

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Определение статических характеристик нагрузки по напряжению для потребителей нефтегазовой отрасли

УДК 621.3.015.2:622.692.4.05

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM02	Панькова Полина Александровна		07.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Бацева Н. Л.	к.т.н., доцент		07.06.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина В.А.	к.э.н., доцент		07.06.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Черемискина М.С.	-		07.06.2022

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Цифровая энергетика	Н.Л. Бацева	к.т.н., доцент		07.06.2022

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП ЦИФРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА,
СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ «ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ В
ЭНЕРГОСИСТЕМАХ»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе, на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК (У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен создавать цифровые модели энергообъектов, сетевых районов, электротехнических устройств, устройств на базе силовой электроники, систем автоматического регулирования для решения исследовательских и технологических задач, анализировать процессы и интерпретировать результаты
ПК (У)-2	Способен применять нормативно-техническую документацию для разработки проектной документации и при эксплуатации энергообъектов и электротехнических устройств
ПК (У)-3	Способен выполнять инженерное проектирование энергообъектов и электротехнических устройств с учётом цифровизации электроэнергетики
ПК(У)-4	Способен обеспечивать эффективную эксплуатацию электрооборудования объектов электроэнергетики, включая цифровые подстанции, микропроцессорные защиты и комплексы противоаварийной автоматики, телемеханики
ПК(У)-5	Способен осуществлять оперативное управление режимами работы объектов электроэнергетики и энергорайонов с применением автоматизированных систем технологического управления
ПК(У)-6	Способен применять методы, позволяющие прогнозировать электропотребление и управлять им

	– величины нагрузок ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	<p>– Способы моделирования нагрузки в расчетах электрических режимов энергосистем. Статические характеристики нагрузки по напряжению.</p> <p>– Характеристика ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.</p> <p>– Моделирование ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3 в прикладном пакете программ MATLAB.</p> <p>– Методы получения статических характеристик нагрузки. Экспериментальное получение СХН по напряжению ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.</p> <p>– Математическая обработка данных эксперимента. Анализ полученных СХН по напряжению.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>– Нормальные схемы электрических соединений ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.</p> <p>– Структуры математических моделей ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3 в MATLAB.</p> <p>– СХН по напряжению ПС 220 кВ НПС №1, 2, 3 (графики зависимостей активной и реактивной мощностей от напряжения).</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н., доцент ОСГН ШБИП Маланина В.А.
Социальная ответственность	ст. преподаватель ООД ШБИП Черемискина М.С.
Раздел, выполняемый на иностранном языке	ст. преподаватель ОИЯ ШБИП Демидова О. М.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Characteristics of researched objects</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2022 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Бацева Н. Л.	к.т.н., доцент		01.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM02	Панькова П. А.		01.02.2022 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM02	Паньковой Полине Александровне

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	магистратура	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость специального оборудования определена в соответствии с рыночными ценами г. Томск. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30% премии; 20% доплаты и надбавки; 12-15% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Потенциальные потребители. Диаграмма Исикавы. SWOT-анализ.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Заинтересованные стороны проекта. Цели и результат проекта. Рабочая группа проекта. Ограничения проекта.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Календарный план проекта. График проведения научного исследования. Бюджет научно-технического исследования.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка ресурсоэффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Диаграмма Исикавы*
2. *Матрица SWOT*
3. *График проведения и бюджет НТИ*
4. *Оценка ресурсной эффективности НТИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		01.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM02	Панькова Полина Александровна		01.02.2022 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM02	Паньковой Полине Александровне

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	магистратура	Направление	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Определение статических характеристик нагрузки по напряжению для потребителей нефтегазовой отрасли

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p><i>Объект исследования:</i> <u>статические характеристики нагрузки по напряжению</u></p> <p><i>Область применения:</i> <u>электроэнергетика</u></p> <p><i>Рабочая зона:</i> <u>офис</u></p> <p><i>Размеры помещения:</i> <u>6х6х3,5</u></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> <u>персональный компьютер – 1 шт., стол – 1 шт., кресло – 1 шт.</u></p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> <u>сбор исходных данных, моделирование в специализированном программном комплексе, обработка и анализ результатов.</u></p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 22.11.2021); – ГОСТ 22269-76. Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования; – ГОСТ 21889-76. Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования; – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p><i>Вредные факторы:</i> повышенный уровень электромагнитного излучения, недостаток необходимого естественного и искусственного освещения, повышенный уровень шума, монотонность труда, перенапряжение зрительных анализаторов.</p> <p><i>Опасные факторы:</i> поражение электрическим током.</p> <p><i>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</i> расстояние между источником излучения и рабочим местом, применение общего и местного освещения, рациональная планировка помещения, оптимальная организация режима труда и отдыха, выполнение защитного заземления и зануления.</p> <p>Расчет будет производиться по фактору недостатка необходимого искусственного освещения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p><i>Воздействие на литосферу:</i> <u>органические и неорганические отходы.</u></p>

	<i>Воздействие на гидросферу: 1 категория сточных вод (бытовых).</i> <i>Воздействие на атмосферу: ядовитые газы, выделяющиеся при разложении отходов.</i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<i>Возможные ЧС: пожар, авария на коммунальных системах жизнеобеспечения, обрушение здания, инфекционная заболеваемость.</i> <i>Наиболее типичная ЧС: пожар.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Черемискина Мария Сергеевна			01.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM02	Панькова Полина Александровна		01.02.2022 г.

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

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования магистратура
 Отделение электроэнергетики и электротехники
 Период выполнения весенний семестр 2021 / 2022 учебного года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.02.2022 г.	Способы моделирования нагрузки в расчетах режимов энергосистем. Статические характеристики нагрузки по напряжению	8
10.03.2022 г.	Характеристика объектов исследования	15
15.04.2022 г.	Моделирование объектов исследования	30
29.04.2022 г.	Методы получения статических характеристик нагрузки. Проведение активных экспериментов	15
12.05.2022 г.	Математическая обработка данных эксперимента. Анализ полученных статических характеристик по напряжению	12
20.05.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
27.05.2022 г.	Социальная ответственность	10
07.06.2022 г.	Оформление результатов работы и выводов по работе	100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Н.Л. Бацева	к.т.н., доцент		01.02.2022 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Н.Л. Бацева	к.т.н., доцент		01.02.2022 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 121 страницу, 24 рисунка, 25 таблиц, 39 источников, 6 приложений.

Ключевые слова: статические характеристики нагрузки по напряжению, нефтеперекачивающая станция, частотно-регулируемый привод, активный эксперимент, метод наименьших квадратов.

Объектами исследования являются статические характеристики нагрузки по напряжению потребителей нефтегазовой отрасли, присоединенных к шинам 220 кВ ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.

Цель работы – определение фактических статических характеристик нагрузки по напряжению потребителей нефтегазовой отрасли, присоединенных к шинам 220 кВ ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3 для повышения точности определения величин МДП и АДП в контролируемых сечениях энергорайона.

В процессе выполнения ВКР проводилось изучение нормативно-технической документации и специальной литературы по тематике выпускной квалификационной работы, описание исследуемых подстанций и моделирование их работы в ПК MATLAB SIMULINK, описание методики получения и определения СХН по напряжению, определение и анализ полученных СХН по напряжению.

В результате исследования определены коэффициенты СХН по напряжению ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.

Результаты, полученные в выпускной квалификационной работе, могут быть применены в службах электрических режимов при расчетах установившихся режимов, определении величин МДП, АДП в контролируемых сечениях.

В ходе выполнения работы использовались современные программные продукты: MATLAB SIMULINK, MathCAD, Microsoft Office, Microsoft Visio, AutoCAD.

Обозначения и сокращения

АД – асинхронный двигатель;

АДП – аварийно допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении;

АРКТ – автоматика регулирования коэффициента трансформации;

ВЛ – воздушная линия электропередачи;

ВН – высшее напряжение;

ЗРУ – закрытое распределительное устройство;

КЗ – короткое замыкание;

КТП – комплектная трансформаторная подстанция;

МДП – максимально допустимый переток активной мощности в контролируемом сечении;

МНА – магистральный насосный агрегат;

НН – низшее напряжение;

НПС – нефтеперекачивающая станция;

ОРУ – открытое распределительное устройство;

ПДУ – предельно допустимый уровень;

ПК – персональный компьютер;

ПНА – подпорный насосный агрегат;

ПС – подстанция;

ПСП – приёмосдаточный пункт (нефти/нефтепродуктов);

РПН – устройство регулирования напряжения под нагрузкой;

СД – синхронный двигатель;

СТК – статический тиристорный компенсатор;

СХН – статические характеристики нагрузки;

СШ – система (секция) шин;

Т – трансформатор;

УШРТ – управляемый шунтирующий реактор трансформаторного типа;

ЧРП – частотно-регулируемый привод;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ARU – Active Rectifier Unit;

DTC – Direct Torque Control;

IGCT – Integrated Gate Communicated Thiristor;

SCADA – supervisory control and data acquisition system (система диспетчерского контроля и сбора данных).

Нормативные ссылки

1. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
2. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N1).
3. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
4. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
5. ГОСТ 21889-76. Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования.
6. ГОСТ 22269-76. Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
7. ГОСТ 34183-2017. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Насосы центробежные нефтяные. Общие технические условия (с поправкой).
8. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
9. ГОСТ Р 57382-2017. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Стандартный ряд номинальных и наибольших рабочих напряжений.
10. МИ 2837-2003. Приемо-сдаточные пункты нефти. Метрологическое и техническое обеспечение.
11. Постановление Правительства РФ «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» от 31.12.2020 N2398.
12. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и

энергопринимающих установок «Методические указания по устойчивости энергосистем» от 3 августа 2018 года N630.

13. Приказ Минтруда России «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» от 15.12.2020 N903н.

14. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

15. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N1).

16. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

17. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

18. СТО 17330282.27.010.001-2008. Электроэнергетика. Термины и определения:

19. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения.

20. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ.

21. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N7-ФЗ.

22. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 N69-ФЗ.

23. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N123-ФЗ.

Оглавление

Введение	17
Раздел 1 Способы моделирования нагрузки в расчетах режимов энергосистем. Статические характеристики нагрузки по напряжению	19
1.1 Способы моделирования нагрузки	19
1.2 Статические характеристики нагрузки по напряжению	21
Раздел 2 Характеристика объектов исследования	24
Раздел 3 Моделирование объектов исследования	34
3.1 Прикладной пакет программ MATLAB SIMULINK	34
3.2 Моделирование ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3	35
Раздел 4 Методы получения статических характеристик нагрузки	45
4.1 Метод активного эксперимента	45
4.2 Метод пассивного эксперимента	47
4.3 Порядок проведения активных экспериментов и результаты	48
Раздел 5 Математическая обработка данных эксперимента. Анализ полученных статических характеристик нагрузки по напряжению	54
5.1 Математическая обработка данных эксперимента	54
5.2 Анализ СХН по напряжению ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3	56
Раздел 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	59
6.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования	59
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	59
6.1.2 Диаграмма Исикавы	59
6.1.3 SWOT-анализ	60
6.2 Разработка устава научно-технического исследования	61
6.3 Планирование процесса управления научно-техническим исследованием	63
6.3.1 План проекта	63

6.3.2 Бюджет научно-технического исследования	66
6.4 Оценка ресурсоэффективности исследования	71
Раздел 7 Социальная ответственность	74
Введение	74
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения	74
7.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	75
7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	75
7.2 Производственная безопасность при разработке проектного решения	77
7.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	78
7.2.2 Расчет уровня производственного фактора	82
7.3 Экологическая безопасность при разработке проектного решения	85
7.3.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	85
7.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	86
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	87
Выводы по разделу	89
Заключение	90
Список используемых источников	94
Приложение А. Нормальные схемы электрических соединений подстанций	98
Приложение Б. Структуры математических моделей подстанций в MATLAB	101
Приложение В. Расчет параметров асинхронного двигателя	104
Приложение Г. СХН по напряжению ПС 220 кВ НПС №1, 2, 3	106

Приложение Д. Процесс определения коэффициентов СХН	109
Приложение Е. Characteristics of research objects	111

Введение

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в настоящее время моделирование установившихся режимов в ПК RastrWin3 выполняется с использованием обобщённых статических характеристик нагрузки. Обобщённые статические характеристики нагрузки устарели и требуют уточнения, ввиду того, что на нефтеперекачивающих станциях стали применяться современные электродвигатели с частотно-регулируемым приводом. Таким образом, уточнение статических характеристик нагрузки потребителей нефтегазовой отрасли для повышения точности расчетов установившихся режимов и определения величин МДП и АДП в контролируемых сечениях энергорайонов энергосистем является актуальной задачей.

Целью работы является определение фактических статических характеристик нагрузки по напряжению потребителей нефтегазовой отрасли, присоединенных к шинам 220 кВ ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3 для повышения точности определения величин МДП и АДП в контролируемых сечениях энергорайона.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

- изучение специальной литературы по теме выпускной квалификационной работы;
- описание объектов исследования и моделирование их работы в прикладном пакете программ MATLAB SIMULINK;
- описание методики получения и определения СХН по напряжению объектов исследования;
- определение и анализ полученных статических характеристик нагрузки по напряжению.

Объектами исследования являются статические характеристики нагрузки по напряжению потребителей нефтегазовой отрасли, присоединенных к шинам 220 кВ ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.

Предметом исследования является определение статических характеристик нагрузки по напряжению потребителей нефтегазовой отрасли, присоединенных к шинам 220 кВ ПС 220 кВ НПС №1, №2, №3.

Научная новизна работы состоит в предложенной и апробированной методике определения статических характеристик нагрузки по напряжению для потребителей, запитанных от шин нефтеперекачивающих подстанций.

Практическая значимость. Результаты, полученные в выпускной квалификационной работе, могут быть применены в службах электрических режимов при расчетах установившихся режимов, определении величин МДП, АДП в контролируемых сечениях.

Раздел 1 Способы моделирования нагрузки в расчетах режимов энергосистем. Статические характеристики нагрузки по напряжению

Нагрузка потребителя (электроприемника) – значение мощности или количества тепла, потребляемое энергоустановками потребителя (электроприемника) в установленный момент времени. Нагрузка потребителей – суммарная электрическая мощность потребителей системы (района, узла и т.д.) [1]. Технологические характеристики нагрузки оказывают непосредственное влияние на режимы работы энергосистем [2].

1.1 Способы моделирования нагрузки

Электрические нагрузки, являясь активными элементами схем энергосистем, представляются в виде линейных или нелинейных источников. В зависимости от способа задания нагрузок, уравнения установившегося режима могут быть линейными или нелинейными.

Нагрузка может задаваться:

– **постоянной по величине мощностью** (рисунок 1.1).

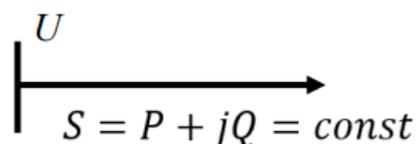


Рисунок 1.1 – Представление нагрузки постоянной мощностью

Задание нагрузки постоянной по величине мощностью используется при расчетах установившихся режимов питающих, иногда распределительных сетей высокого напряжения.

Этот способ задания нагрузки является достаточно точным для энергосистем, полностью обеспеченных устройствами регулирования напряжения. В этих системах на электроприемниках поддерживается постоянное напряжение вследствие широкого использования трансформаторов и автотрансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой. Кроме

того, широко используются средства местного регулирования напряжения, например, управляемые батареи конденсаторов, синхронные двигатели с автоматическим регулированием напряжения. В этих условиях при изменениях режима напряжение на нагрузке практически не меняется, и полная мощность нагрузки остается постоянной.

В действительности у потребителей не обеспечивается поддержание постоянного по модулю напряжения. В этом случае задание нагрузки потребителей постоянной мощностью приводит к ошибкам при расчетах установившихся режимов. Эта ошибка тем больше, чем больше отличаются напряжения потребителей от номинального напряжения.

– **постоянной проводимостью (постоянным сопротивлением)** (рисунок 1.2, а), б)).

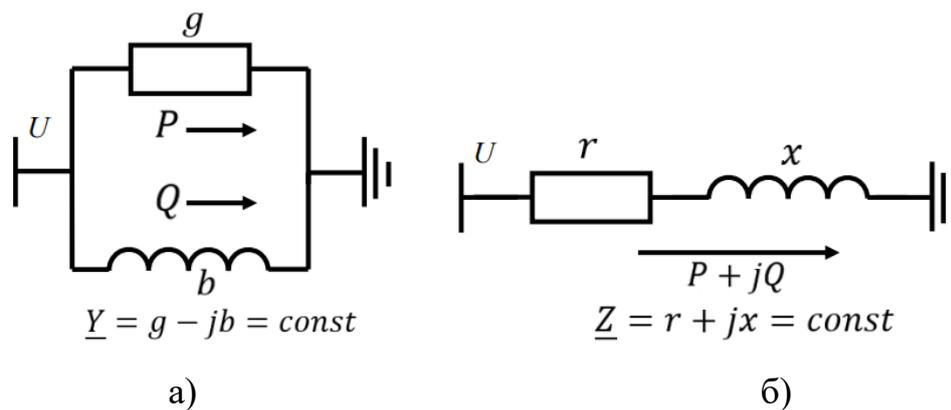


Рисунок 1.2 – Представление нагрузки: а) постоянной проводимостью, б) постоянным сопротивлением

Задание нагрузки постоянной проводимостью осуществляется при расчётах режимов с большими изменениями напряжения в узлах сети при необходимости учёта нелинейного характера нагрузки и при расчете электромеханических переходных процессов. Значение проводимости вычисляется таким образом, чтобы потери мощности в шунте соответствовали нагрузке потребителей.

– **статическими характеристиками нагрузок (СХН) по напряжению и частоте.** СХН по напряжению более полно отражают свойства нагрузки в сравнении с предыдущими способами задания нагрузки, однако их

использование приводит к усложнению расчетов. Во многих случаях эти характеристики неизвестны, и возможно применение лишь типовых СХН. Учет СХН по напряжению оказывает существенное влияние на результаты расчета послеаварийных установившихся режимов.

СХН по частоте должны учитываться при расчетах послеаварийных установившихся режимов, в которых имеет место дефицит мощности и частота отличается от номинальной частоты. Такие расчеты применяются для анализа действия устройств регулирования частоты и противоаварийной автоматики [3].

1.2 Статические характеристики нагрузки по напряжению

Статические характеристики нагрузки по напряжению – это зависимости активной и реактивной мощностей нагрузки от напряжения, получаемые при медленном изменении этих параметров, так что можно не учитывать влияние факторов времени:

$$P_H = \varphi(U), Q_H = \varphi(U) \text{ при } f = \text{const}, \quad (1.1)$$

где P_H, Q_H – активная и реактивная мощности нагрузки;

U – напряжение в питающем узле;

f – частота сети.

Различают статические характеристики отдельных элементов и комплексной нагрузки в целом. В крупных нагрузочных узлах подключена, как правило, нагрузка нескольких видов: осветительная, синхронная, асинхронная, электронагревательная и другие виды. Вместе с потерями мощности в электрической сети такая нагрузка называется комплексной.

Количественные показатели статических характеристик комплексных нагрузок зависят от содержания элементарных нагрузок. Поэтому в практических расчетах используют типовые (усредненные) СХН (рисунок 1.3), построенные для типового (усредненного) состава комплексной нагрузки. В

этом составе учтены: 15% – крупные асинхронные двигатели; 35% – мелкие асинхронные двигатели; 9% – крупные синхронные двигатели; 11% – печи и выпрямители; 22% – освещение и быт; 8% – потери [2].

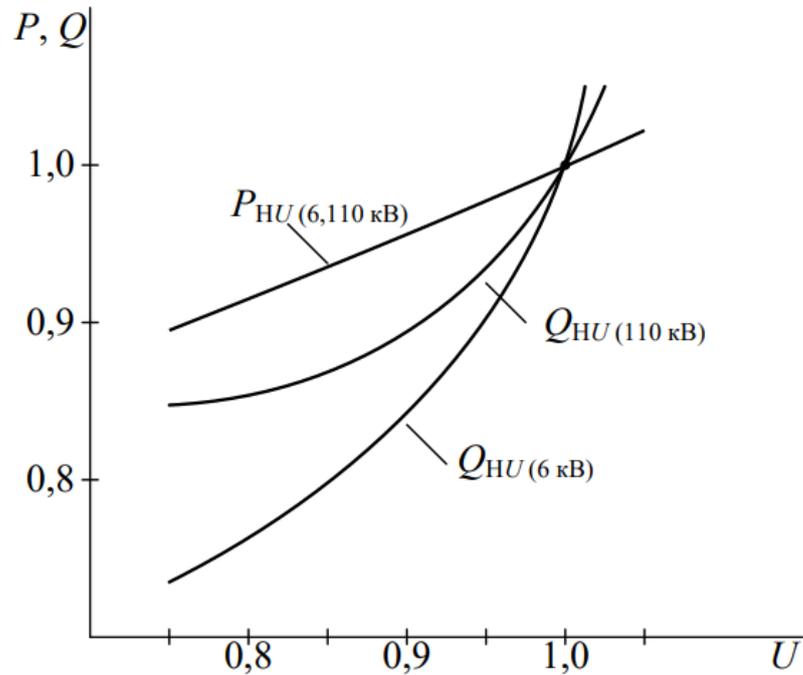


Рисунок 1.3 – Типовые статические характеристики комплексной нагрузки по напряжению

В зависимости от технических и технологических условий проведения экспериментов СХН по напряжению могут быть представлены линейной (формулы 1.2), показательной (формулы 1.3) и полиномиальной (формулы 1.4) моделями [4-6]:

$$P(U) = P_{\text{БАЗ}} \cdot \left[a_0 + a_1 \left(\frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} \right) \right]; \quad (1.2)$$

$$Q(U) = Q_{\text{БАЗ}} \cdot \left[b_0 + b_1 \left(\frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} \right) \right].$$

$$P(U) = P_{\text{БАЗ}} \left(\frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} \right)^{k_{PV}}; \quad (1.3)$$

$$Q(U) = Q_{\text{БАЗ}} \left(\frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} \right)^{k_{QV}}.$$

$$\begin{aligned}
 P(U) &= P_{\text{БАЗ}} \cdot \left(a_0 + a_1 \frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} + a_2 \left(\frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} \right)^2 \right); \\
 Q(U) &= Q_{\text{БАЗ}} \cdot \left(b_0 + b_1 \frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} + b_2 \left(\frac{U}{U_{\text{БАЗ}}} \right)^2 \right).
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

где $P(U)$ и $Q(U)$ – расчётные мощности нагрузки;

$U_{\text{БАЗ}}$ – базисное напряжение узла нагрузки (электроустановки);

$P_{\text{БАЗ}}$, $Q_{\text{БАЗ}}$ – потребление активной и реактивной мощности, соответствующее базисному напряжению;

a_0 , a_1 , a_2 , b_0 , b_1 , b_2 – коэффициенты полиномов СХН в относительных единицах, характеризующие долю участия составляющих постоянной мощности, постоянного тока и постоянного сопротивления в общей СХН;

k_{PU} и k_{QU} – регулирующие эффекты нагрузки по активной и реактивной мощностям, определяемые как $k_{PU} = \left(\frac{\partial P_{\text{н}}}{\partial U} \right)_{U=1}$; $k_{QU} = \left(\frac{\partial Q_{\text{н}}}{\partial U} \right)_{U=1}$.

Раздел 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

ВКР посвящена определению статических характеристик нагрузки по напряжению для потребителей нефтегазовой отрасли. В ходе выполнения исследования произведен сбор исходных данных; созданы имитационные модели исследуемых электрических подстанций; полученные результаты моделирования математически обработаны, и определены коэффициенты СХН по напряжению в именованных и относительных единицах. Результаты, полученные в выпускной квалификационной работе, могут быть применены в программном комплексе RastrWin3 при расчетах электроэнергетических режимов для повышения точности расчетов.

6.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования можно считать службы электрических режимов, заинтересованные в повышении точности расчетов электроэнергетических режимов, а также государственные и частные проектные организации объектов электросетевого комплекса, научные сообщества ученых, работающих в данном направлении, собственников объектов исследования.

6.1.2 Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных

связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления (рисунок 6.1).



Рисунок 6.1 – Диаграмма Исикавы

6.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – один из самых распространённых методов стратегического планирования, оценивающий в комплексе внутренние и внешние факторы, влияющие на реализацию проекта. SWOT-анализ делит факторы влияния на четыре группы: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

Для наглядного представления результаты анализа проекта представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Актуальность исследования;</p> <p>С2. Использование современных лицензированных программных комплексов;</p> <p>С3. Востребованность результатов исследования;</p> <p>С4. Квалифицированный персонал;</p> <p>С5. Наличие бюджетного</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1.Отсутствие единой утвержденной методики расчета;</p> <p>Сл2.Невозможность проведения активного эксперимента во всем диапазоне изменения напряжения на</p>
--	--	--

Продолжение таблицы 6.1

	финансирования.	реальных объектах.
<p>Возможности: В1. Взаимодействие с АО «СО ЕЭС» и другими представителями из области энергетики; В2. Использование инновационной структуры НИ ТПУ; В3. Кадровые ресурсы НИ ТПУ; В4. Потребность в дальнейшем исследовании направления.</p>	<p>Привлечение квалифицированных сотрудников для ускорения исследований (В1В3С4). Использование инновационной структуры ТПУ с целью углубления исследования, увеличения качества исследований (В2С2). Представление результатов исследований на конференциях с целью увеличения заинтересованности в услугах расчета СХН (В4С1С3). Помимо бюджетного финансирования, возможно привлечение других источников финансирования (В1С5).</p>	<p>Привлечение специалистов в области энергетики для решения проблем исследования (В1В3Сл1). Перспективная возможность проведения качественного эксперимента на реальных объектах энергетики при взаимодействии с АО «СО ЕЭС» и др. (В1В4Сл2).</p>
<p>Угрозы: У1. Недостаточность встроенных возможностей (функций) специализированных программных комплексов; У2. Несвоевременное финансовое обеспечение со стороны государства; У3. Недостаток исходных данных.</p>	<p>В современных программных продуктах имеется возможность создавать необходимые рабочие блоки (У1С2). Финансирование исследования может осуществляться не только государством (У2С1С3).</p>	<p>Недостаток данных, возможностей программы, единой методики расчета может привести к результатам исследования с погрешностями (У1У3Сл1).</p>

На основании результатов SWOT-анализа можно сделать вывод о необходимости и важности проводимого исследования. Угрозы внешней среды затрудняют проведение исследования, однако сильные стороны их нивелируют.

6.2 Разработка устава научно-технического исследования

Устав научно-технического проекта включает в себя:

- цели и результат проекта;
- организационную структуру проекта;
- ограничения и допущения проекта.

В таблице 6.2 приведены заинтересованные стороны проекта.

Таблица 6.2 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Расширение научно-исследовательской базы
Исполнитель – инженер (студент)	Получение диплома/оплаты за проект
АО «СО ЕЭС»	Повышение точности при расчетах электроэнергетических режимов, величин МДП, АДП в контролируемом сечении
Проектные организации	Повышение точности расчетов, актуализация исходных данных для проектов

В таблице 6.3 приведены цели и результат проекта.

Таблица 6.3 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	определение статических характеристик нагрузки по напряжению потребителей нефтегазовой отрасли
Ожидаемые результаты проекта:	статические характеристики нагрузки по напряжению в табличном и графическом виде, коэффициенты полученных СХН в именованных и относительных единицах
Критерии приемки результата проекта:	Качественно разработаны все разделы ВКР, результаты ВКР соответствуют известным данным
Требования к результату проекта:	соответствие результатов ВКР известным данным

Под организационной структурой проекта понимается рабочая группа проекта. В таблице 6.4 приведена рабочая группа проекта.

Таблица 6.4 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Предполагаемые трудозатраты, дн.
Бацева Н.Л., НИ ТПУ, к.т.н., доцент ОЭЭ	Руководитель	Составление и утверждение задания на ВКР, сбор исходных данных	1
		Календарное планирование работ	1
		Проверка ВКР	11
Панькова П.А., НИ ТПУ, инженер	Исполнитель	Сбор исходных данных и их изучение	11
		Разработка разделов ВКР	88
		Обобщение и оценка полученных результатов	21
		Оформление пояснительной записки ВКР	6
		Подготовка к защите ВКР	11

Под ограничениями понимаются факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников проекта. В таблице 6.5 приведены ограничения проекта.

Таблица 6.5 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1. Бюджет проекта	347218,07 руб.
1.1. Источник финансирования	Государство
2. Сроки проекта	Ограничены календарным планом
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	07.02.2022
2.2. Дата завершения проекта	03.06.2022
3. Прочие ограничения и допущения	–

6.3 Планирование процесса управления научно-техническим исследованием

6.3.1 План проекта

Для планирования комплекса предполагаемых работ необходимо составить линейный календарный график работ и построить график проведения научных исследований.

Линейный график выполнения магистерской диссертации с разбиением на этапы представлен в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Выдача ТЗ, определение объема работ	1	07.02.22	07.02.22	Руководитель
2	Анализ литературы и материалов по теме исследования	11	08.02.22	18.02.22	Инженер
3	Описание способов моделирования нагрузки	6	19.02.22	24.02.22	Инженер
4	Описание методов получения СХН	6	25.02.22	02.03.22	Инженер
5	Характеристика объектов исследования	15	03.03.22	17.03.22	Инженер
6	Создание моделей объектов исследования	34	18.03.22	20.04.22	Инженер
7	Определение метода математической обработки данных эксперимента	6	21.04.22	26.04.22	Инженер

Продолжение таблицы 6.6

8	Проведение экспериментов, обработка данных эксперимента, выводы	21	27.04.22	17.05.22	Инженер
9	Оформление пояснительной записки	6	18.05.22	23.05.22	Инженер
10	Проверка готовой пояснительной записки, подготовка к защите ВКР	11	24.05.22	03.06.22	Руководитель, инженер
Итого:		117	—	—	—

Для разработки графика проведения научного исследования воспользуемся наиболее наглядным и удобным методом, основанном на построении 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.

График показывает максимальную длительность исполнения работ на каждом из этапов проекта с привязкой к календарю. Календарь представляет собой список месяцев, отведенных на выполнение ВКР, с разбивкой по 10 дней. Время работы руководителя представлено красной линией, а время выполнения работы инженером – синей линией (таблица 6.7). Код работы соответствует отдельным видам работ из таблицы 6.6.

Продолжительность выполнения всех этапов ВКР составляет 13 декад, начиная с первой декады февраля (07.02.22) и заканчивая первой декадой июня (03.06.22). Трудоемкость носит вероятностный характер, поэтому реальное время выполнения работы может варьироваться в зависимости от внешних обстоятельств.

Таблица 6.7 – Диаграмма Ганта

Код работы	T, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
1	1														
2	11														
3	6														
4	6														
5	15														
6	34														
7	6														
8	21														
9	6														
10	11														

В общей сложности продолжительность выполнения проекта в календарных днях составляет 117 дней. Из них:

116 дней – продолжительность выполнения работ инженером;

12 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

6.3.2 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет научно-технического исследования включает в себя сумму всех видов расходов, которые необходимы для реализации проекта. Для наглядного представления расчета всех затрат составляется смета расходов.

Выполнение НТИ производится за персональным компьютером в учебной аудитории корпуса №8 НИ ТПУ. Стоимость оборудования, имеющегося в научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений (таблица 6.8).

Таблица 6.8 – Расчет затрат на спецоборудование для НТИ

Наименование оборудования	Количество, шт.	Срок эксплуатации, лет	Срок использования в НТИ, мес.	Цена единицы оборудования, руб.	Амортизационные отчисления, руб.
Системный блок	1	7	3,83	65000,00	2966,65
Монитор	1	7	3,83	11000,00	502,05
Итого					3468,70

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (6.1)$$

где n – срок полезного использования, лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot t, \quad (6.2)$$

где I – итоговая сумма, руб.;

t – время использования, мес.

Расчет амортизационных отчислений для системного блока:

$$H_A = \frac{1}{7} = 0,143,$$

$$A = \frac{0,143 \cdot 65000}{12} \cdot 3,83 = 2966,65 \text{ руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений для монитора:

$$H_A = \frac{1}{7} = 0,143,$$

$$A = \frac{0,143 \cdot 11000}{12} \cdot 3,83 = 502,05 \text{ руб.}$$

В качестве специализированных программных продуктов используются прикладная программа MathCad и пакет прикладных программ MATLAB. Статьи расходов на приобретение программного обеспечения не учитываются за счет отсутствия необходимости их приобретать из-за наличия в учебных аудиториях корпуса №8 НИ ТПУ.

Оплата труда работника – заработная плата за труд в зависимости от трудоемкости выполняемых работ с учетом районного и тарифного коэффициентов исполнителей.

Зарботная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6.3)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (6.4)$$

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

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

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

Зарботная плата, согласно системе оплаты труда НИ ТПУ, состоит из оклада, стимулирующих выплат и иных выплат. Оклады распределены в

соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (6.5)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 48 раб. дн. $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя);

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (6.6)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (г. Томск).

В таблице 6.9 приведён баланс рабочего времени (6-дневная неделя).

Таблица 6.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени (за год / за время выполнения исследования)	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365 / 12	365 / 116
Количество нерабочих дней - выходные и праздничные дни	66 / 1	66 / 21
Потери рабочего времени - отпуск	48 / 0	48 / 0
- невыходы по болезни	0 / 0	0 / 0
Действительный фонд рабочего времени	251 / 11	251 / 95

Расчет заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{м}} = 45000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 87750 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{87750 \cdot 10,4}{251} = 3635,85 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = 3635,85 \cdot 11 = 39994,35 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы инженера:

$$Z_{\text{м}} = 22000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{42900 \cdot 10,4}{251} = 1777,53 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = 1777,53 \cdot 95 = 168865,35 \text{ руб.}$$

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	45000,00	0,3	0,2	1,3	87750,00	3635,85	11	39994,35
Инженер	22000,00	0,3	0,2	1,3	42900,00	1777,53	95	168865,35
Итого $Z_{\text{осн}}$								208859,70

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат, 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.).

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (6.7)$$

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

Расчет дополнительной заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 39994,35 = 5999,15 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы инженера:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 168865,35 = 20263,84 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы приведен в таблице 6.11.

Таблица 6.11 – Расчет заработной платы

Исполнители	К _{доп}	З _{осн, руб}	З _{доп, руб}	З _{зп, руб}
Руководитель	0,15	39994,35	5999,15	45993,50
Инженер	0,12	168865,35	20263,84	189129,19
Итого		208859,70	26262,99	235122,69

Отчисления во внебюджетные формы являются обязательными отчислениями, установленными законодательством нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{зп}}, \quad (6.8)$$

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

Размер страховых взносов составляет 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 45993,50 = 13890,04 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 189129,19 = 57117,01 \text{ руб.}$$

Общая сумма внебюджетных отчислений:

$$\sum Z_{\text{внеб}} = 13890,04 + 57117,01 = 71007,05 \text{ руб.}$$

Помимо основных затрат существуют дополнительные затраты, которые неразрывно связаны с основным производством. Их называют накладными расходами, и они учитывают затраты организации, не вошедшие в список предыдущих расходов. К ним можно отнести затраты на распечатку, оплату услуг связи, электроэнергии и т.д

Накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = Z_{\text{зп}} \cdot k_{\text{накл}}, \quad (6.9)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

$$Z_{\text{накл}} = 235122,69 \cdot 0,16 = 37619,63 \text{ руб.}$$

Себестоимость исследования включает в себя сумму всех затрат на реализацию НТИ. При формировании договора с заказчиком в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции учитывается рассчитанная себестоимость проекта. В таблице 6.12 представлен бюджет затрат на научно-техническое исследование.

Таблица 6.12 – Бюджет затрат на проведение НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты на специальное оборудование для НТИ (амортизационные отчисления)	3468,70
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей	208859,70
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	26262,99
4. Отчисления во внебюджетные фонды	71007,05
5. Накладные расходы	37619,63
Бюджет затрат НТИ	347218,07

Общая стоимость научно-технического исследования составила 347218,07 руб., больше половины которой составляют затраты на выплату заработной платы исполнителям.

6.4 Оценка ресурсоэффективности исследования

Для оценки ресурсоэффективности исследования в части сроков и стоимости используется метод «освоенного объема». Он используется для того, чтобы контролировать ход проекта, т.е. ответить в некоторой контрольной точке на вопрос «где мы находимся по сравнению с планом?», оценить степень достижения результатов и понесенные затраты. Основными показателями метода «освоенного объема» являются:

- ACWP (Actual Cost of Work Performed) – фактическая стоимость выполненных работ;
- BCWS (Budgeted Cost of Work Scheduled) – сметная стоимость запланированных к выполнению за рассматриваемый период времени работ;

– BCWP (Budgeted Cost of Work Performed) – плановая (сметная) стоимость выполненных работ.

На момент последней прошедшей контрольной точки (17.03.2022 г.) полностью выполнены работы по кодам работ 1-5 и частично выполнены работы по коду работы 6. По графику на дату 17.03.2022 г. должны быть выполнены полностью работы 1-5, следовательно, выполнение работ идет с опережением.

Оплата работы производится согласно системе оплаты труда НИ ТПУ и не учитывает того, что работы могут быть выполнены с опережением, тогда соотношение показателей по стоимости $BCWP=ACWP$.

Динамика соотношения показателей по срокам приведена на рисунке 6.2.

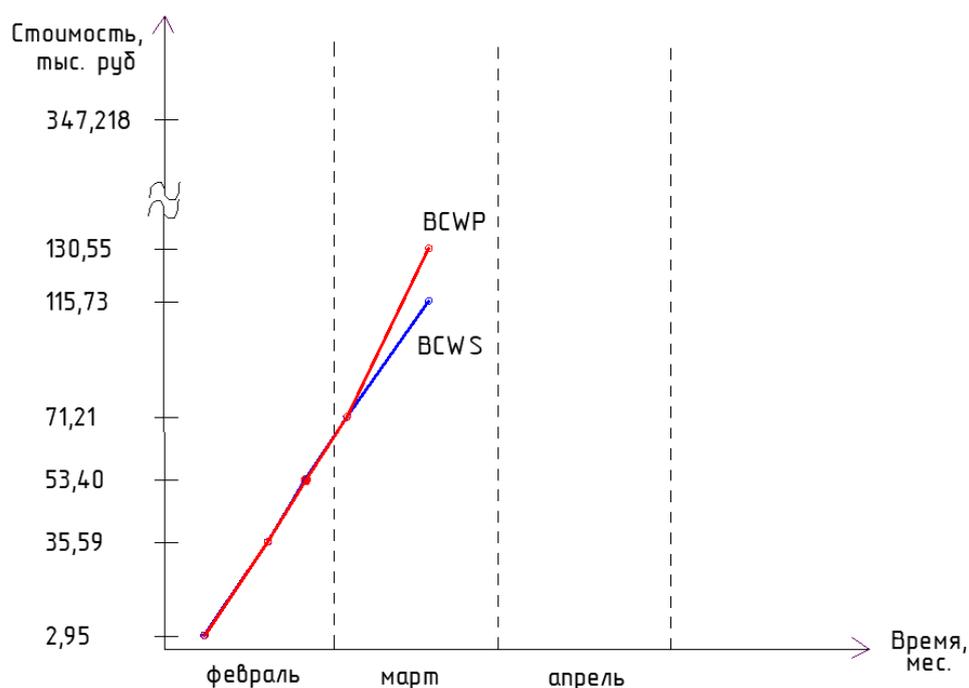


Рисунок 6.2 – Соотношение показателей по срокам

Рисунок 6.2 иллюстрирует, что на протяжении четырех контрольных точек работы выполнялись точно в срок, а на момент контрольной точки 17.03.2022 г. $BCWS < BCWP$, т.е. выполнено работ на 14,82 тыс. руб. (или 4,3%) больше, чем было запланировано. Темпы выполнения работ больше плановых, при сохранении существующих тенденций работа будет выполнена с опережением.

Таким образом, в данном разделе был составлен календарный график выполнения всех этапов работ над магистерской диссертацией, который был проиллюстрирован на диаграмме Ганта. Также была составлена причинно-следственная диаграмма Исикавы, проведен SWOT-анализ. Оценка бюджета работ показала, что общая стоимость научно-технического исследования составила 347218,07 руб. Проведенная оценка ресурсоэффективности подтвердила, что работы выполняются с опережением.