

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

---

Институт	Энергетический
Направление подготовки	Автоматика энергосистем
Кафедра	ЭЭС

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Исследование процессов функционирования автоматики противоаварийной разгрузки генератора и её оптимальная настройка

УДК 621.311.12:621.316.9-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Б	Киевец Антон Владимирович		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2017 г.

## Запланированные результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	<i>Совершенствовать</i> и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования 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 навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	<i>Использовать</i> представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P5	<i>Применять</i> углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания 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 технико-экономическое обоснование 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 оборудование; 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

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭЭС

Сулайманов

А.О.

(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
5АМ5Б	Киевец Антон Владимирович

Тема работы:

Исследование процессов функционирования автоматики противоаварийной разгрузки генератора и её оптимальная настройка

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Дата 27.01.2016 № 432/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

(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.).

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

(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).

1. Схема Тюменской энергосистемы.
2. Расчетная модель для воспроизведения процессов происходящих в оборудовании принимающем участие в противоаварийном управлении мощности турбин, выполненная в «ВМК РВ ЭЭС».
3. Рекомендованная для использования научно-техническая литература.
1. Анализ решаемой задачи на основе обзора опубликованных результатов исследований и ее актуальность.
2. Анализ исходных данных и обоснование математической модели необходимой для исследования.
3. Разработка программы экспериментальных исследований.
4. Выполнение экспериментальных исследований согласно разработанной программе.

	5. Анализ результатов экспериментальных исследований и обоснование на их основе методики адекватной настройки ПУМТ.
<b>Перечень графического материала</b>	1. Однолинейная схема тюменской энергосистемы. 2. Структурная схема математической модели автоматических систем регулирования частоты и мощности турбин. Структурная схема математической модели паровой турбины 3. Осциллограммы экспериментов по исследованию ПУМТ.

#### **Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Е.А.
Социальная ответственность	Дашковский А.Г.
Раздел на иностранном языке	Буран А.Л.

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

Анализ причин, препятствующих адекватной настройке ПУМТ и требований необходимых для ее обеспечения (язык написания – русский)
Математическая модель и ее обоснование (язык написания – русский)
Анализ параметров управляющего воздействия ПУМТ (язык написания – русский)
Предварительное исследование математической модели в программном комплексе Matlab(язык написания – русский)
Выполнение экспериментальных исследований (язык написания – русский)
Формулирование методики адекватной настройки ПУМТ(язык написания – русский)
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение (язык написания – русский)
Социальная ответственность (язык написания – русский)
Заключение (язык написания – русский)
Researching of a technique of setting emergency unloading of turbine 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., доцент		

#### **Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ5Б	Киевец Антон Владимирович		

## Реферат

Магистерская диссертация состоит из 107 листов, 43 рисунков, 21 таблиц, 9 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: противоаварийное управление мощностью турбин, автоматическая импульсная разгрузка, длительная разгрузка турбин, методика настройки, математическая модель

Объектом исследования является противоаварийное управление мощностью турбин.

Цель исследования: в результате проведения экспериментов по исследованию работы противоаварийного управления мощностью турбин, сформировать методику адекватной настройки ПУМТ.

Для достижения поставленной цели проведен ряд экспериментов на базе созданного в НИЛ «Моделирование ЭЭС» ЭНИН ТПУ Всережимного моделирующего комплекса реального времени электроэнергетических систем.

Получение результаты свидетельствуют о том, что качество переходных процессов противоаварийной разгрузки в аварийных режимах можно улучшить за счет оптимизации настроечных параметров АИР и ДРТ.

Областью применения проводимого исследования является ЭЭС РФ.

Экономическая значимость работы заключается в сокращении финансовых потерь при авариях, для устранения которых требуется задействовать ПУМТ.

## **Список сокращений**

ЭЭС – электроэнергетическая система

АРЧМ – автоматический регулятор частоты и мощности

ПУМТ – противоаварийное управление мощностью турбин

АИР – автоматическая импульсная разгрузка

ДРТ – длительная разгрузка турбины

ЭГП – электрогидравлическая приставка

ЦВД – цилиндр высокого давления

ЦСД - цилиндр среднего давления

ПП - пароперегреватель

КЗ – короткое замыкание

ЦСПА –центральная система противоаварийного управления

МУТ – механизм управления турбин

ВМК – всережимный моделирующий комплекс

РЗ – релейная защита

АПВ – автоматическое повторное включение

ФОЛ – факт отключения линии

МК – моделирующий комплекс

## Оглавление

Введение.....	8
1. Анализ причин, препятствующих адекватной настройке противоаварийного управления мощностью турбин.....	10
2. Синтез математической модели первичного двигателя.....	13
3. Обоснование параметров автоматической импульсной разгрузки.....	19
4. Программа исследования.....	21
5. Предварительные тестовые исследования предаварийного управления мощность турбин.....	26
6. Исследование противоаварийной разгрузки энергоблока в электроэнергетической системе.....	39
7. Методика адекватной настройки автоматики предаварийного управления мощности турбин.....	48
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	55
8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	56
8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования....	56
8.1.2 SWOT-анализ исследования.....	57
8.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования.....	61
8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	61
8.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	62
8.2.3 Разработка графика проведения научного исследования...	63
8.3 Расчет бюджета для научно-технического исследования.....	66
8.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	66
8.3.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	67
8.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды.....	69
8.3.4 Накладные расходы.....	69
8.3.5 Формирование общего бюджета затрат научно- исследовательского проекта.....	70
8.4 Анализ и оценка научно-технической уровня проекта.....	71

Выводы по разделу ФМ РСРС:.....	72
9. Социальная ответственность.....	74
9.1 Производственная безопасность.....	75
9.1.1 Уровень шума.....	75
9.1.2 Освещенность на рабочем месте.....	75
9.1.3 Уровень электромагнитных излучений.....	80
9.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	82
9.2.1 Электробезопасность.....	82
9.3 Экологическая безопасность.....	82
9.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
9.4.1 Организационные меры.....	83
9.4.2 Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности....	84
9.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	84
9.5.1 Социальное страхование работников.....	87
Заключение.....	88
Список источников.....	89
Приложение А.....	90



## **Введение**

При возникновении в электроэнергетической системе аварийных избытков генерируемой активной мощности, частота в ЭЭС увеличивается, автоматические регуляторы частоты и мощности не обеспечивают необходимые для сохранения динамической устойчивости быстроту и глубину разгрузки. В этом случае используют один из следующих видов противоаварийной автоматики:

1. Электрическое торможение
2. Отключение генераторов
3. Противоаварийное управление мощностью паровых турбины

Среди данных видов автоматики наиболее экономически и технологически эффективным является ПУМТ, состоящее из автоматической импульсной разгрузки, предназначенной для сохранения динамической устойчивости, и длительной разгрузки турбины необходимой для обеспечения баланса по активной мощности послеаварийного режима.

Задача АИР обеспечить максимально возможную, для конкретной турбины, скорость снижения активной мощности и глубину разгрузки, а также процесс снятия управляющего воздействия, обеспечивающего минимизацию синхронных качаний при установлении послеаварийного режима. Все вышеперечисленное является возможным только лишь при условии адекватной, реальным условиям, настройки параметров управляющего воздействия ПУМТ. Однако, определение характеристик сигнала является сложной задачей, из-за невозможности проведения испытаний в реальной ЭЭС, и использование физического моделирования ввиду его чрезвычайной сложности. Поэтому единственным способом решения данной проблемы является математическое моделирование. Используя достаточно полную, адекватную модель можно определить приемлемые параметры управляющего сигнала импульсной разгрузки, для конкретных условий ее реализации.

Сложность математического моделирования заключается в том, что все процессы в силу единства, а также непрерывности и параллельности

процессов производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии всё участвующее в этом процессе многочисленное, сложное и разнообразное оборудование электрических станций и ЭЭС в целом постоянно связано и взаимодействует между собой во всевозможных нормальных, аварийных и послеаварийных режимах их работы. С физико-математической точки зрения подавляющее большинство этого оборудования (котлоагрегаты с паровыми турбинами, гидротурбины, электрические генераторы и их системы регулирования, трансформаторы, линии электропередачи, электродвигатели и значительная часть остальной электрической нагрузки, а также различного рода и назначения преобразователи и многое другое оборудование) является динамическими элементами и описываются системами дифференциальных уравнений, для решения которых нужны специализированные программные комплексы.

При решении дифференциальных уравнений, современные программно-вычислительные комплексы используют численные методы, что неминуемо ведет к большой погрешности из-за присутствия методической ошибки решения, между тем, при расчете режимов и процессов в ЭЭС постоянно применяются, упрощения и ограничения для математических моделей, которые, несомненно, оказывают негативное влияние на полноту и достоверность решения подобных математических моделей.

С целью решения этой проблемы были поставлены и решены следующие задачи:

1. Анализ причин, препятствующих адекватной настройке ПУМТ и требований необходимых для ее обеспечения.
2. Обоснована и синтезирована математическая модель первичного двигателя, учитывающая все оборудование, участвующее в ПУМТ и обеспечивающая адекватное воспроизведение этого процесса.
3. Анализ параметров управляющего воздействия ПУМТ, обеспечивающих адекватную разгрузку турбины.

4. Программа исследования, позволяющая выявить влияние параметров управляющего воздействия на процессы разгрузки турбины.
5. Предварительное исследование математической модели в программном комплексе Matlab, для тестирования работоспособности модели и нахождения оценочного диапазона изменения параметров управляющего воздействия ПУМТ.
6. Обоснование и выбор инструмента необходимого для проведения экспериментов исследования ПУМТ.
7. Выполнены экспериментальные исследования, позволяющие произвести адекватную настройку ПУМТ
8. Разработана и сформирована методика адекватной настройки автоматики ПУМТ.

## **Анализ причин, препятствующих адекватной настройке противоаварийного управления мощностью турбин**

Для адекватной настройки ПУМТ необходимо точно знать параметры управляющего воздействия АИР, а именно, уровень сигнала обеспечивающий максимальную скорость разгрузки, его длительность корректирующую степень разгрузки турбины, и характер обнуления сигнала определяющий установление послеаварийного режима. Для определения этих значений необходимо обеспечить возможность достаточно полного и достоверного анализа процессов, протекающих в оборудовании, непосредственно участвующего в ПУМТ, при всевозможных режимах их работы. Кроме того, при настройке ПУМТ необходимо учитывать все остальное оборудование и ЭЭС в целом, для оценки синхронных качаний и асинхронного режима работы. Данная проблема усложняется тем, что, осуществить подбор параметров управляющего воздействия АИР и ДРТ на реальном, работающем оборудовании, в силу известной специфики ЭЭС недопустимо, а использование физических моделей является чрезвычайно сложной и трудоемкой задачей.

Основным способом решения поставленной задачи оказывается математическое моделирование. При этом современный уровень физико-математического представления и описания реального непрерывного спектра нормальных и аномальных процессов в различных звеньях оборудования ЭЭС, позволяет синтезировать высокоадекватные математические модели, неизбежно содержащие жесткую, нелинейную систему дифференциальных уравнений чрезвычайно высокого, по математическим меркам, порядка.

Однако для работы с подобными математическими моделями, необходим инструмент способный адекватно взаимодействовать со столь сложными моделями. Необходимость нового инструмента заключается в том, что во всех используемых в настоящее время для подобных целей многочисленных программах расчета режимов и процессов в реальных ЭЭС постоянно применяются, несомненно, в ущерб полноте и достоверности,

нередко неприемлемые для сложных задач, известные по специализациям и характеристикам данных программ упрощения и ограничения для математических моделей ЭЭС и условий их решения. Главной причиной необходимости этих упрощений и ограничений является то, что достаточно полная и достоверная трехфазная математическая модель любой реальной ЭЭС, с учетом допустимого частичного эквивалентирования, всегда содержит жесткую и высокого порядка нелинейную систему дифференциальных уравнений, плохо обусловленную, согласно теории методов дискретизации для дифференциальных уравнений, на ограничительных условиях применимости методов их численного интегрирования, неизбежно составляющих вычислительное ядро программ этого назначения. Поэтому ее удовлетворительное решение маловероятно, а для улучшения обусловленности необходимо снижать жесткость, дифференциальный порядок, нелинейность и уменьшать интервал решения, осуществимые только за счет декомпозиции режимов и процессов ЭЭС, упрощения математических моделей оборудования и ЭЭС в целом, а также сокращения интервала воспроизведения процессов. Кроме того, всегда неизвестной остается присущая им действительная методическая ошибка решения, которая может накапливаться, и ее определение в теории этих методов отнесено к разряду фундаментальных проблем.

В силу методического характера рассмотренной причины, определяемые ею указанные негативные следствия возникают при сугубо численном моделировании любых больших динамических систем, независимо от используемой компьютерной техники, и в рамках этого одностороннего подхода принципиально неустранимы. Единственной методологической альтернативой, позволяющей радикально решать проблему адекватного моделирования больших динамических систем, может служить подход, представляющий собой в широком смысле гибридное моделирование, открывающий возможность для каждого значимого аспекта сложной проблемы подбирать и создавать наиболее эффективные методы и средства,

агрегированная совокупность которых обеспечивает требуемый уровень решения проблемы в целом.

Данный подход в решении проблемы адекватного моделирования сложных и больших динамических систем, к которым, несомненно, относятся ЭЭС, с различной интенсивностью и результативностью длительное время изучается, обсуждается и реализуется во всех развитых странах мира.

## 2. Синтез математической модели первичного двигателя

В данной работе синтезированная модель первичного двигателя с гидромеханическим регулятором, являющимся самым распространённым в ЭЭС РФ, дополненный, для реализации импульсной разгрузки, электрогидравлической приставкой, состоящей из усилителя и электромагнитного исполнительного элемента. На рис. 1 и рис. 2 представлены математические модели регулятора частоты и мощности и паровой турбины.

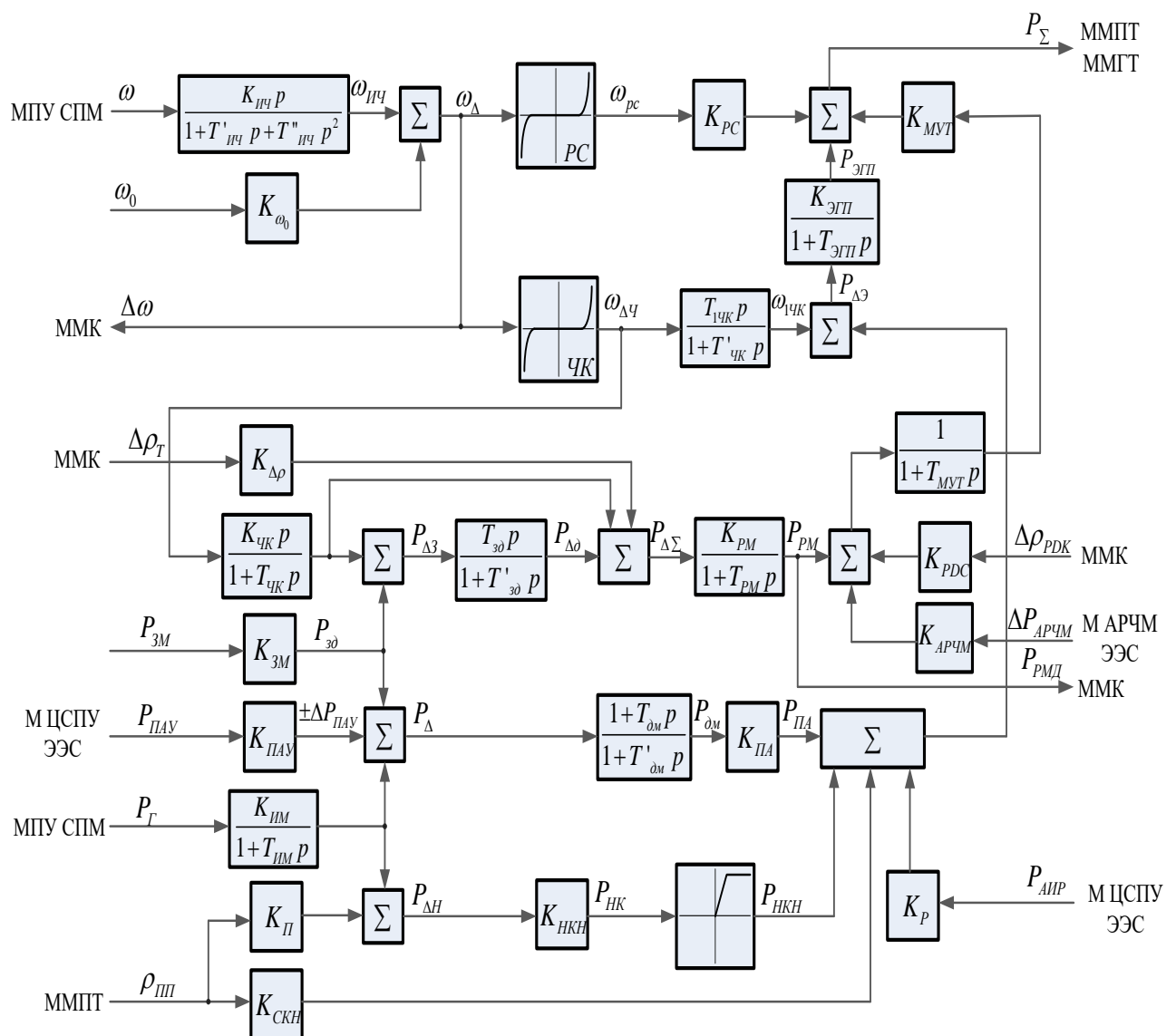


Рис. 1. Структурная схема математической модели автоматических систем регулирования частоты и мощности турбин





Для золотника цилиндра высокого давления на открытие:

$$\frac{d\mu_{\text{сво}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{зво}}} (\mu_{\text{зво}} - \mu_{\text{сво}}); \quad (3)$$

$$W_{\text{звo}} = \frac{1}{1 + T_{\text{звo}} p}. \quad (4)$$

где:  $\mu_{\text{сво}}$  – положение штока золотника ЦВД при открытии,  
 $T_{\text{зво}}$  – постоянная времени золотника ЦВД при открытии,  
 $\mu_{\text{зво}}$  – необходимое положение штока золотника ЦВД при открытии.

Для сервомотора регулирующих клапанов ЦВД на открытие:

$$\frac{d\mu_{\text{во}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{во}}} \mu_{\text{сво}}; \quad (5)$$

$$W_{\text{во}} = \frac{1}{T_{\text{во}} p}. \quad (6)$$

где:  $\mu_{\text{во}}$  – положение поршня сервомотора ЦВД при открытии,  
 $T_{\text{во}}$  – постоянная времени поршня сервомотора ЦВД при открытии.

Для золотника ЦВД на закрытие:

$$\frac{d\mu_{\text{свз}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{звз}}} (\mu_{\text{звз}} - \mu_{\text{свз}}); \quad (7)$$

$$W_{\text{звз}} = \frac{1}{1 + T_{\text{звз}} p}. \quad (8)$$

где:  $\mu_{\text{свз}}$  – положение штока золотника ЦВД при закрытии,  
 $T_{\text{звз}}$  – постоянная времени золотника ЦВД при закрытии,  
 $\mu_{\text{звз}}$  – необходимое положение штока золотника ЦВД при закрытии.

Для сервомотора регулирующих клапанов ЦВД на закрытие:

$$\frac{d\mu_{\text{вз}}}{dt} = \frac{1}{T_{\text{вз}}} \mu_{\text{свз}}; \quad (9)$$

$$W_{\text{вз}} = \frac{1}{T_{\text{вз}} p}. \quad (10)$$

где:  $\mu_{\text{вз}}$  – положение поршня сервомотора ЦВД при закрытии,

$T_{B3}$  – постоянная времени поршня сервомотора ЦВД при закрытии.

Ввиду схожести цилиндра среднего и низкого давления, для упрощения математической модели объединяют в один ЦСД.

Для золотника ЦСД на открытие:

$$\frac{d\mu_{CCO}}{dt} = \frac{1}{T_{3CO}} (\mu_{3CO} - \mu_{CCO}); \quad (11)$$

$$W_{3CO} = \frac{1}{1 + T_{3CO} p}. \quad (12)$$

где:  $\mu_{CCO}$  – положение штока золотника ЦСД при открытии,  
 $T_{3CO}$  – постоянная времени золотника ЦСД при открытии,  
 $\mu_{3CO}$  – необходимое положение штока золотника ЦСД при открытии.

Для сервомотора регулирующих клапанов ЦСД на открытие:

$$\frac{d\mu_{CO}}{dt} = \frac{1}{T_{CO}} \mu_{CCO}; \quad (13)$$

$$W_{CO} = \frac{1}{T_{CO} p}. \quad (14)$$

где:  $\mu_{CO}$  – положение поршня сервомотора ЦСД при открытии,  
 $T_{CO}$  – постоянная времени поршня сервомотора ЦСД при открытии.

Для золотника ЦСД на закрытие:

$$\frac{d\mu_{CC3}}{dt} = \frac{1}{T_{3C3}} (\mu_{3C3} - \mu_{CC3}); \quad (15)$$

$$W_{3C3} = \frac{1}{1 + T_{3C3} p}. \quad (16)$$

где:  $\mu_{CC3}$  – положение штока золотника ЦВД при закрытии,  
 $T_{3C3}$  – постоянная времени золотника ЦВД при закрытии,  
 $\mu_{3C3}$  – необходимое положение штока золотника ЦВД при закрытии.

Для сервомотора регулирующих клапанов ЦСД на закрытие:

$$\frac{d\mu_{сз}}{dt} = \frac{1}{T_{сз}} \mu_{сз}; \quad (17)$$

$$W_{сз} = \frac{1}{T_{сз} p}. \quad (18)$$

где:  $\mu_{сз}$  – положение поршня сервомотора ЦСД при закрытии,  
 $T_{сз}$  – постоянная времени поршня сервомотора ЦСД при закрытии.

Для парового объема ЦВД:

$$\frac{dD_{ВД}}{dt} = \frac{1}{T_{ВД}} (D_{В} - D_{ВД}); \quad (19)$$

$$W_{ВД} = \frac{1}{1 + T_{ВД} p}. \quad (20)$$

где:  $D_{ВД}$  – паровой объем ЦВД,  
 $D_{В}$  – расход пара через ЦВД, равный произведению  $\varepsilon_{В}$  на соответствующее давление пара,  
 $T_{ВД}$  – постоянная времени пара ЦВД,  
 $\varepsilon_{В}$  – степень открытия регулирующих клапанов ЦВД.

Для промежуточного пароперегревателя:

$$\frac{d\rho_{ПП}}{dt} = \frac{1}{T_{ПП}} D_{ПП}; \quad (21)$$

$$W_{ПП} = \frac{1}{T_{ПП} p}. \quad (22)$$

где:  $D_{ПП}$  – расход пара ПП,  
 $T_{ПП}$  – постоянная времени ПП,  
 $\rho_{ПП}$  – давление пара на выходе ПП.

Для парового объема ЦСД:

$$\frac{dD_{сд}}{dt} = \frac{1}{T_{сд}} (D_{с} - D_{сд}); \quad (23)$$

$$W_{CD} = \frac{1}{1 + T_{CD} p}. \quad (24)$$

где:  $D_{CD}$  – паровой объем ЦСД,

$D_C$  – расход пара через ЦСД, равный произведению  $\varepsilon_B$  на соответствующее давление пара,

$T_{CD}$  – постоянная времени пара ЦСД,

$\varepsilon_C$  – степень открытия регулирующих клапанов ЦСД,

$K_{ВД}$  – коэффициент, определяющий долю мощности и соответственно момента турбины  $M_{ТП}$  за счет ЦВД,

$K_{CD}$  – коэффициент, определяющий часть доли мощности и, соответственно, момента турбины за счет ЦСД.

Кроме всего выше сказанного, для получения максимально правдивых результатов исследования импульсной разгрузки, необходимо учитывать не только системы непосредственно участвующие в импульсной разгрузке, но и трансформаторы, линии электропередач, электродвигатели, различного рода преобразователи, а также все остальное оборудование и ЭЭС в целом.

### 3. Обоснование параметров автоматической импульсной разгрузки

Эффективность ПУМТ в значительной мере зависит от параметров управляющего сигнала АИР, форма которого представлена на рис. 3:

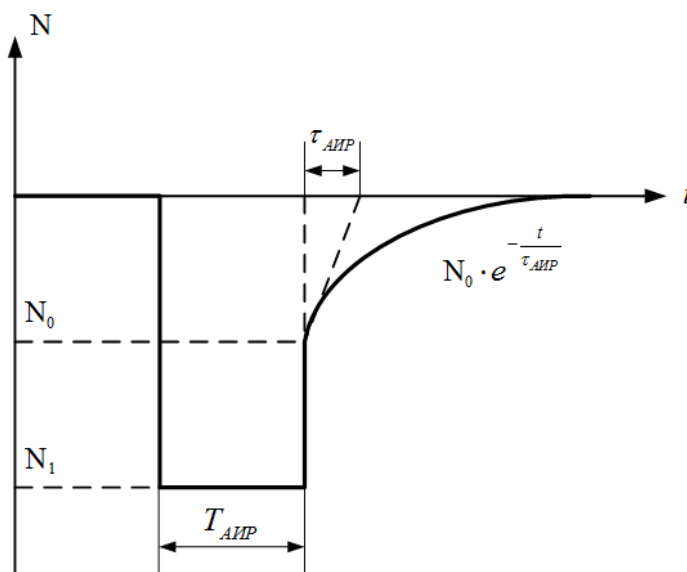


Рис. 3. Форма управляющего сигнала АИР

где:  $N_1$  — величина импульса, измеряемая в неравномерностях (величина сигнала, поданного на регулятор частоты вращения и мощности, который способен на бесконечном отрезке времени, уменьшить мощность турбины от номинала до нуля);

$T_{\text{аир}}$  — длительность сигнала;

$N_0$  — величина остаточного сигнала;

$\tau_{\text{аир}}$  — постоянная времени экспоненты снятия сигнала.

Величина управляющего сигнала АИР определяет скорость уменьшения момента турбины.  $N_1$  необходимо подобрать таким, при котором скорость разгрузки будет максимальной для сохранения динамической устойчивости. Для каждого конкретного сценария реализации АИР, необходимо подбирать значение величины сигнала с учетом конструктивных особенностей разгружаемой турбины.

Длительность сигнала определяет глубину разгрузки турбины. Чем больше значение  $T_{\text{аир}}$ , тем больше разгрузится турбина, поэтому, при выборе этого параметра необходимо знать до какой величины целесообразно

уменьшить момент турбины для сохранения динамической устойчивости. Влияние  $T_{\text{аир}}$  на вырабатываемую активную мощность представлена на рис. 4:

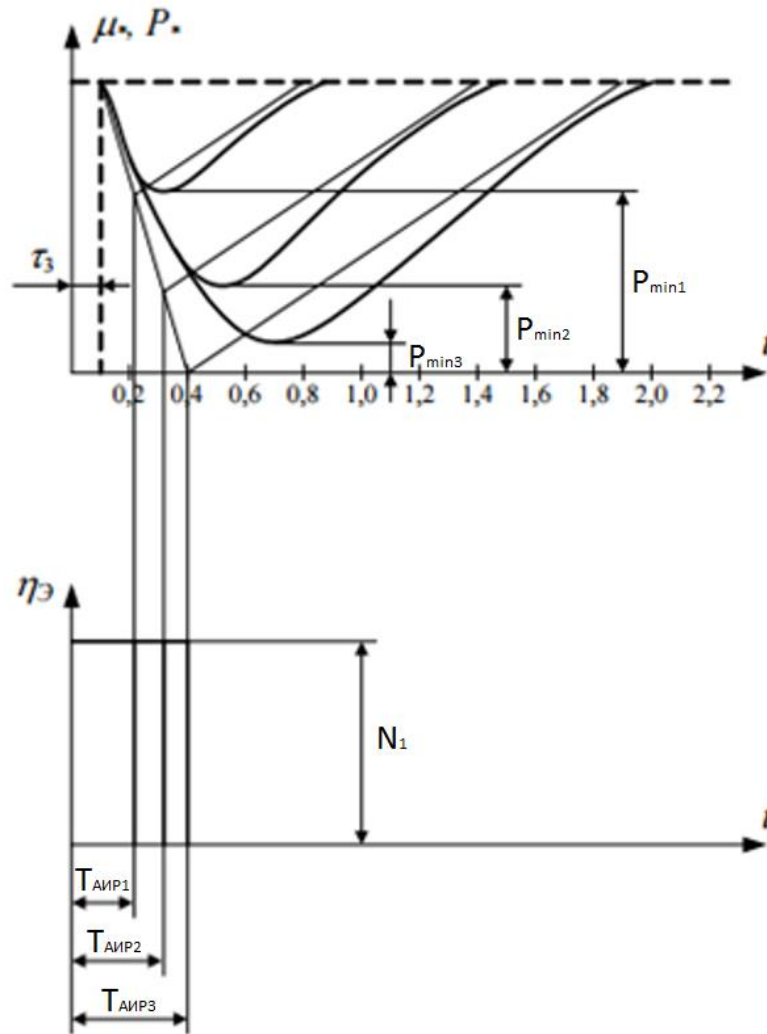


Рис. 4. Влияние времени разгрузки на величину разгрузки турбины

Исследования показали, что при чисто прямоугольном импульсе скорость восстановления нагрузки такова, что могут возникнуть глубокие синхронные качания, вызывающие нарушение динамической устойчивости, во избежание этого импульс снимают не сразу, а уменьшают его до значения  $N_0$ , после чего обнуляют по экспоненте со своей постоянной времени  $\tau_{\text{аир}}$ , которая, совместно с ДРТ, должна обеспечивать установление вырабатываемой активной мощности, в послеаварийном режиме, с минимальными синхронными качаниями.

#### **4. Программа исследования**

Для адекватной настройки ПУМТ, позволяющей совершить максимальную быструю разгрузку турбины для сохранения динамической устойчивости с последующим восстановлением генерации активной мощности до послеаварийного уровня, с помощью математической модели, необходимо составить программу исследований, вследствие реализации которой можно составить методику адекватной настройки ПУМТ.

1. Первоначальные исследования. Для оценки адекватности синтезированной математической модели и определения предварительных диапазонов регулирования параметров управляющего воздействия ПУМТ, необходимо исследовать модель в программном комплексе Matlab.
2. Формирование исходного квазиустановившегося режима в модели исследуемой ЭЭС.
3. Формирования с помощью используемых средств сценария аварийного режима, вызвавшего избыток генерируемой активной мощности в ЭЭС. Отключение одной из линий межсистемной связи в результате установившегося короткого замыкания, при ограниченном пределе передаваемой мощности по параллельным воздушным линиям.
4. Определение необходимых параметров для работы ПУМТ. Центральная система противоаварийного управления, контролирующая переток мощности по линиям, определяет значение избытка мощности и посылает сигнал по каналам связи на щиты ПУМТ тех генераторов, которые занаряжены на импульсную разгрузку.
5. Формирование управляющего воздействия АИР.
  - а. Задание величины сигнала  $N_1$ . Для достижения максимальной скорости разгрузки турбины необходимо выбрать оптимальное

количество неравномерностей, при этом необходимо учесть особенности разгружаемого генератора, а именно, системы регулирования частоты и мощности. Настраивая величину управляющего воздействия стоит помнить, что при достижении некоторого значения сигнала последующее его увеличение будет давать незначительный прирост к скорости разгрузки, однако, физическое влияние, которым подвержено оборудование, будет возрастать, что неизбежно приведет к выходу его из строя.

б. Задание длительности сигнала  $T_{\text{аир}}$ . Корректируя значение  $T_{\text{аир}}$ , добиться разгрузки на величину, соответствующую величине избытка мощности.

в. Задание величины остаточного сигнала  $N_0$ . Для обеспечения требуемого уровня снятия сигнала, выбирается оптимальное значение  $N_0$ .

г. Задание постоянной времени экспоненты снятия сигнала  $\tau_{\text{аир}}$ . Изменяя значение  $\tau_{\text{аир}}$  необходимо добиться процесса изменения момента турбины с наименьшим уровнем перерегулирования и минимизации синхронных качаний

6. Задание сигнала на ДРТ. Параллельно с АИР поступает сигнал на механизм управления турбиной, посредством которого осуществляется ДРТ. По известному послеаварийному значению генерируемой мощности ДРТ, со своими постоянными времени, выводит турбину на послеаварийный режим работы.
7. Получение результатов. Получение осциллограмм параметров: генерируемой активной мощности генератора, частоты вращения генератора.
8. Анализ результатов. Из полученных осциллограмм следует сделать вывод о корректности настройки ПУМТ. При неудовлетворительных результатах повторить шаги 7-9, изменив параметры управляющего воздействия импульсной разгрузки.



9. Формирование методики настройки ПУМТ. Исходя из анализа полученных результатов, необходимо сформировать методику настройки ПУМТ.

Для проведения опытов согласно программе исследования необходимо определиться с инструментом, позволяющим работать со столь сложными математическими моделями и способным на:

1. Обеспечение работы с математическими моделями, не прибегая к их упрощению.
2. Решение математических моделей с необходимой точностью.

Выполнение представленной программы исследований на синтезированной математической модели подразумевает использование необходимого инструментария, обеспечивающего адекватное решение дифференциальных уравнений, из которых состоит модель, с гарантированной проверенной точностью. Между тем расчет режимов и процессов в ЭЭС в существующих программно-вычислительных комплексах способных выполнять такие операции всегда осуществляется с использованием:

- Декомпозиции режимов и процессов на несимметричные и симметричные, установившиеся и различные стадии переходных процессов.
- Однолинейных моделей электрической сети.
- Упрощения динамических моделей различного оборудования станций.
- Ограничения интервала решений, с неизвестной ошибкой этих решений.

Наиболее распространенной в российской электроэнергетике программа для расчета режимов и процессов в ЭЭС, является Mustang. Однако возможности данного инструмента ограничены расчетом только

симметричных установившихся режимов и электромеханических переходных процессов в ЭЭС. Другая подобная программа Eurostag, широко применяется в Европе, отличается от Mustang возможностью применения метода симметричных составляющих и выполнения аналогичных расчетов и для несимметричных режимов. Однако оба этих программно-вычислительных комплекса не способны адекватно моделировать ЭЭС из-за превалирующего в настоящее время одностороннего сугубо численного подхода к моделированию ЭЭС, которое осуществляется с принципиально неустранимой и неопределенной методической ошибкой. С целью повышения вероятности получения наиболее удовлетворительного результата численного решения дифференциальных уравнений вводятся ограничения на жесткость, интервал решения и дифференциальный порядок, реализуемые в ЭЭС посредством декомпозиции и упрощения процессов. Как следствие, математическая модель, используемая в этих программах, и пути ее решения не способны в полной мере отобразить процессы, происходящие в оборудовании, и не могут использоваться для адекватной настройки ПУМТ.

Единственным путем решения данной проблемы может быть только альтернативный подход, представляющий собой в широком смысле гибридное моделирование ЭЭС, которому несомненно присущи несоизмеримо большие возможности. Руководствуясь данным принципом в Научном исследовательском Томском политехническом университете был создан «Всережимный комплекс реального времени электроэнергетических систем», исключаящий все проблемы с работой на математической моделях, представленные выше, и позволяющий воспроизводить единый спектр квазиустановившегося режима с гарантированной точностью. Поэтому в качестве инструмента реализации программы исследования адекватной настройки ПУМТ будет использован ВМК.

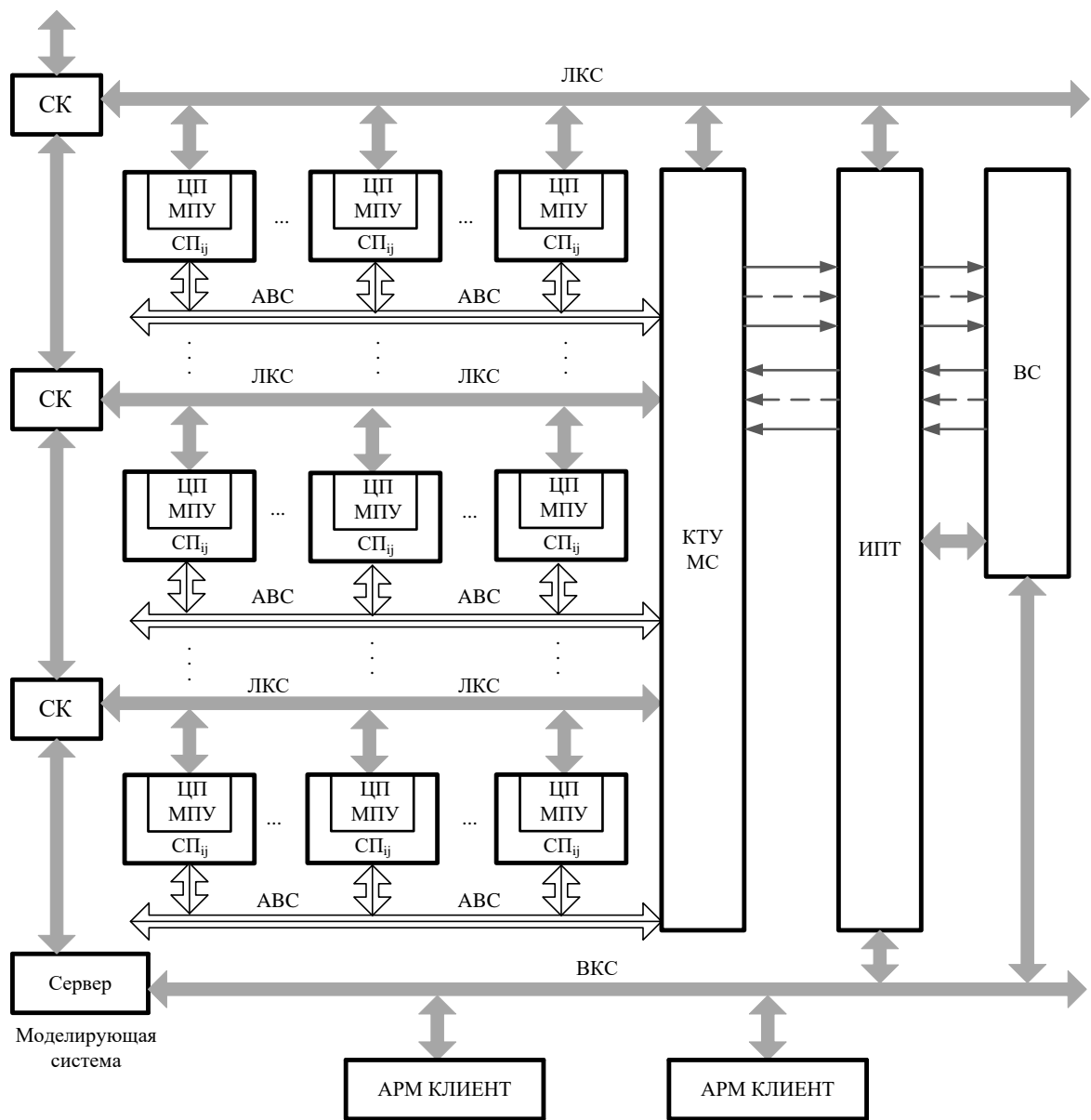


Рис.5 – Структурная схема моделирующей системы

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5AM5B	Киевец А. В.

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭЭС</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Автоматика ЭЭС

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных не учитывалась, т.к. все необходимое оборудование представлено кафедрой ЭЭС НИТПУ Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Величина накладных расходов 16 %
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления в социальные фонды - 27,1 %

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала:</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки :</i>	<i>-определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; -разработка линейного графика Ганта</i>
3. <i>Формирование бюджета затрат на научное исследование:</i>	<i>- материальные затраты; -заработная плата; - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.</i>
4. <i>Оценка научно-технического уровня проекта.</i>	

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

1. *График Ганта*
2. *Бюджет затрат на научное исследование*
3. *Календарный план график*

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5AM5B	Киевец А. В.		

## **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 процессов функционирования автоматики противоаварийной разгрузки генератора и её оптимальная настройка».

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности проекта, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [2].

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. оценить коммерческий потенциал и перспективность проекта;
2. осуществить планирование этапов выполнения;
3. рассчитать бюджет проекта;
4. произвести оценку экономической эффективности.

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

### **8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Противоаварийное управление мощностью турбины — вид противоаварийной автоматики, назначением которого является устранение избытка вырабатываемой активной мощности для сохранения динамической устойчивости и установления значения мощности на новом установившемся послеаварийном режиме.

ПУМТ является наиболее приемлемым видом противоаварийной автоматики для ликвидации избытка активной мощности.

В рамках исследования предлагается использование «Всережимного моделирующего комплекса реального времени электроэнергетической систем». ВМК представляет собой рабочее место набор печатных плат служащих для реализации математической модели электроэнергетической системы со всем ее оборудованием.

Основными потребителями подобных исследований могут быть электрические станции оборудованные турбогенераторами.

### 8.1.2 SWOT-анализ исследования

Для проведения комплексного анализа проводимого исследования выделим несколько этапов:

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

Таблица 6 - Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научноисследовательского проекта:</b>  1. Принципиально новая методика проведения исследования 2. Универсальность применения разрабатываемых математических моделей 3. Наличие опытного научного-руководителя 4. Актуальность проводимого исследования 5. Обширная сфера применения	<b>Слабые стороны научноисследовательского проекта:</b>  1. Требуется уникального оборудования 2. Возможность появления новых методов 3. Отсутствие повсеместного внедрения новой методики 4. Требуется тщательного сбора исходных данных 5. Многостадийность методики
<b>Возможности:</b> 1. Возможность со- здания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов	Актуальность разработки, опытный руководитель и принципиально новая методика дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследователь-	Возможность наличия партнерских отношений с исследовательскими институтами для взаимного использования уникального оборудования;

<p>2. Большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</p> <p>3. Большая стоимость конкурентных разработок и сложность их использования</p> <p>4. Возможность выхода на внешний рынок</p> <p>5. Рост потребности в обеспечении безопасности технологического процесса и сокращения экономических издержек</p>	<p>ских 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 технологического 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>Отсутствие повсеместного внедрения новой методики обеспечивает большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</p>
---	--	--



<p><b>Угрозы:</b></p> <p>1. Отсутствие спроса на новые программные продукты в исследуемой сфере</p> <p>2. Развитая конкуренция в сфере математического моделирования технологических процессов крупных производств</p> <p>3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p> <p>4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями</p> <p>5. Малые скорости внедрения разрабатываемого ПО</p>	<p>Универсальность применения разрабатываемых математических моделей и обширная сфера применения программного комплекса минимизируют влияния развитой конкуренции в обозначенной сфере</p> <p>Актуальность проводимого исследования и наличие опытного научного руководителя в сочетании с принципиально новой методикой проведения работ обеспечивают стремительный выход на внутренний рынок</p>	
---	--	--

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

Таблица 7 - 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 сильных сторон и возможности: B1C1C2C3C4C5, B2C3C4, B3C1, B5C1C4.

Таблица 8 - 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 9 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	0	0	-	-
	У 2	0	+	0	0	+
	У 3	0	0	0	0	0
	У 4	+	0	+	+	+
	У 5	-	-	0	0	0

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

Таблица 10 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	0	-	0	-
	У 2	-	-	0	-	-
	У 3	-	0	0	0	0
	У 4	0	-	-	-	-
	У 5	-	-	0	0	0

Коррелирующие слабые стороны и угрозы не выявлены.

Исходя из всего вышесказанного видно, что научно-исследовательская работа обладает принципиально новой методикой проведения исследования, а также имеет большой потенциал в сотрудничестве с другими институтами

## 8.2 Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования

### 8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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 11.

Таблица 11 - Порядок составления этапов и работ

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания	1	Составление и утверждение задания	Руководитель, студент-дипломник
<b>Проведение НИР</b>			
Анализ задачи	2	Составление ТЗ	Руководитель, студент-дипломник
	3	Выбор моделей и способ анализа	Студент-дипломник

	4	Календарное планирование	Руководитель, студент-дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник
	6	Поиск методов решения	Студент-дипломник
	7	Реализация моделей	Руководитель, студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
	9	Оценка эффективности полученные результаты	Руководитель, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

### 8.2.2 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:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5}$$

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.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоемкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\bar{i}}}{\bar{C}_i}$$

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

$\bar{C}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 8.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k$$

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:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}$$

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

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45$$

Таблица 12 - Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		$t_{\min}$ чел- дн.	$t_{\max}$ чел- дн.	$t_{\text{ож}}$ чел- дн.	$T_p$ чел- дн.	$T_k$ чел- дн.	$U_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
1	Руководитель, студент- дипломник	1	4	2	1,1	2	1,65	1,65
2	Руководитель, студент- дипломник	15	40	25	25	36	37,46	39,11
3	Студент- дипломник	5	14	9	2,9	4	4,3	43,41
4	Руководитель, студент- дипломник	4	15	8	2,8	4	4,2	47,6
5	Руководитель, студент- дипломник	12	27	18	18	26	26,94	74,58
6	Студент- дипломник	4	14	8	4	6	5,99	80,57
7	Руководитель, студент- дипломник	5	16	9	4,7	7	7,04	13,04
8	Руководитель, студент- дипломник	1	5	3	0,87	1	1,3	88,91
9	Руководитель, студент- дипломник	2	14	7	3,4	5	5,09	94,01
10	Студент- дипломник	2	7	4	4	6	5,99	100
Итого						97		

На основе таблицы 12 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научноисследовательского 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.

Таблица 13 – Календарный план-график

Этапы	Вид работы	Исполнители	t <sub>k</sub>	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление ТЗ	Руководитель, студент-дипломник	2	<div><div></div><div></div></div>				
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Руководитель, студент-дипломник	3 6	<div><div></div><div></div></div>				
3	Выбор моделей и способ анализа	Студент-дипломник	4		<div><div></div><div></div></div>			
4	Календарное планирование	Руководитель, студент-дипломник	4		<div><div></div><div></div></div>			
5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент-дипломник	2 6			<div><div></div><div></div></div>		
6	Поиск методов решения	Студент-дипломник	6				<div><div></div><div></div></div>	
7	Реализация моделей	Руководитель, студент-дипломник	7				<div><div></div><div></div></div>	
8	Анализ полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник	1				<div><div></div><div></div></div>	
9	Оценка эффективности и полученные результаты	Руководитель, студент-дипломник	5				<div><div></div><div></div></div>	
10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	6					<div><div></div><div></div></div>

- руководитель,  - студент-дипломник

Таким образом, на реализацию исследования руководителем было потрачено 47 рабочих дней, а студентом-дипломником 90 дней. Общая продолжительность НИР – 137 рабочих дней.

### **8.3 Расчет бюджета для научно-технического исследования**

Согласно исследованию, приведенному в данной работе, затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются. Т.к. все необходимое для исследования оборудования предоставляется кафедрой ЭЭС Национального исследовательского Томского политехнического университета.

#### **8.3.1 Расчет материальных затрат НТИ**

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}$$

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 предприятиям и изготовителями (либо организациями-поставщиками).



Таблица 14 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб
Бумага	Лист	130	2	260
Печать	Лист	130	1,5	195
Интернет	М/бит (Пакет)	1	350	350
Ручка	Штука	1	20	20
Тетрадь	Штука	3	30	30
Электроэнергия	кВт/час	120	2,7	27
Итого				<b>1239</b>

### 8.3.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

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 сводится в табл. 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

№ п /п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление ТЗ	Руководитель	2	3,6	7,2
2	Выдача задания по тематике проекта	Руководитель, студент	1	4,4	4,4
3	Постановка задачи	Руководитель, студент	1	0,8	0,8
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, студент	2	4,4	8,8

5	Подбор литературы по тематике работы	Руководитель, студент	9	0,8	7,2
6	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	2	0,8	1,6
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	15	0,8	10,4
8	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, студент	1	4,4	4,4
9	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2	0,8	1,6
10	Работа над выводами по проекту	Студент	2	0,8	1,6
11	Составление пояснительной записки к работе	Студент	15	0,8	1,6
Итого:					62,4

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 32400 рублей, а студента 44000 рублей. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 37260 рублей, студента – 51060 рублей.

### 8.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} \cdot З_{\text{доп}})$$

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

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

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
Руководитель проекта	32400	4860
Студент-дипломник	44400	6660
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого	23934,7 руб.	

### 8.3.4 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot \kappa_{\text{нр}}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

$$З_{\text{накл}} = 116291 \cdot 0,16 = 18606,56 \text{ руб.}$$

### **8.3.5 Формирование общего 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. 17

Таблица 17 – Бюджет затрат на НИП

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	1239	Пункт 4.3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	Пункт 4.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76800	Пункт 4.3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	11460	Пункт 4.3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	23934,7	Пункт 4.3.5
6. Накладные расходы	18606,56	16 % от суммы ст.1-5
7. Бюджет затрат НТИ	132040,2	Пункт 4.3.1

Таким образом, средства необходимы для проведения исследования равны 132040,2 рубля.

## 8.4 Анализ и оценка научно-технической уровня проекта

Для определения научно - технического уровня проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности необходимо, рассчитать коэффициент научно-технического уровня (НТУ).

Формула для определения общей оценки:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i * П_i$$

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

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

Таблица 18 - Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,6
Теоретический уровень	0,4
Возможность реализации	0,2

Таблица 19 - Шкала оценки новизны

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

Таблица 20 - Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	8
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, устройство, программы)	11
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 21 - Возможность реализации по времени и масштабам

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

Расчет НТУ:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i * П_i$$

где  $k_1 = 0,6$ ;  $k_2 = 0,4$ ;  $k_3 = 0,2$ ;  $k_4 = 0,2$ ;  $П_1 = 11$ ;  $П_2 = 6$ ;  $П_3 = 10$ ;  $П_4 = 4$ .

$$НТУ = 0,6*11+0,4*6+0,2*10+0,2*4 = 11,8.$$

По полученным значениям коэффициент НТУ можно сказать о достаточно высоком научно - техническом уровне проекта, его научной ценности, технической значимости и эффективности.

### **Выводы по разделу ФМ РСРС:**

1. В рамках оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения был определен потенциал научно-технического исследования, по результатам которого можно судить о высокой степени необходимости данного исследования, а также что проведенные испытания имеют огромный потенциал в том числе и для использования на производстве
2. Исходя из графика научного исследования видно, что на его реализацию руководителем было потрачено 47 рабочих дней, а студентом-дипломником 90 дней.
3. Также был подсчитан бюджет исследования в который вошли: материальные затраты, затраты на основной заработной плате, затраты на дополнительной заработной плате, отчисление во внебюджетные фонды, а так же накладные расходы. Таким образом бюджет НТИ составил 132040,2 рубля