовать</i> представление о методологических основах <i>научного познания и творчества</i> , роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением <i>современных информационных технологий</i> , синтезировать и критически резюмировать информацию.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и <i>решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы</i> электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	<i>Осваивать новое</i> электроэнергетическое и электротехническое <i>оборудование</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую <i>проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять <i>оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

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

Институт Энергетический институт  
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Кафедра «Электроэнергетические системы»

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

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

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4Б	Харченко Илье Романовичу

Тема работы:

Исследование и настройка противоаварийной автоматической разгрузки турбогенератора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Дата <u>27.01.2016</u> № <u>432/с</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Рекомендуемая научно-техническая литература по теме диссертации.</li><li>2. Исходная схема Тюменской энергосистемы, содержащая контролируемое сечение, ее параметры.</li><li>3. Данные натуральных исследований импульсных характеристик турбоагрегата.</li><li>4. Рекомендуемый для исследования инструмент моделирования ЭЭС всережимный моделирующий комплекс реального времени ЭЭС.</li></ol>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Произвести аналитический обзор литературных источников по теме исследований.</li><li>2. Разработать программу исследований процессов противоаварийной автоматической разгрузки турбогенератора.</li><li>3. Разработать методику настройки противоаварийной автоматической разгрузки турбогенератора.</li><li>4. Разработать программные сценарии для экспериментальных исследований на ВМК РВ ЭЭС процессов и настройки противоаварийной автоматической разгрузки турбогенератора.</li><li>5. Выполнение экспериментальных исследований.</li><li>6. Анализ результатов экспериментальных</li></ol>

	исследований. 7. Обобщенный вывод на основе результатов экспериментальных исследований.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Натурные экспериментальные импульсные характеристики турбоагрегата. 2. Схемы математических моделей паровых турбин и АРЧМ. 3. Результаты осциллограмм исследований.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Елена Александровна
Социальная ответственность	Извеков Владимир Николаевич
Раздел на иностранном языке	Тарасова Екатерина Сергеевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Введение (язык написания – русский)	
Обзор литературы (язык написания – русский)	
Математическая модель и ее обоснование (язык написания – русский)	
Экспериментальные исследования. Методика настройки АИР	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (язык написания – русский)	
Социальная ответственность (язык написания – русский)	
Заключение (язык написания – русский)	
Research and setting up emergency automatic unloading of the turbo generator (язык написания – английский)	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭЭС ЭНИН ТПУ	Гусев А.С.	д.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ4Б	Харченко И.Р.		

## **Реферат**

Магистерская диссертация состоит из 97 листов, 22 рисунков, 28 таблиц, 23 источников, 1 приложения;

Ключевые слова: автоматическая противоаварийная разгрузка, длительная разгрузка турбины, импульсная разгрузка турбины, автоматический регулятор частоты и мощности турбины, электрогидравлическая приставка, моделирование, энергорайон, электроэнергетическая система.

Объектом исследования является турбоагрегат СГРЭС-2.

Целью диссертационной работы является исследование процессов противоаварийной разгрузки турбины при различных настроечных параметрах автоматической импульсной разгрузки (АИР) и разработка на основе этих результатов методики оптимальной настройки автоматики противоаварийной разгрузки.

Для достижения поставленной цели проведен ряд экспериментов на базе созданного в НИЛ «Моделирование ЭЭС» ЭНИН ТПУ Всережимного моделирующего комплекса реального времени ЭЭС, а также использованы расчетные и графоаналитические методы.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения математических моделей в исследовательских работах, а так же об необходимости правильного подбора настроечных коэффициентов

Областью применения проводимого исследования являются энергорайоны с избытком генерирующей мощности.

## Список сокращений

АРЧМ – автоматический регулятор частоты и мощности;

АИР – автоматическая импульсная разгрузка;

ИРТ – импульсная разгрузка турбины;

ПАУ ДРТ – послеаварийное автоматическое управление длительной разгрузкой турбины;

ЭЭС – электроэнергетическая система;

ОЭС – объединенная энергетическая система;

ЦВД – цилиндры высокого давления

ВМК РВ – всережимный моделирующий комплекс реального времени;

ФОЛ – фиксация отключения линии;

ДПНУ – динамическая панель наблюдения и управления;

РЗ – релейная защита;

КЗ – короткое замыкание;

АПВ – автоматическое повторное включение;

ПС – подстанция;

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	9
Обзор литературы.....	11
2. Теоретическое обоснование математической модели первичного двигателя	12
2.1 Обоснование математической модели паровой турбины. ....	12
2.2 Обоснование математической модели автоматического регулятора частоты и мощности турбины (АРЧМ).....	19
3 Экспериментальные исследования. Методика настройки АИР.....	25
3.1 Исходные данные для моделирования .....	25
3.2 Экспериментальные исследования во всережимном моделирующем комплексе реального времени электроэнергетических систем.....	33
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	47
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	48
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	48
4.1.2 SWOT-анализ.....	49
4.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования.....	53
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	53
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	55
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	56
4.3 Расчет бюджета для научно-технического исследования.....	60
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	60
4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы	61
4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	64
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	65
4.3.5 Накладные расходы.....	66
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	66
4.4 Определение целесообразности и эффективности научного исследования .....	68
4.4.1 Анализ и оценка научно-технического уровня проекта .....	68

4.4.2 Оценка важности рисков .....	69
5. Социальная ответственность .....	75
5.1 Производственная безопасность .....	76
5.2 Производственная санитария.....	79
5.2 Техника безопасности .....	84
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	95
Список используемых источников.....	96
Приложение А .....	97



## **ВВЕДЕНИЕ**

Электроэнергетическая система (ЭЭС) – одна из самых сложных технических динамических систем, функционирование которой обеспечивается преимущественно средствами автоматики, от настройки которых зависит надежность и эффективность их работы.

Проблема сохранения устойчивости системы решается восстановлением нормального функционирования отдельных элементов системы, в основном, генераторов электростанции. Обеспечить устойчивость и надежность, энергорайонов и энергосистем в целом, возможно, если наряду с рациональными схемно-режимными состояниями энергосистем будут использоваться необходимые средства противоаварийной автоматики. Одним из таких средств является противоаварийная разгрузка турбоагрегатов, работающая при возникновении аварийных избытков генерируемой мощности, эффективность настройки которой связана с необходимостью проведения детальных исследований с использованием адекватных математических моделей всего значимого оборудования и прежде всего первичных двигателей турбогенераторов.

Решению этой задачи посвящена данная диссертационная работа, основной целью которой является исследование процессов противоаварийной разгрузки турбины при различных настроечных параметрах автоматической импульсной разгрузки (АИР) и разработка на основе этих результатов методики оптимальной настройки автоматики противоаварийной разгрузки.

Для достижения поставленной цели в работе поставлены и решены задачи:

1. Анализ на основе обзора научно-технической литературы задачи оптимальной настройки параметров противоаварийной разгрузки турбоагрегата.
2. Обоснование, необходимых для решения задач, математических моделей первичных двигателей.
3. Разработка программы экспериментальных исследований АИР и методики ее выполнения, обеспечивающей оптимальность параметров.
4. Проведение экспериментов в соответствии с разработанной программой.
5. Анализ и обобщение экспериментальных результатов.

Для решения поставленных задач в диссертационной работе необходимо использовать теоретические методы: теории автоматического регулирования, теории линейных и нелинейных электрических цепей, методов решения дифференциальных уравнений, методов математического моделирования и средств их реализации.

Методологической основой исследования составили научные труды отечественных и зарубежных ученых по тематике данной диссертационной работы.

## **Обзор литературы**

В диссертационной работе были использованы научная и учебная литература отечественных авторов, работающих в области автоматики энергосистем.

В качестве основного источника был использован труд Б.И. Иофьева, посвященный автоматическому аварийному управлению мощностью энергосистем. В нем подробно раскрыта тема разгрузки тепловых турбин и ее использование для сохранения устойчивости, так же в книге представлены принципы разгрузки турбин. На основании данной работы было представлено обоснование математических моделей первичных двигателей.

На основании учебных пособий Г.М. Павлова, А.Д. Дроздова был теоретически описан автоматический регулятор частоты и мощности турбины.

В работах А.С. Гусева, С.В. Свечкарева, И.Л. Плодистого, Ю.С. Боровикова представлены и подробно описаны универсальные математические модели первичных двигателей.

## **2. Теоретическое обоснование математической модели первичного двигателя**

### **2.1 Обоснование математической модели паровой турбины.**

Паровая турбина представляет собой тип силового двигателя, в котором тепловая энергия пара преобразуется в механическую энергию вращения вала. Принцип действия заключается в преобразовании тепловой энергии пара, поступающей из котлоагрегата, который воздействуя на рабочее колесо турбины, приводит его во вращение, отдавая часть энергии.

За исключением небольших вспомогательных, турбины выполняются многоступенчатыми. Обосновано это тем, что перепады тепла в турбинах высоких начальных и низких конечных параметров пара достигают порядка 1200-1500 кДж/кг. В таких условиях скорость пара на выходе из сопел в одноступенчатой турбине будет порядка 1500 м/с, а окружная скорость лопаток будет около 1000 м/с, но современная промышленность не получила еще металлов, которые могли бы работать в таких условиях, поэтому обеспечить сохранность ротора и лопаток при таких окружных скоростях практически невозможно. Из-за чего все крупные турбины выполняются многоступенчатыми. В данном виде турбин пар расширяется в последовательных ступенях и теплоперепады ступеней составляют малую часть перепада всей турбины. Из-за этого окружные скорости лопаток составляют 120-250 м/с для цилиндров высокого и среднего давления (ЦВД и ЦСД) и порядка 350 м/с для ЦНД.

В ЦВД, ЦСД и ЦНД присутствует воздействие промежуточного золотника регулятора турбины на сервомотор.

Преимущества многоступенчатых турбин:

1. За счет уменьшения теплоперепада обеспечивается более высокий КПД.

2. Энергия выходной скорости предыдущей ступени повышает располагаемую мощность последующей.

3. Конструкция многоступенчатой турбины позволяет осуществлять отбор пара для промперегрева, что повышает КПД.

Основной из минусов: с увеличением числа ступеней возрастает стоимость и сложность конструкции, но данный пункт оправдывается повышением КПД.

Пар, отработавший в ЦВД, ЦСД и ЦНД направляется в пароперегреватель. Пароперегреватели паровых котлов являются специальным оборудованием, которое дополняет паровые котлы и предназначено, соответственно, для перегрева пара. Перегрев используют для уменьшения конечной влажности пара в последних ступенях турбины. Пароперегреватель котла помогает значительно повысить температуру парового котла, поднимая температурные показатели выше критических пределов. Таким образом, пароперегреватели и полученный насыщенный перегретый пар способствует существенному повышению коэффициента полезного действия паровой установки.

Пароперегреватели дают ряд преимуществ:

1. Пароперегреватель котла позволяет предотвращать потери давления на трубопроводах, имеющих значительную протяженность.

2. Пароперегреватель увеличивает температуру, повышая общий КПД парового котла.

Паровая турбина с системой регулирования является одной из наиболее сложных составляющих электроэнергетических систем (ЭЭС).

Так как производить натурные эксперименты в ЭЭС не представляется возможным, ввиду невозможности создания аварийных режимов с целью изучить поведение электрооборудования и систем регулирования в экстремальных ситуациях, а физическое моделирование ограничивается

сложностью воссоздания энергосистем, единственным способом получения информации, которая необходима для проектирования, развития и эксплуатации систем, является математическое моделирование.

В связи с тем, что первичные двигатели (ПД) существенно влияют на нормальные и аварийные процессы производства, передачи, распределения электроэнергии, к математическим моделям, отображающим турбоагрегаты, предъявляется требование максимально точно отображать процессы в них протекающие.

Сложность заключается в том, что на данный момент в ЭЭС находится множество типов различных турбин с разными системами регулирования и в программах расчета процессов в ЭЭС создаются математические модели с сильно упрощенными, обобщенными характеристиками, в таких условиях моделирования говорить об его адекватности не приходится и использование такой информации может стать причиной неправильной настройки органов управления турбиной, противоаварийной автоматики и как следствие к тяжелым аварийным случаям. Поэтому, несмотря на общие передаточные функции отдельных элементов, разработка математической модели для конкретного типа оборудования выливается в уникальный процесс. Из-за этого встает вопрос о разработке математической модели для любого хоть сколько-то отличающегося типа ПД. Поэтому появилась задача создания универсальной модели с адаптивными свойствами. [2]

Для всех методов и средств расчета наиболее наглядной формой модели является операторная схема, в которой помимо математического содержания модели представлена структура объекта.

Такая схема представлена на Рисунке 1

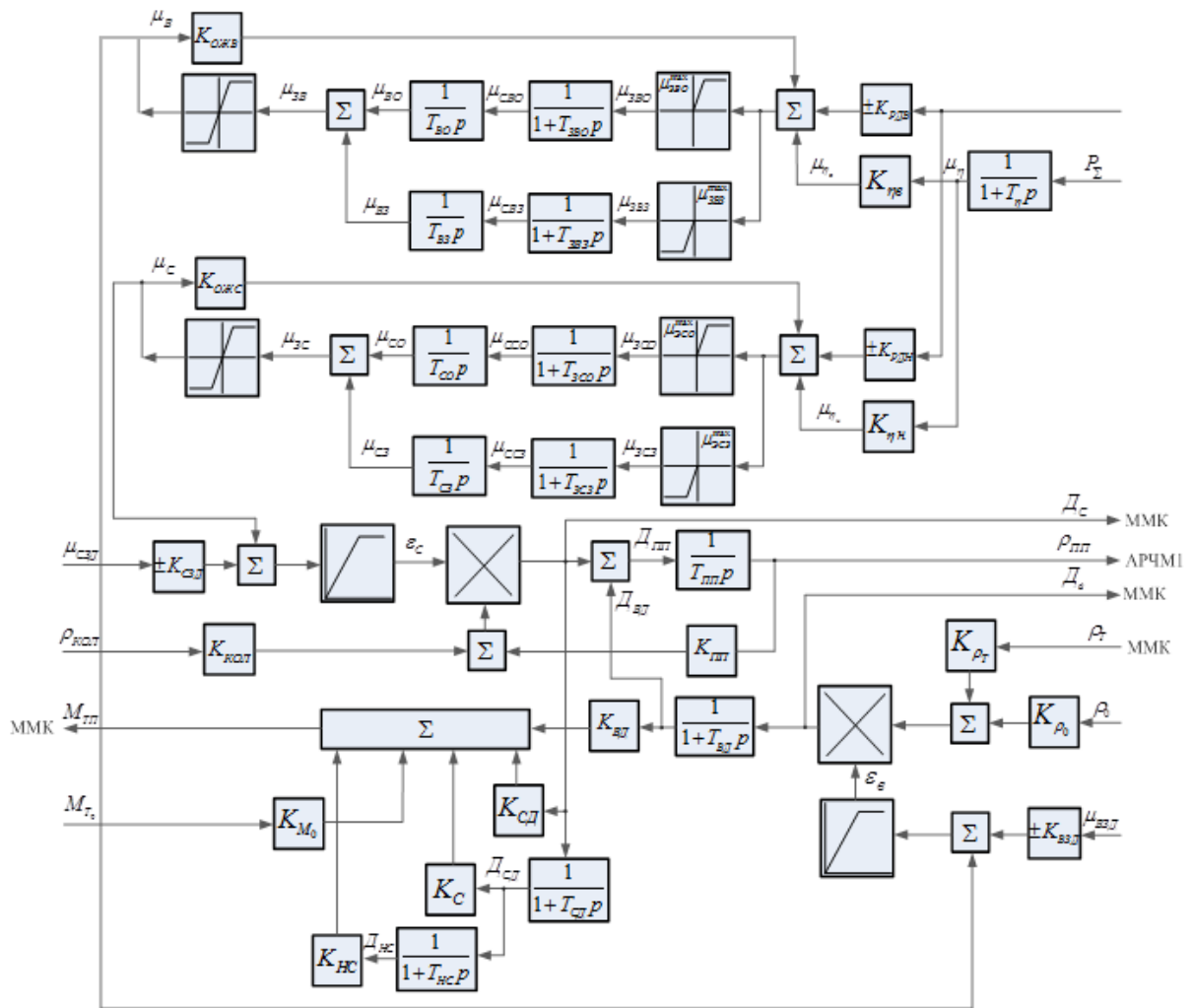


Рисунок 1 - Схема математической модели паровых турбин

В математической модели паровой турбины необходимы коэффициенты передачи каналов, они выделяют управление регулирующими клапанами ЦВД, ЦСД и ЦНД турбины по скорости вращения.

В структурной схеме находится жесткая обратная связь (ЖОС), она охватывает исполнительный и усилительный элементы. Жесткая обратная связь – вид обратной связи, сигнал, поступающий на вход регулятора, который пропорционален выходному сигналу самого объекта в любой период времени, данный вид обратной связи присутствует на протяжении всего процесса. Сигнал, который выходит с ЦВД, ЦСД и ЦНД отображается в виде коэффициента  $\epsilon$ , данный коэффициент показывает степень открытия регулирующих клапанов соответственно ЦВД, ЦСД и ЦНД.

Итак, на данной схеме присутствуют функциональные настроечные коэффициенты и дифференциальные уравнения, представленные передаточными функциями, которые в совокупности образуют математическую модель.

Коэффициенты, представленные на схеме:

- $\pm K_{РДВ}$  и  $\pm K_{РДН}$  - коэффициенты задания передачи каналов акцентированного управления регулирующими клапанами цилиндра высокого давления (ЦВД) и цилиндра низкого давления (ЦНД) турбины при осуществлении регулирования;
- $K_{\eta В}$  и  $K_{\eta Н}$  - коэффициенты задания передачи каналов акцентированного управления регулирующими клапанами ЦВД и ЦНД по скорости вращения;
- $K_{ОЖВ}$  и  $K_{ОЖС}$  - коэффициенты, представляющие жесткую отрицательную обратную связь систем управления регулирующими клапанами ЦВД и ЦСД, ЦНД, соответственно;
- $\varepsilon В, \varepsilon С$  - величина открытия регулирующих клапанов ЦВД, ЦСД, ЦНД;
- $\pm K_{ВЗД}$  - мультифункциональный коэффициент служит для задания начального положения  $\mu_{ВЗД}$  регулирующих клапанов ЦВД или различных возмущающих воздействий;
- $\pm K_{СЗД}$  - многофункциональный коэффициент задания предварительного положения  $\mu_{СЗД}$  регулирующих клапанов ЦСД, ЦНД или различного рода возмущающих воздействий и др.;
- $K_{ПП}$  - настроечный коэффициент контура пароперегрева;
- $K_{ВД}$  - коэффициент, отображающий долю мощности и момента турбины  $M_{ТП}$  за счет ЦВД;
- $K_{СД}$  - коэффициент, отображающий долю мощности и момента турбины за счет ЦСД;



- $K_C$  - коэффициент, определяющий долю мощности и момента турбины за счет ступеней ЦСД, расположенных за эквивалентным паровым объемом;
- $K_{HC}$  - коэффициент, определяющий долю мощности и соответственно момента турбины за счет ЦНД;
- $K_{M_0}$  - программно-функциональный, многоцелевой коэффициент, с помощью которого осуществляется возможность воспроизведения возмущений момента турбины.

Теперь перейдем к использованным в модели дифференциальным уравнениям:

Уравнение золотника турбины выглядит так:

$$\frac{d\mu_\eta}{dt} = \frac{1}{T_\eta} (P_\Sigma - \mu_\eta),$$

Уравнение, представляющее закон открытия окон золотника сервомотора для регулирующих клапанов ЦВД

$$\frac{d\mu_{CBO}}{dt} = \frac{1}{T_{ЗВО}} (\mu_{ЗВО} - \mu_{CBO});$$

То же только на закрытие окон золотника

$$\frac{d\mu_{CBЗ}}{dt} = \frac{1}{T_{ЗВЗ}} (\mu_{ЗВЗ} - \mu_{CBЗ});$$

Уравнение, характеризующее перемещение поршня сервомотора регулирующих клапанов ЦВД на открытие

$$\frac{d\mu_{BO}}{dt} = \frac{1}{T_{BO}} \mu_{CBO};$$

То же на закрытие окон золотника

$$\frac{d\mu_{BЗ}}{dt} = \frac{1}{T_{BЗ}} \mu_{CBЗ};$$

Уравнение открытия окон золотника сервомотора регулирующих клапанов, цилиндра среднего давления ( ЦСД), или их обобщения, которое обычно, также обозначают ЦНД

$$\frac{d\mu_{\text{ССО}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ЗСО}}} (\mu_{\text{ЗСО}} - \mu_{\text{ССО}});$$

То же на закрытие окон золотника сервомотора регулирующих клапанов ЦСД, ЦНД

$$\frac{d\mu_{\text{ССЗ}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ЗСЗ}}} (\mu_{\text{ЗСЗ}} - \mu_{\text{ССЗ}});$$

Уравнение смещения поршня сервомотора регулирующих клапанов ЦСД, ЦНД на открытие

$$\frac{d\mu_{\text{СО}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{СО}}} \mu_{\text{ССО}};$$

То же на закрытие

$$\frac{d\mu_{\text{СЗ}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{СЗ}}} \mu_{\text{ССЗ}},$$

Уравнение, представляющее промежуточный пароперегреватель (ПП)

$$\frac{d\rho_{\text{ПП}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ПП}}} D_{\text{ПП}},$$

в формуле  $D_{\text{ПП}}$  – расход пара ПП, а  $\rho_{\text{ПП}}$  – давление пара на выходе ПП;

$K_{\text{ПП}}$  – настроечный коэффициент контура пароперегрева;

$D_{\text{В}}$  – расход пара через ЦВД

уравнение парового объема ЦВД

$$\frac{dD_{\text{ВД}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ВД}}} (D_{\text{В}} - D_{\text{ВД}}),$$

Где  $D_{\text{ВД}}$  – расход пара через паровой объем ЦВД;

Уравнение эквивалентного парового объема ЦСД, находящегося за контуром промперегрева

$$\frac{dD_{\text{СД}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{СД}}} (D_{\text{С}} - D_{\text{СД}}),$$

$D_{\text{СД}}$  – расход пара через паровой объем ЦСД;

$D_{\text{С}}$  – расход пара через ЦСД.

Уравнение эквивалентного парового объема, находящегося за регулирующими клапанами ЦНД

$$\frac{dD_{НС}}{dt} = \frac{1}{T_{НС}} (D_{сд} - D_{НС}),$$

$D_{НС}$  – расход пара через ЦНД.

## **2.2 Обоснование математической модели автоматического регулятора частоты и мощности турбины (АРЧМ)**

При исследовании и обосновании математической модели первичного двигателя важным ее аспектом является автоматический регулятор частоты и мощности турбины (АРЧМ). Он предназначен для поддержания частоты вращения турбины в заданных пределах, а также пуска, останова и экстренной разгрузки агрегата и распределения активной нагрузки между агрегатами при параллельной работе. Изменение частоты вращения турбины происходит за счет изменения впуска рабочего тела – пара. Данное изменение происходит посредством воздействия на регулирующий орган, которым в тепловых турбинах являются регулирующие клапана. В контексте данной работы АРЧМ интересует нас как элемент, с помощью которого возможна противоаварийная разгрузка турбины. [2]

В данное время используется несколько видов АРЧМ:

- Центробежный;
- Электрогидравлический;
- Гидродинамический.

В АРЧМ с центробежной конструкцией в качестве измерительного органа используется центробежный маятник – датчик, отслеживающий отклонение частоты вращения от номинального значения. В связи с тем, что необходимо обеспечивать значительные усилия для изменения положения регулирующих клапанов в АРЧМ предусмотрен усилительный элемент –

гидравлический преобразователь, в этом элементе сигнал усиливается и передается на гидравлический исполнительный механизм (ГИМ), который воздействует на регулирующие клапана, из-за чего изменяется подача пара и как следствие мощность турбины. Элементом коррекции является обратная связь жесткая (ЖОС); задающий элемент – электрогидравлическая приставка (ЭГП) и механизм изменения частоты вращения (МИЧВ), который служит для того, чтобы перемещать характеристику регулирования частоты вращения (зависимость частоты от активной мощности) вдоль оси  $f$ . При помощи МИЧВ можно перемещать поршень золотника вверх или вниз, тем самым увеличивая или уменьшая впуск рабочего тела, что приведет к увеличению либо уменьшению частоты вращения соответственно. Также с помощью МИЧВ при работе генератора в энергосистеме (неизменная частота) можно менять нагрузку самого агрегата, в пределах его диапазона. С помощью ЭГП реализуется экстренное снижение мощности турбины, после снятия управляющего воздействия мощность турбины восстанавливается до исходной величины. ЭГП имеет вид, представленный на Рисунке 2. ЭГП преобразует электрические сигналы в механические следующим образом: сигнал попадает на усилитель  $У$ , он в свою очередь, действует на электромагнитный привод ЭП, который и преобразует сигналы электрической природы в механические, которые поступают на гидравлический усилитель ГУ, а далее на ГИМ, чтобы уравновесить ЭП используется пружина П.

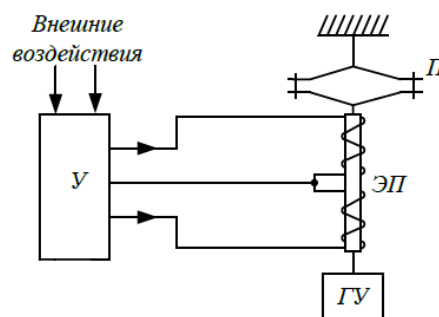


Рисунок 2 – электрогидравлическая приставка

При синтезе математической модели АРЧМ основной задачей являлось создание универсальной, адаптируемой, гибкой модели. Для того что бы данная модель могла предоставлять адекватные результаты, сопоставимые с реальными, необходимо отвечать исходам многочисленных испытаний и исследований процессов регулирования частоты и мощности турбины. В результате на основе анализа практически проверенных математических описаний звеньев АРЧМ была составлена математическая модель, позволяющая достаточно достоверно и точно воспроизводить работу АРЧМ в режимах регулирования и противоаварийной разгрузки.

В структурной схеме математической модели автоматического регулятора частоты и мощности турбины воплощены медленно- и быстродействующие контура, сигнал с медленнодействующего контура предназначен для воздействия на МИЧВ. С быстродействующего контура сигнал поступает на ЭГП. В быстродействующий контур включены наладочные коэффициенты коррекции статической и динамической неравномерности, они необходимы в связи с сохранением статической и динамической устойчивости, с помощью них формируется корректирующий сигнал с определенным ограничением. Так же в модели необходимо предусмотреть возможность воспроизведения противоаварийного управления турбиной, согласно заданиям, которые формируются в централизованной системе противоаварийного управления. Аварийная разгрузка турбин – это такой вид управляющего воздействия, при котором добиваются максимально быстрого изменения мощности турбины, путем введения в систему регулирования воздействия большой интенсивности. Для реализации законов изменения мощности турбины через ЭГП формируются управляющие импульсы определенной амплитуды и длительности. Амплитуда импульсов измеряется в относительных единицах, именуемых неравномерностями. Одной неравномерности соответствует минимальная амплитуда длительного сигнала, при подаче которого турбина разгружается от номинального значения мощности до нуля.



импульсной разгрузки  $P_{AIP}$  М ЦСПУ и послеаварийной разгрузки  $P_{ПАУ}$  М ЦСПУ турбин.

Итак, на данной схеме присутствуют функциональные настроечные коэффициенты и дифференциальные уравнения, представленные передаточными функциями, которые в совокупности образуют математическую модель.

Коэффициенты, представленные на схеме:

- $K_{ЗМ}$  – коэффициент, необходимый для изменения задания нагрузки генератора  $P_{ЗМ}$ , определяющий АРЧМ передаваемую генератору мощность  $P_{ЗД}$ ;
- $K_{ПАУ}$  – коэффициент, который определяет послеаварийную разгрузку генератора  $\pm \Delta P_{ПАУ}$ ;
- $K_{\Delta p}$  – коэффициент передачи, является функционально изменяемым, канала коррекции медленнодействующего контура АРЧМ по изменению уровня давления свежего пара  $\Delta p_T$ ;
- $K_{РДС}$  – коэффициент передачи, является функционально изменяемым, общего канала регулирования мощности для конденсационных турбин в режимах на скользящем давлении пара и регулировании давления пара перед турбиной «до себя», включая стерегущий режим, а также регулирования мощности турбин с противодавлением, турбин с промышленными и теплофикационными отборами пара;
- $K_{АРЧМ}$  – многофункциональный программно-изменяемый коэффициент передачи, который может использоваться, в том числе, для воспроизведения управляющих воздействий системных АРЧМ ЭЭС;
- $K_{МУТ}$  – коэффициент передачи механизма управления турбиной (МУТ);
- $K_{П}$  и  $K_{НКН}$  – коэффициенты передачи канала начальной динамической коррекции неравномерности быстродействующего контура АРЧМ, посредством которых по текущим значениям мощности генератора  $P_{Г}$  и

давления пара за промежуточным пароперегревателем  $\rho_{\text{ПП}}$  (из ММПТ) формируется корректирующее воздействие  $P_{\text{НК}}$  с ограничением, согласно уравнению

$$P_{\text{НК}} = (P_{\text{Э}} - K_{\text{П}}\rho_{\text{ПП}})K_{\text{НКН}};$$

- $K_{\text{СКН}}$  – коэффициент передачи канала статической коррекции неравномерности быстродействующего контура АРЧМТ;
- $K_{\text{ПА}}$  – коэффициент передачи канала динамической коррекции быстродействующего контура АРЧМТ;
- $K_{\text{Р}}$  – многофункциональный программно-изменяемый коэффициент передачи канала разгрузки быстродействующего контура АРЧМ, в том числе противоаварийной автоматической импульсной разгрузки (АИР), которая может осуществляться также путем функционального изменения  $K_{\text{Р}}$ , обеспечивающего формирование  $\Delta P_{\text{АИР}}$ .
- $K_{\text{РС}} = \frac{1}{\sigma}$  – коэффициент передачи регулятора скорости, где  $\sigma = var$  – статизм регулятора скорости;
- $K_{\omega_0}$  – коэффициент изменения уставки  $\omega_0$  частоты вращения ротора турбины.

Теперь перейдем к использованным в модели дифференциальным уравнениям:

- дифференциальное уравнение измерителя мощности генератора

$$\frac{dP_{\text{Э}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ИМ}}} (K_{\text{ИМ}}P_{\text{Г}} - P_{\text{Э}});$$

- дифференциальное уравнение частотного корректора медленнодействующего контура АРЧМТ

$$\frac{d\omega_{\text{ЧК}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{ЧК}}} (K_{\text{ЧК}}\omega_{\text{ДЧ}} - \omega_{\text{ЧК}});$$

- система уравнений звена динамической коррекции медленнодействующего контура АРЧМТ



$$P_{\Delta D} = \frac{1}{T'_{3D}} (T_{3D} P_{\Delta 3} - Z_{\Delta D}), \frac{dZ_{\Delta D}}{dt} = P_{\Delta D};$$

- дифференциальное уравнение общего канала медленнодействующего контура АРЧМТ

$$\frac{dP_{PM}}{dt} = \frac{1}{T_{PM}} (K_{PM} P_{\Delta \Sigma} - P_{PM});$$

- дифференциальное уравнение механизма управления турбиной

$$\frac{dP_{MUT}}{dt} = \frac{1}{T_{MUT}} (P_{\Delta M} - P_{MUT});$$

- система уравнений звена динамической коррекции неравномерности быстродействующего контура АРЧМТ

$$P_{DM} = \frac{1}{T'_{DM}} (T_{DM} P_{\Delta} - Z_{D\Delta}), \frac{dZ_{D\Delta}}{dt} = P_{DM} - P_{\Delta},$$

- дифференциальное уравнение измерителя скорости вращения турбины

$$\frac{d^2 \omega_{ИЧ}}{dt^2} = \frac{1}{T''_{ИЧ}} (-T'_{ИЧ} \frac{d\omega_{ИЧ}}{dt} - \omega_{ИЧ} + K_{ИЧ} \omega)$$

- система уравнений звена динамической частотной коррекции быстродействующего контура АРЧМТ

$$\omega_{1ЧК} = \frac{1}{T'_{1ЧК}} (T_{1ЧК} \omega_{\Delta Ч} - Z_{1\Delta Ч}), \frac{dZ_{1\Delta Ч}}{dt} = \omega_{1ЧК} - \omega_{\Delta Ч};$$

- дифференциальное уравнение общего канала быстродействующего контура АРЧМТ

$$\frac{dP_{ЭГП}}{dt} = \frac{1}{T_{ЭГП}} (K_{ЭГП} P_{\Delta Э} - P_{ЭГП});$$

Вывод:

Представленные математические модели элементов ЭЭС, позволяют решать задачи исследования, эксплуатации, проектирования в режиме реального времени. Возможность адекватного моделирования осуществима благодаря тому, что структурные схемы учитывают все значимые звенья.

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

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5АМ4Б	Харченко Илья Романович

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетика и электротехника/автоматика энергосистем

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов.</i>	<i>При проведении исследования используется база лабораторий ЭНИН ТПУ; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>НР 34-70-32-83, РД 34.10.301, РД 34.10.102-91, ГОСТ Р 51387-99, МУ 34-00-094-85, ГОСТ Р 53905-2010</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	<i>Отчисления в социальные фонды - 30 % от ФОТ.</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Описание потенциального потребителя, SWOT анализ</i>
2. <i>Планирование этапов и выполнения работ по НИР (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности и трудоемкости работы)</i>	<i>Планирование научно-исследовательских работ, определение действующих лиц, длительности и трудоемкости работ.</i>
3. <i>Расчет бюджета для научно-технического исследования</i>	<i>Определение материальных затрат НИИ, затрат на специальное оборудование, расчет основной заработной платы и накладных расходов</i>
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Оценка целесообразности и эффективности научного исследования. Анализ и оценка научно-технического уровня исследования. Оценка рисков.</i>

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

1. <i>Диаграмма Ганта</i>
---------------------------

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент кафедры менеджмента ТПУ	Грахова Е.А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5АМ4Б	Харченко И.Р.		

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

В настоящее время 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.

Темой научно-технического исследования является исследование и настройка противоаварийной автоматической разгрузки турбины. Проведение исследования предполагает использование специализированного программно-технического комплекса и основано на построении математической модели рассматриваемого участка производства.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [1].

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

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

### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Синхронные генераторы являются основным источником электрической энергии. При их работе в объединенной энергосистеме необходимо чтобы сохранялся баланс произведенной и потребленной электроэнергии, в противном случае может нарушиться устойчивость энергосистемы и потребители останутся без энергии. Вышеперечисленные обстоятельства приводят к необходимости комплексного подхода к мероприятиям, направленным на сохранение устойчивости работы синхронных машин в различных режимах.

Немаловажную роль среди проводимых исследований играет изучение влияния настроечных коэффициентов на работу турбоагрегатов.

В рамках настоящего научного исследования предлагается разработанный на базе НИЛ «Моделирование ЭЭС» ЭНИН ТПУ Всережимный моделирующий комплекс электроэнергетических систем, представляющий собой специализированную микропроцессорную программно-техническую систему реального времени гибридного типа, на котором осуществляется моделирование необходимых для анализа режимов и процессов. Данное программное обеспечение обеспечивает необходимую достоверность результатов, высокую скорость выполнения работы, наглядность, а также доступный пользовательский интерфейс. Программа позволяет воспроизвести процессы, происходящие в реальных электроустановках при их эксплуатации, основываясь на построении адекватных математических моделей, что впоследствии является основой для принятия правильного технического решения и позволяет свести к минимуму экономические издержки того или иного производства.

Основными потребителями подобных исследований могут быть:

- крупные нефтехимические производства;
- объединенные диспетчерские управления;

- легкая и тяжелая промышленность;
- электростанции различного типа,

а также другие виды производств, связанные с эксплуатацией мощных потребителей электрической энергии, влияющих на процесс производства.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

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

Для проведения комплексного анализа проводимого исследования выделим несколько этапов:

1. Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 4.1 - Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принципиально новая методика проведения исследования</li> <li>2. Универсальность применения разрабатываемых математических моделей</li> <li>3. Наличие опытного научного-руководителя</li> <li>4. Актуальность проводимого исследования</li> <li>5. Обширная сфера применения</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Требуется уникального оборудования</li> <li>2. Возможность появления новых методов</li> <li>3. Отсутствие повсеместного внедрения новой методики</li> <li>4. Требуется тщательного сбора исходных данных</li> <li>5. Многостадийность методики</li> </ol>
<b>Возможности:</b>	Актуальность разработки,	Возможность наличия

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов</li> <li>2. Большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</li> <li>3. Большая стоимость конкурентных разработок и сложность их использования</li> <li>4. Возможность выхода на внешний рынок</li> <li>5. Рост потребности в обеспечении безопасности технологического процесса и сокращения экономических издержек</li> </ol>	<p>опытный руководитель и принципиально новая методика дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;</p> <p>Большой потенциал применения методики, а так же возможность выхода на внешний рынок обуславливаются принципиально новой методикой;</p> <p>Рост потребности в обеспечении безопасности технолого-производственного процесса и сокращения экономических издержек возможен за счет принципиально новой методики;</p> <p>За счет новизны и принципиальных отличий возможен выход на большие объемы применения данной методики.</p>	<p>партнерских отношений с исследовательскими институтами для взаимного использования уникального оборудования;</p> <p>Отсутствие повсеместного внедрения новой методики обеспечивает большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие спроса на новые программные продукты в исследуемой сфере</li> <li>2. Развитая конкуренция в сфере математического моделирования технологических процессов крупных</li> </ol>	<p>Универсальность применения разрабатываемых математических моделей и обширная сфера применения программного комплекса минимизируют влияния развитой конкуренции в обозначенной сфере</p> <p>Актуальность проводимого</p>	

производств 3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования 4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями 5. Малые скорости внедрения разрабатываемого ПО	исследования и наличие опытного научного руководителя в сочетании с принципиально новой методикой проведения работ обеспечивают стремительный выход на внутренний рынок	
--	---	--

2. Выявление соответствия сильных и слабых сторон научно – исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 4.2 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	0	0	+	+	0
	B3	+	-	-	-	-
	B4	+	+	0	+	+
	B5	+	0	-	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1C1C2C3C4C5, B2C3C4, B3C1, B5C1C4.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	-	-	0	0
	B2	0	0	+	-	-
B3	-	0	0	-	-	

	B4	-	0	-	-	-
	B5	0	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл1, B2Сл3.

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5
Угрозы проекта	У1	-	0	0	-	-
	У2	0	+	0	0	+
	У3	0	0	0	0	0
	У4	+	0	+	+	+
	У5	-	-	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У2С2С5, У4С1С3С4С5.

Таблица 4.5 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	-	0	-	0	-
	У2	-	-	0	-	-
	У3	-	0	0	0	0
	У4	0	-	-	-	-
	У5	-	-	0	0	0

Коррелирующие слабые стороны и угрозы не выявлены.

**Вывод:** заявленная методика имеет большой потенциал, широкий круг потенциальных потребителей, а также возможность быстрого выхода на внешний рынок.



## **4.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования**

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

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- 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. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание исследовательской части работ	Содержание технической части работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Получение технического задания от предприятия-заказчика и его согласование.	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения технологического процесса.	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Выбор способа проведения технической стороны исследования и его обоснование; составление математических моделей.	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах.	Научный руководитель
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Проведение теоретических расчетов, а затем необходимых экспериментов для их подтверждения.	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Анализ результатов проведенного научно-технического исследования, выдача рекомендаций относительно решаемой задачи.	Инженер совместно с научным руководителем
Оформление отчета по НИР	7	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов и принятых технических решений.	Инженер
	8	Публикация полученных результатов	Передача результатов исследования заказчику и их внедрение в процесс производства.	Научный руководитель

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

$t_{\max i}$  – 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  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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.

В таблице 4.7 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работ.

### 4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = \frac{365}{247} = 1,48, \quad (4)$$

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

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году (пятидневная рабочая неделя);

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

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

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнитель	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ожид}}$ , чел-дни			

	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	14	-	21	-	16,8	-	1	-	16,8	-	25
Выбор направления исследований	2	4	3	5	2,4	4,4	1	1	2,4	4,4	4	7
Календарное планирование работ по теме	3	-	7	-	4,6	-	1	-	4,6	-	7	-
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	21	-	28	-	23,8	-	1	-	23,8	-	35
Оценка эффективности полученных результатов	3	7	5	14	3,8	9,8	1	1	3,8	9,8	6	15
Составление пояснительной записки	-	5	-	10	-	5	-	1	-	5	-	7
Публикация полученных результатов	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-

Итого длительность работ – 114 календарных дней.

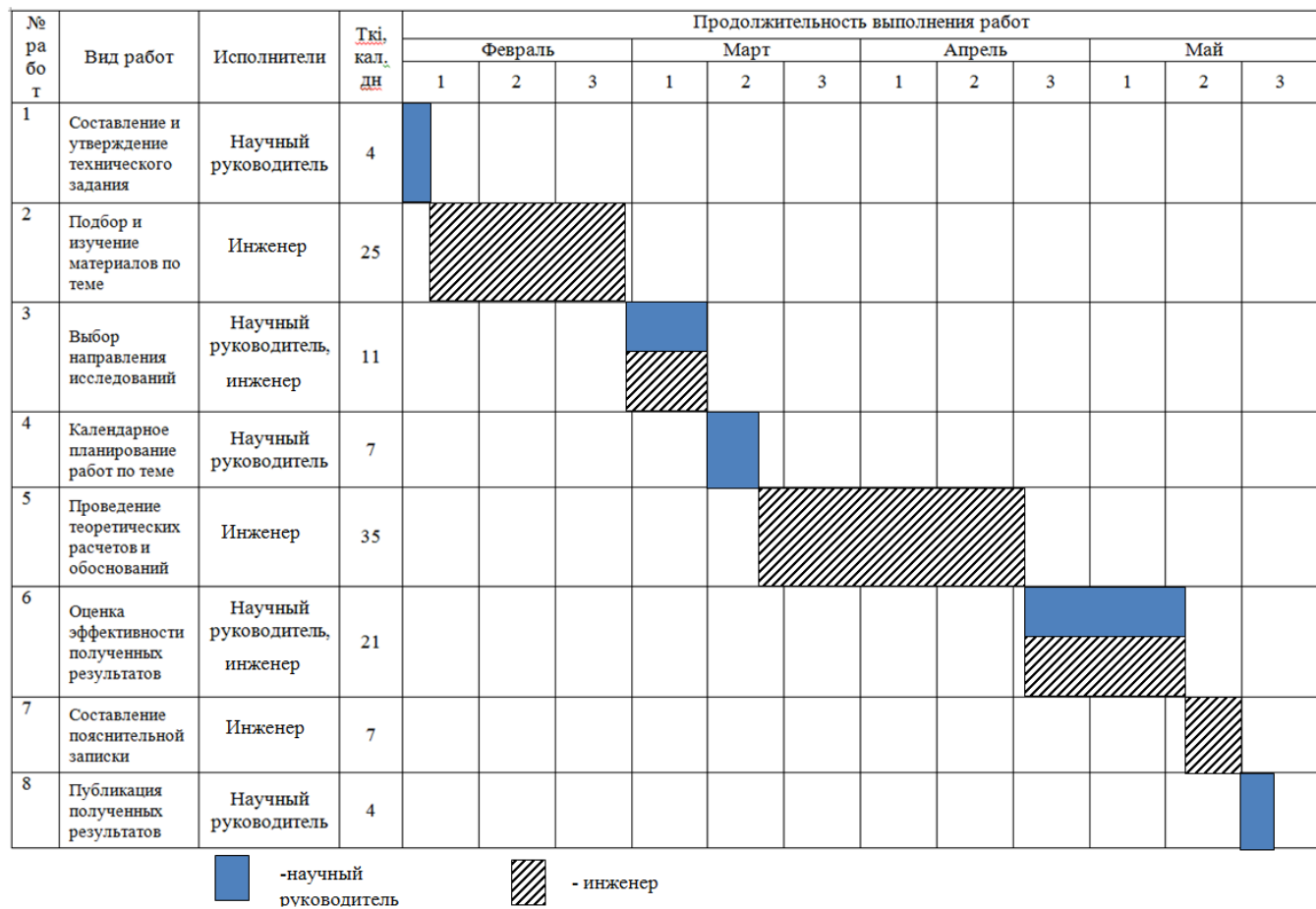
На основе таблицы 4.7 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени написания ВКР. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 4.8:

**Вывод:** общее число работ составило 8. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя

составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.

Таблица 4.8 - Календарный план-график проведения НИР (Диаграмма Ганта)



## 4.3 Расчет бюджета для научно-технического исследования

### 4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (5)$$

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).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 3. 4



Таблица 4.9 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы, (Зм), руб	
		Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер
Компьютер	Штука	1	1	20000	25000	23000	28750
Принтер	Штука	1	1	6000	6000	6900	6900
Mathcad	Штука	1	1	7000	7000	8050	8050
Microsoft Word	Штука	1	1	2000	2000	2300	2300
Специализированное ПО	Штука	3	3	8000	8000	9200	9200
Канцелярские принадлежности	-	-	-	-	-	2000	4000
Итого						<b>51450</b>	<b>57200</b>

#### 4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и 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. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.10:

Таблица 4.10 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям		Трудо-емкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	Инженер	-	16,8	-	1515	-	25452
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель	Инженер	2,4	4,4	3060	1515	7344	6666
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	-	4,6	-	3060	-	14076	-
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	Инженер	-	23,8	-	1515	-	36057
6	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	Инженер	3,8	9,8	3060	1515	11628	14847
7	Составление пояснительной записки	-	Инженер	-	5	-	1515	-	7575
8	Публикация полученных результатов	Научный руководитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
Итого:								<b>50184</b>	<b>90597</b>

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot M}{F_{д}}, \quad (7)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 4.11

Таблица 4.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	16	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	207	189

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{м} = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р}, \quad (8)$$

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

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

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

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{сi} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.12:

Таблица 4.12 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	30000	0,3	0,15	1,3	56550	3059,71	207	633360
Инженер	15000	0,3	0,5	1,3	35100	1514,689	189	286276
Итого								919636

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

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

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

3) иные выплаты; районный коэффициент.

### 4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и

общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (9)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 4.13.

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

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлено в таблице 4.8

Таблица 4.13 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	633360	95004
Инженер	286276	42941
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Отчисления, руб</b>		

Научный руководитель	197386,6
Инженер	89218

#### 4.3.5 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 4.14

Таблица 4.14 – Накладные расходы

	$Z_{\text{накл}}$ , руб.
Научный руководитель	156352
Инженер	76102

#### 4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.15

Таблица 4.15 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Научный руководитель	Инженер	
1. Материальные затраты	51450	57200	Пункт 3.3.1

НТИ			
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	633360	286276	Пункт 3.3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	95004	42941	Пункт 3.3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	197386	89218	Пункт 3.3.4
5. Накладные расходы	156352	76102	16 % от суммы ст. 1-4
<b>Бюджет затрат НТИ</b>	<b>1133552</b>	<b>551737</b>	Сумма ст. 1-5

**Вывод:** суммарный бюджет затрат НТИ составил – 1685289 рублей.

## 4.4 Определение целесообразности и эффективности научного исследования

### 4.4.1 Анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности исследования необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (12)$$

где  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$  – го признака;

$P_i$  – количественная оценка  $i$  – го признака.

Т а б л и ц а 4.16 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.4
Теоретический уровень	0.2
Возможность и масштабы реализации	0.4

Т а б л и ц а 4.17 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
<u>8-10</u>	<u>Сравнительно высокий НТУ</u>
11-14	Высокий НТУ

Т а б л и ц а 4.18 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
<u>Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами</u>	<u>8</u>
Разработка алгоритма	6



Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Т а б л и ц а 4.19 - Возможность реализации по времени и масштабам

<b>Время реализации</b>	<b>Баллы</b>
<u>В течение первых лет</u>	<u>10</u>
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
<b>Масштабы реализации</b>	<b>Баллы</b>
Одно или несколько предприятий	2
<u>Отрасль</u>	<u>4</u>
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$HTU = 0.4 \cdot 10 + 0.2 \cdot 8 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 8.4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей

#### 4.4.2 Оценка важности рисков

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления ( $P_i$ ). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом ( $w_i$ ). Важность оценивается по 10- балльной шкале  $b_i$ . Сумма весовых коэффициентов должна равняться единице. Оценка важности рисков приведена в таблице

Таблица 4.20 – Экономические риски

№	Риски	$P_i$	$b_i$	$w_i$	$P_i * w_i$
1	Инфляция	100	1	0,019	1,960
2	Экономический кризис	25	2	0,039	0,980
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,117	2,941
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,137	6,862
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,196	9,803
6	Сложность выхода на мировой рынок вследствие монополизированность рынка	75	7	0,137	10,294
7	Колебания рыночной конъюнктуры	25	6	0,117	2,941
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,039	0,980
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,196	9,803
	Сумма		51	1	46,568

Таблица 4.21 – Технологические риски

№	Риски	$P_i$	$b_i$	$w_i$	$P_i * w_i$
1	возможность поломки оборудования	25	7	0,25	6,25
2	низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,3214	8,0357
3	неправильная сборка оборудования	25	8	0,2857	7,1428
4	опасность для работающего персонала и аппаратуры	75	4	0,1428	10,714
	Сумма		28	1	32,142

Таблица 4.22 – Научно-технические риски

№	Риски	$P_i$	$b_i$	$w_i$	$P_i * w_i$
1	развитие конкурентных технологий	75	7	0,145	10,937
2	создание новых методов синтеза	75	7	0,145	10,937
3	риск невозможности усовершенствования технологии	50	8	0,166	8,333
4	отсутствие результата в установленные сроки	50	7	0,145	7,2916
5	получение отрицательного результата при внедрении в производство	25	10	0,208	5,208
6	несвоевременное патентование	25	9	0,187	4,687
	Сумма		48	1	47,395

Далее производится расчет общих рисков:

Таблица 4.23 – Общая оценка риска проекта

Виды рисков в группе	$P_i$	$b_i$	$W_i$	$P_i * W_i$
Экономические	46,57	10	0,25	11,64
Технологические	32,14	9	0,5	16,07
Научно-технические	47,4	6	0,25	11,85
Итого		25	1	39,56

Итоговая оценка риска проекта составила порядка 40%, т.е. проект имеет право на жизнь, хотя и не лишен препятствий.

Для того чтобы избежать риски или минимизировать их воздействие на проект необходимо проводить мероприятия по борьбе с рисками.

Таким образом, анализируя результаты данного раздела, можно заключить, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков. Это подтверждает целесообразность проводимого научного исследования.

### **Выводы**

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1. Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал применения методики, а так же возможность быстрого выхода на внешний рынок обеспечены принципиально новым подходом к решению поставленной задачи.
2. Определен полный перечень работ, проводимых при исследовании влияния автоматического включения резерва на возможность самозапуска мощных синхронных двигателей. Общее число работ составило 8. Определена трудоемкость проведения работ. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.
3. Суммарный бюджет затрат НТИ составил – 1685289 рублей. Расчет бюджета осуществлялся на основе следующих пунктов:
  - расчет материальных затрат НТИ;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4. Определена целесообразность и эффективность научного исследования путем анализа и оценки научно-технического уровня проекта, а также оценки возможных рисков. В результате проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня и приемлемый уровень рисков.

Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.